ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ ИМ. В.Б. СОЧАВЫ СО РАН

ИРКУТСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ УНИВЕРСИТЕТУ 100 ЛЕТ

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

МАТЕРИАЛЫ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

г. Иркутск, 19–21 ноября 2018 г.

ISBN 978-5-9624-1647-2

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ ИМ. В.Б. СОЧАВЫ СО РАН

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

МАТЕРИАЛЫ II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

г. Иркутск, 19–21 ноября 2018 г.

ISBN 978-5-9624-1647-2

Безопасность природопользования в условиях устойчивого развития [Электронный ресурс] : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., г. Иркутск, 19–21 ноября 2018 г. / ФГБОУ ВО «ИГУ», Геогр. фак. – 1 электрон. опт. диск. (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.
ISBN 978-5-9624-1647-2

Материалы отражают результаты исследований по основным направлениям: воздействие на окружающую среду и изменение климата, гидроэкология и охрана вод суши, моделирование экологических систем, особо охраняемые природные территории, проблемы загрязнения сред и оценки их качества, устойчивое развитие поселений и безопасность жизни в городах, экологические проблемы использования лесных ресурсов.

Рассчитан на специалистов в области экологии и природопользования, гидрометеорологии, географии, работников научных и образовательных учреждений, аспирантов и студентов.

При подготовке материалов к публикации сохранен авторский стиль изложения с минимальными редакционными правками. Ответственность за содержание материалов несут авторы.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Иркутский государственный университет»;
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1; тел. (3952) 24-34-53
Издательство ИГУ; 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 124;
тел. (3952) 52-18-53; e-mail: izdat@lawinstitut.ru
Подписано к использованию 11.12.2018. Тираж 30 экз. Объем 24,1 Мб.

Тип компьютера, процессор, частота:	32-разрядный процессор, 1 ГГц или выше
Оперативная память (RAM):	256 МБ
Необходимо на винчестере:	320 МБ
Операционные системы:	ОС Microsoft® Windows® XP, 7, 8 или 8.1. ОС Mac OS X
Видеосистема:	Разрешение экрана 1024x768
Акустическая система:	Не требуется
Дополнительное оборудование:	Не требуется

Дополнительные программные средства: Adobe Reader 6 или выше

© ФГБОУ ВО «ИГУ», 2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ ИМ. В.Б. СОЧАВЫ СО РАН

ИРКУТСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ УНИВЕРСИТЕТУ 100 ЛЕТ

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

МАТЕРИАЛЫ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

г. Иркутск, 19–21 ноября 2018 г.

ISBN 978-5-9624-1647-2

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

А. С. Балыбина, И. Е. Трофимова
Реакция температуры почвы на современные изменения климата на территории Забайкалья 7

А. И. Богданова, Е. А. Кочугова
Влияние метеорологических условий на возникновение лесных пожаров 10

М. С. Васильев, Л. А. Пестрякова, Р. Н. Бороев
Возмущение аэрозольной оптической толщины атмосферы в ходе лесных пожаров проявляющееся в абиотических факторах воздушно-наземной среды над центральной частью Якутии 16

С. В. Латышев, С. В. Олемской
Исследование влияния солнечной активности на погодные условия в г. Иркутске 20

И. В. Латышева
Условия образования метелей на территории Иркутской области 25

И. В. Латышева Л. В. Голубева, Теа Мишель
Погодные и климатические факторы возникновения и распространения лесных пожаров в Иркутской области 28

К. А. Лощенко
Основные факторы образования туманов и гроз на территории Иркутской области 32

Ю. К. Макарова, Е. А. Кочугова
Многолетние изменения сильных осадков в летний период на Азиатской территории России 35

Н. В. Поднебесных
Многолетняя динамика параметров атмосферной циркуляции над Сибирью на примере циклонов и антициклонов 42

А. Э. Труханов, Е. А. Кочугова
Исследование температурного режима Азиатской территории России в зимний период 46

Ю. С. Янькова, К. В. Савватеева, Н. В. Астафьева, С. А. Гаращук
Шквалы на территории Иркутской области 54

Раздел 2. ГИДРОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ВОД СУШИ

Т. А. Волкова
Рекреационное качество поверхностных вод на акватории побережий морей в пределах Краснодарского края 62

Б. О. Гуржапов, Б. З. Цыдыпов, Б. В. Содномов, Ю. М. Ильин, В. Н. Черных, Э. А. Батоцыренов, М. А. Жарникова, М. В. Семенова, А. А. Аюржанаев, Ж. Б. Алымбаева, Е. Ж. Гармаев
Оценка развития линейной эрозии с использованием методов дистанционного зондирования 65

Е. А. Ильичёва, М. В. Павлов, Д. В. Кобылкин, И. Ю. Амосова, М. Ю. Опекунова, С. Р. Чалов, К. Е. Вершинин, А. П. Рогачёв, А. А. Гаврилова
Исследование байкальских побережий в устьях рек 71

И. В. Кольцов, Г. Ю. Ямских
Анализ пространственно-временной динамики содержания тяжелых металлов в первые годы существования Богучанского водохранилища 78

О. Г. Кузнецова, С. Д. Балюк
Мониторинг водоемов парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское» 83

А. З. Миндубаев, Э. В. Бабынин, А. Д. Волошина, Е. К. Бадеева, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, Х. Р. Хаяров
Возможность обезвреживания загрязнений белым фосфором при помощи культур микроорганизмов 86

А. А. Полозок, П. В. Полозок
Статистический анализ данных загрязнения диоксидом кремния прибрежных вод в районе береговой станции Опасное 94

Л. Л. Поротникова, А. С. Дельва, А. В. Цапенков, С. Е. Байльдинов
Оценка влияния добычных работ на кормовую базу р. Обь в Новосибирской области 99

В. С. Решетников, А. Г. Корнилов, М. Г. Лебедева
Многолетние колебания годового стока рек Белгородской области 102

Е. Н. Сутырина, Д. В. Царенкова
Современные изменения стока р. Ушаковки 109

Г. О. Торосян, М. З. Петросян, А. А. Симонян, В. А. Давтян, Н. С. Торосян
Очистка и обезвреживание вод суши от фосфорорганических соединений 113

Н. В. Федосеева, В. О. Лопуха
Использование данных спутниковой мультиспектральной съемки при анализе разливов нефти 120

Г. П. Фомичева, Б. М. Насибулина, А. М. Камакин
Комплексная оценка вреда, причинённого рыбохозяйственным водоёмам аварийными нефтяными разливами 126

Раздел 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н. А. Анисимов
Аналитические решения уравнения конвективной диффузии в задачах оценки воздействия ПЗРО на окружающую среду и человека 131

В. Н. Зеленков, П. А. Верник
Возможности экспериментального моделирования экосистем для растений с использованием агробиосистемы фитотрона класса Синерготрон ИСР-1 139

К. Р. Фролов, В. П. Зверева, А. И. Лысенко
Изучение качественного состава шламовых вод хвостохранилищ Дальнегорского рудного района в широком интервале температур с помощью метода компьютерного физико-химического моделирования 145

К. Р. Фролов, В. П. Зверева, А. Д. Пятаков
Изучение качественного состава шламовых вод закрытых хвостохранилищ ГОК «Хрустальненский» (Кавалеровский район, Приморский край) в широком интервале температур с помощью метода компьютерного физико-химического моделирования 150

Раздел 4. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Ю. Г. Лях
Особо охраняемые природные территории Беларуси и роль водоплавающих птиц в сохранении эпизоотического благополучия 157

И. С. Пастухова
Неблагоприятные факторы, влияющие на плодоношение коллекционных растений парка «Дендрарий» за 2015–2017 гг. 163

Н. В. Ширяева
Пути обеспечения безопасного природопользования при инвазиях в лесные насаждения Сочинского национального парка чужеродных насекомых-вредителей 165

Раздел 5. ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕД И ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА

С. О. Геккиева
Влияние на качество атмосферного воздуха г. Нальчика от выбросов автотранспорта 172

С. О. Геккиева
Оценка влияния активных воздействий на атмосферные процессы на загрязнение окружающей природной среды 179

В. В. Дьяченко, Л. Г. Дьяченко
Проблемы выявления загрязнения и оценки качества почв юга Европейской части России 183

В. Н. Зеленков, В. Н. Петриченко, А. И. Попов, М. Ю. Волков, В. В. Латушкин, М. И. Иванова, Л. Г. Елисеева, И. Б. Леонова, Я. Ю. Паршина, В. П. Барышок, В. В. Потапов
Использование тест-культур Daphnia Magna и Paramecium Caudatum для оценки качества среды обитания для растений салата при их некорневой обработке разными препаратами в замкнутой системе фитотрона ИСР-1 191

О. Г. Кузнецова
К вопросу о нормировании предельно-допустимых концентраций поллютантов 199

П. В. Мальцева, Л. В. Переладова
Современное состояние атмосферного воздуха в г. Тюмени 204

Ю. В. Маркова, П. М. Верещагин
Система мониторинга глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов 209

М. В. Маслова, Е. В. Грошева, А. В. Будаговский, О. Н. Будаговская
Мониторинг фитопатогенных микроорганизмов и экологически безопасные методы борьбы с ними в условиях защищенного грунта 216

С. А. Новикова
Влияние выбросов автомобильного транспорта Иркутской агломерации на состояние почв и растительности придорожных полос 221

Е. А. Самойлова, О. Г. Лопатовская
Создание карты засоленных почв Предбайкалья на основе геоинформационного картографирования 228

Г. Г. Сливинский, И. И. Темрешев
Видовое разнообразие и численность насекомых на территориях юга Казахстана с различным уровнем загрязнения тяжелыми металлами 233

Д. П. Фан
Оценка состояния атмосферного воздуха при строительном освоении территории с. Алатау Алматинской области 238

Л. Н. Шишкина, М. В. Козлов, А. Ю. Повх, В. О. Швыдкий
Тест-системы для оценки качества среды 243

А. П. Щербатюк
Проблемы загрязнения и оценка качества воздушной среды городов, расположенных в условиях межгорных котловин (на примере г. Чита) 249

Раздел 6. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПОСЕЛЕНИЙ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИ В ГОРОДАХ

Ж. В. Атутова, О. А. Екимовская
Постаграрные земли в современной ландшафтной структуре Тункинской котловины 255

А. В. Ахтиманкина, Э. Д. Сонопова
Исследование наличия нитратов в продукции овощеводства, реализуемой в городах Иркутск и Улан-Удэ 259

А. Л. Волошин
Эколого-геоморфологические особенности реакции природной среды межгорных котловин Байкальского региона на изменения характера природопользования 265

Э. З. Галимуллин
Социально-экономическое развитие субъектов «Арктической зоны Российской Федерации» в контексте устойчивого развития региона 269

Н. Е. Красноштанова
Устойчивое развитие: теория и практика муниципального уровня 273

К. А. Лощенко, В. Н. Курдюков, Н. С. Домбровская
Оценка биоклиматической комфортности проживания на территории Республики Бурятия 278

С. А. Новикова, М. Ю. Шиховцев
Характеристика состояния автотранспортной инфраструктуры г. Иркутска 284

Е. В. Потапова, О. Е. Соколова
Джентрификация в Иркутске 289

Е. В. Потапова
Модель населённого пункта 292

Е. А. Распутина (Истомина), О. В. Безгодова
Оценка и картографирование опасных экзогенных процессов Тункинской котловины на основе морфометрического анализа 296

А. В. Русин, С. Ж. Вологжина
Оценка риска здоровью населения г. Иркутска, вызванного загрязнением атмосферы 298

И. Н. Смирнова
Проблемы и перспективы перехода промышленных объектов к НДТ в РФ 301

О. Е. Соколова
Функции озелененных территорий поселений 303

Л. А. Суменкова
Услуги социального страхования по обеспечению безопасности работников опасных производств Сибири 306

Раздел 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ»

И. Н. Биличенко, Н. М. Лужкова
Нарушенность геосистем Баргузинского хребта пожарами 310

К. С. Ганзей, Н. Ф. Пшеничникова, А. Г. Киселёва, И. М. Родникова
Влияние рекреационной деятельности на геосистемы островов залива Петра Великого (Японское море) 313

П. А. Есенбекова, И. И. Темрешев, А. М. Кенжегалиев
Мониторинговые исследования фауны полужесткокрылых насекомых (Insecta, Heteroptera) на посевах кормовых культур Алматинской области Казахстана как показатель воздействия различных систем защиты растений на окружающую среду 321

Н. Г. Караганова, Е. Н. Житова
Современное состояние охотничьего хозяйства на территории Приволжского федерального округа 331

Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт, А. В. Нистратов, В. Н. Клушин
Экспериментальная оценка вовлечения в производство активных углей древесины железного дерева 341

Раздел 1
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

УДК 631.436 (571.5)

Реакция температуры почвы на современные изменения климата на территории Забайкалья

А. С. Балыбина (balybina@irigs. irk.ru), И. Е. Трофимова (trofimova@irigs.irk.ru)

Институт географии им. В. Б. Сочавы, г. Иркутск

Аннотация. Рассмотрена динамика и взаимосвязь температуры воздуха приземного слоя и температуры почвы на глубине 20 и 80 см в различные месяцы года (июль, август; январь, февраль). Отмечена определенная согласованность хода температуры воздуха и почвы в Забайкалье. Кроме этого, выявлено, что зимние тренды температур выше летних.

Ключевые слова: температура воздуха, температура почвы, Забайкалье, изменения климата, тенденции.

Введение

Забайкалье занимает юго-восточную часть Азиатской России и представлено двумя ее крупными субъектами – Республикой Бурятия и Забайкальским краем. Для сложной по рельефу и многолетней мерзлоте территории характерен весьма разнообразный климат, что связано с контрастностью определяющих его факторов. Выделяются довольно резкие различия климата между котловинами и долинами, с одной стороны, и горными сооружениями – с другой. Свои особенности имеет климат всхолмленных высоких степных равнин и других природных образований. В целом климат Забайкалья и формирующие его факторы изучены достаточно хорошо. Климат можно охарактеризовать как резко-континентальный в большей части территории, ультраконтинентальный в котловинах и котловинно-долинных системах (особенно в северных районах), умеренно континентальный в южных районах и на побережье Байкала.

Между тем со второй половины XX в. происходит глобальное потепление. Причем изменения климата на региональном уровне значительно отличаются от глобальных изменений, к тому же в каждом регионе они имеют свои особенности. Для Забайкалья выявлена высокая скорость роста температуры воздуха [1]. За период с 1951 по 2010 г. средняя годовая температура воздуха в различных частях региона повысилась от 1,2 до 2,7 ºС, что превосходит глобальное потепление. Увеличение температуры зафиксировано в течение всего года, но величина линейного тренда меняется по месяцам. Наименьшая его величина отмечена в декабре, наибольшая – в феврале.

Результаты и обсуждение

При многочисленных оценках климатических особенностей на территории Забайкалья крайне мало внимания уделяется исследованиям термического состояния почв. В то время как почвенный климат (температурный и водный режимы) можно рассматривать в качестве приоритетного показателя общих климатических ресурсов тер-

ритории, влияющих на почвообразование и природные системы в целом. Термический режим почв на территории Забайкалья формируется под воздействием климатических условий, рельефа, многолетней мерзлоты и ряда других природных факторов. Некоторые результаты исследований почвенной (почвенно-грунтовой) толщи мощностью 3,2 м представлены в работах [2–4]. Они свидетельствуют о большом пространственном разнообразии термического состояния почвенной толщи, а также о достаточно высокой согласованности распределения величин среднегодовой температуры почвы с распределением сплошной, прерывистой или островной многолетней мерзлоты.

Из климатических показателей теплого периода года, определяющие температурный режим почвы, важное место занимает температура воздуха, холодного – температура воздуха и мощность снежного покрова. Для выявления связей между каждым из них и температурой почвы равнинных поверхностей использованы многолетние данные Забайкальского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Проведены исследования по связям между многолетними среднегодовыми температурами воздуха и почвы на глубине 20 см, а также между июльскими температурами. В первом случае (рис. 1А) отмечена тесная прямолинейная связь. Однако из-за влияния на температуру почвы не только температуры воздуха, но и целого ряда других факторов точки связи на графике образуют два корреляционных поля. Поле **1** представлено положительной температурой почвы и отрицательной температурой воздуха (коэффициент корреляции 0,69), поле **2 –** отрицательными температурами почвы и воздуха (коэффициент корреляции 0,76). Точки связи июльских анализируемых показателей, как и среднегодовых, образуют два корреляционных поля (см. рис. 1Б). Поле **3** соответствует условиям, когда температура почвы несколько выше температуры воздуха (коэффициент корреляции 0,74), поле **4** отражает ситуацию, когда температура почвы ниже температуры воздуха (коэффициент корреляции 0,66).

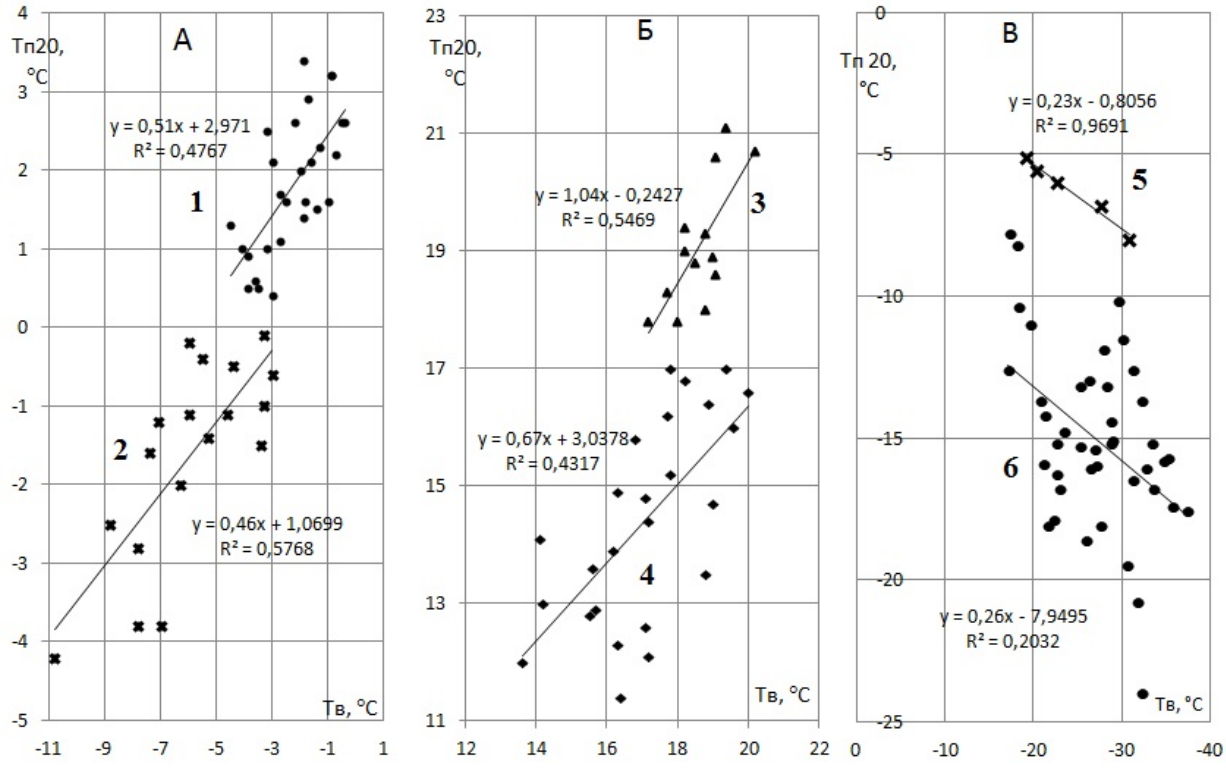


Рис. 1. Взаимосвязь температуры почвы на глубине 20 см (Тп 20, °С) и температуры приземного слоя воздуха (Тв, °С) за год (А), в июле (Б) и в январе (В).
*Характеристика полей (1–6) обозначена в тексте

Приведенные примеры (см. рис. 1А и 1Б) показали, что мера сопряженности среднегодовых и июльских показателей на территории Забайкалья разная. Вне выделенных корреляционных полей остались некоторые точки связи, относящиеся к побережью Байкала и горной (склоновой) местности, что подчеркивает их особые почвенно-климатические условия. Учитывая, что мощность снежного покрова в открытом пространстве (без древостоев) равнинных местоположений мала, то его отепляющее влияние на температуру почвы практически отсутствует. Поэтому основным климатическим фактором влияния является температура воздуха. Во взаимосвязи между многолетними температурами почвы на глубине 20 см и воздуха в феврале определились два корреляционных поля: поле **5** (коэффициент корреляции 0,98) свойственно отдельным местоположениям на побережье Байкала, точки связи на поле **6** (коэффициент корреляции 0,45) характерны для анализируемых показателей равнинных местоположений долин и котловин (см. рис. 1В). Следует отметить, что аналогичные корреляционные поля зафиксированы и для глубин 40 и 80 см.

По данным нескольких метеорологических станций, расположенных в разных частях рассматриваемой территории, определена согласованность между временными рядами температуры почвы на глубине 80 см и температуры воздуха августа и февраля (1977–2011 гг., http://meteo.ru). Практически во всех местоположениях более высокая степень согласованности (коэффициенты корреляции) между рядами показателей прослеживается в августе. В условиях современного изменения климата важно оценить реакцию температуры почвы (песчаной, супесчаной, легкосуглинистой) на эти изменения. Для этой цели использовались те же временные ряды температуры почвы и воздуха, что и для определения корреляционной связи. На рис. 2 показаны значения линейных трендов температуры почвы и воздуха в феврале и августе. В рассматриваемых местоположениях линейные тренды показателей положительные, но в большинстве своем они выше в феврале, где они имеют и более высокую степень достоверности. В августе значения линейных трендов температуры почвы и воздуха близки, и только на метеостанциях Калакан (почва легкий суглинок) и Агинское (почва супесчаная) они существенно различаются. В феврале в большинстве местоположений тренды температуры воздуха выше, чем тренды температуры почвы.

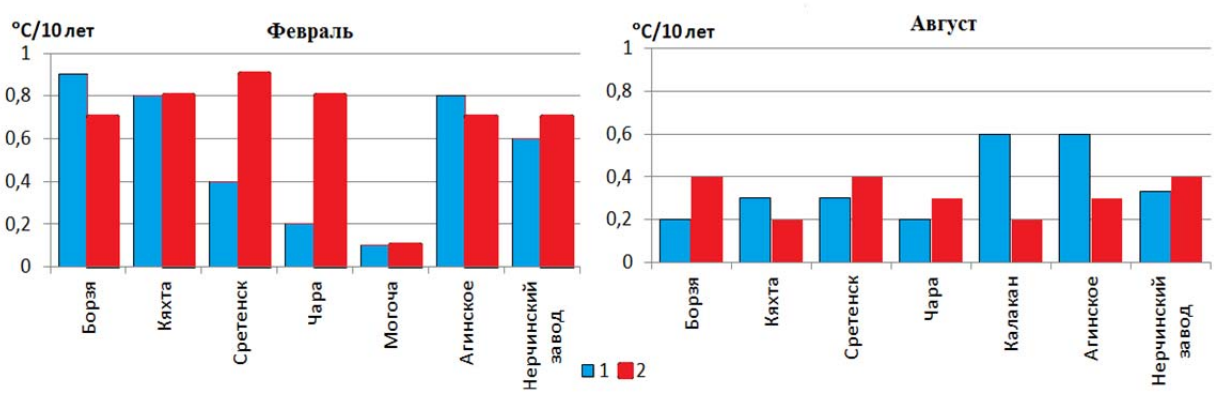


Рис. 2. Тенденции изменений на территории Забайкалья температуры почвы на глубине 80 см и температуры приземного слоя воздуха в феврале и августе.
Линейные тренды, °С // 10 лет: 1 – температура почвы, 2 – температура воздуха

Таким образом, и по корреляционным связям, и по положительным линейным трендам определенная согласованность температуры почвы и воздуха существует. В то же время летом линейные тренды временных рядов низкие и не всегда статистически значимы. Зимой они значительно выше и преобладают достоверные значения трендов.

Список литературы

1. *Обязов В. А.* Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья : автореф. дис. … д-ра геогр. наук. Казань, 2014. 38 с.
2. *Трофимова И. Е.* Современное состояние и тенденции многолетних изменений мерзлотно-термического режима почв Прибайкалья // География и природ. ресурсы. 2006. № 4. С. 38–45.
3. *Трофимова И. Е., Шеховцов А. И.* Оценка термического режима почв котловин Прибайкалья и Северного Забайкалья // География и природ. ресурсы. 2011. № 4. С. 100–107.
4. *Трофимова И. Е., Балыбина А. С.* Географические закономерности летнего термического режима почв в Забайкалье // География и природ. ресурсы. 2017. № 4. С. 105–113.

УДК 630.431.1(571.53)

Влияние метеорологических условий на возникновение лесных пожаров

А. И. Богданова, Е. А. Кочугова

Иркутский государственный университет, Иркутск

Аннотация. Исследован вклад метеорологических факторов в возникновение и распространение лесных пожаров на территории Иркутской области. По данным наблюдений метеорологических станций Иркутской области рассчитан комплексный показатель пожарной опасности по методу Л. И. Сверловой. Представлены результаты анализа изменений пожароопасности в теплый период 2014–2016 гг.

Ключевые слова: лесные пожары, степень пожароопасности, индекс Нестерова, класс пожароопасности, температура воздуха, атмосферные осадки.

Введение

Иркутская область располагает уникальными лесными ресурсами. По данным государственного лесного реестра на 1 января 2018 г. покрытые лесной растительностью земли занимают 64 млн га, что составляет 85,6 % от территории области [4]. По этому показателю регион относится к числу наиболее многолесных среди субъектов Российской Федерации. Здесь сосредоточено 12 % запасов древесины спелых лесов страны, а доля особо ценных хвойных пород, таких как сосна и кедр, значительна даже в масштабах планеты.

По официальным данным Федерального агентства лесного хозяйства, на территории России ежегодно возникает от 10 до 40 тыс. природных пожаров, которые охватывают площади от 0,5 до 2,5 млн га [1]. Динамика горимости лесов в Иркутской области за несколько последних лет представлена в таблице (табл. 1). Пики катастрофических лесных пожаров приходились на 2011, 2014 и 2016 гг.

В 2014 г. в Иркутской области произошли самые масштабные пожары как по количеству, так и по площади сгоревших лесов. Продолжительность пожароопасного сезона составляла 190 дней. Первый пожар возник 7 апреля в Усть-Удинском лесничестве, последний ликвидирован 17 октября по всей территории. Причиной такой пожароопасной обстановке стала преимущественной сухая погода в летний период. В целом за три летних месяца на большей части рассматриваемой территории количество осадков за месяц было около и ниже (25–80 %) нормы [6], несмотря на отмечавшиеся в отдельные дни сильные ливневые дожди, достигавшие местами в южных и центральных районах критериев опасного явления. Ущерб, причиненный лесными пожарами в 2014 г., составил 10 186,0 млн руб., в том числе расходы по тушению пожаров – 267,6 млн руб.

Таблица 1

Динамика горимости лесов, находящихся в ведении агентства лесного хозяйства Иркутской области с 2005 по 2017 г. [3; 4]

Годы	Количество пожаров (случ.)	Выгоревшая лесная площадь (га)	Средняя площадь одного пожара (га)	Число пожаров на 1 млн га охраняемой территории (случ.)	Площадь, пройденная пожарами на 1 млн га охраняемой территории (га)
2005	945	32 097	34,0	13,8	470,6
2006	1460	119 016	81,5	21,0	1715
2007	1554	46 702	30,1	22,4	672,9
2008	1893	43 787	23,1	27,2	630,9
2009	665	8050	10,8	9,6	115,9
2010	830	42 366	51,0	12,0	610,5
2011	1711	141 872	82,3	24,6	2044,2
2012	884	23 592	26,7	12,7	339,9
2013	692	26 758	39,0	10,0	385,5
2014	2143	719 596	335,8	32,4	10324,2
2015	1537	395 668	257,4	22,05	5676,7
2016	1205	743 994	617,4	17,4	10717,6
2017	1061	284 554	268,2	15,4	4123,9

В последние десятилетия лесные пожары являются серьезной проблемой населения во всем мире, так как помимо прямого ущерба, включающего в себя человеческие жертвы, затраты на тушение и восстановление пострадавших территорий, стоимость выгоревшей древесины, нарушается экологический баланс территории: уничтожаются места обитания животных, что приводит к их миграции в другие районы; происходят выбросы углекислого газа и канцерогенов в атмосферу, нарушающие углеродный обмен между атмосферой и наземными экосистемами [10]. После пожаров существенно меняются условия формирования поверхностного стока, усиливаются эрозионные процессы, из почв дождевыми и талыми водами вымываются загрязняющие вещества, попадающие в водоемы.

Высокая горимость лесов делает пожары основной причиной современного локального обезлесения и ухудшения экологической обстановки. Леса Иркутской области характеризуются высокой степенью природной пожарной опасности. Осредненный класс пожарной опасности лесного фонда в настоящее время составляет 2,7 [4].

В большинстве случаев пожары возникают по вине человека (около 79 % [1]), но площадь распространения лесных пожаров во многом зависит от сочетаний погодных факторов. В данной работе исследован вклад метеорологических факторов и синоптических условий в возникновение и распространение лесных пожаров на территории Иркутской области.

Материалы и методы исследования

В лесопожарной охране важную роль играет своевременная и корректная оценка лесной пожарной опасности. Основу такой оценки составляют индексы лесной пожарной опасности – математические формулы, формализующие влияние осадков, температуры и влажности воздуха, влагосодержания лесных горючих материалов, деятельности человека, грозовую активность и иные факторы, и позволяющие прогнозировать возможность возникновения пожаров на определенной территории.

В России ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования» [2] устанавливает использование комплексного показателя пожарной опасности В. Г. Нестерова (КПО), предложенного им еще в 1949 г. КПО представляет собой кумулятивную сумму произведения температуры воздуха на разность температур воздуха и точки росы, вычисляемую для отдельного пункта и конкретного времени.

Несмотря на широкое практическое использование индекса Нестерова для оценки потенциальной опасности возгорания леса не прекращаются попытки усовершенствовать комплексный показатель опасности возгорания [5; 7; 11]. Так, на основе метода В. Г. Нестерова в 1996 г., Л. И. Сверловой был доработан метод расчета комплексного показателя пожарной опасности в лесах по условиям погоды (КП). В формулу расчета КП был включен коэффициент, учитывающий скорость ветра, а также разработана шкала сбрасывания суммарного показателя КП в зависимости от количества выпадших осадков [8; 9]. В результате формула расчета КП приблизилась к универсальной, что исключило необходимость в уточнении принятых ранее лесопожарными службами поправок к шкалам классов пожарной опасности. Таким образом, комплексный показатель текущего дня (КП) по формуле Сверловой Л. И. определяется как сумма произведений коэффициента, учитывающего скорость ветра (K_v), на температуру воздуха (T), и разность между значением температуры воздуха и температурой точки росы (t_d).

$$КП = \sum_{i=1}^{n}\left[K_{v_i} * T_i * \left(T_i - T_{d_i}\right)\right],$$

где K_{v_i}– коэффициент, который учитывает влияние скорости ветра (°C^{-2}), T_i и T_{d_i} – температуры воздуха и точки росы (°C) соответственно.

Для вычисления комплексного показателя пожарной опасности по Л. И. Сверловой мы использовали ежедневные данные наблюдений за температурой воздуха и точкой росы (в °C), скоростью ветра (м/с) на 13 ч по местному времени или в ближайший к нему срок метеорологических наблюдений (15 ч) и количеством осадков за предыдущие сутки (в мм). Расчет индекса пожарной опасности на территории Иркутской области выполнялся для теплых периодов (апрель – сентябрь) 2014–2016 гг.

Ежедневные данные о числе пожаров за тот же период были взяты на сайте Федерального агентства лесного хозяйства по лесным пожарам [12]. Для нахождения связи между количеством пожаров IV и V классов пожарной опасности и условиями погоды были использованы приземные синоптические карты.

Результаты исследования

Для анализа динамики пожарной опасности лесов были выбраны метеорологические станции, находящиеся на территории Иркутской области. Основными критериями для отбора станций стали: наибольшее количество термоточек (количество пожаров) на спутниковых снимках и климатические условия, благоприятные для возникновения лесных пожаров.

Лесные пожары в южной части Иркутской области возможны уже с середины апреля, а в экстремально жаркие годы – раньше. В других районах области пожароопасный сезон смещается на 2–3 недели в сторону более поздних дат.

Для примера (рис. 1) рассмотрим сезонную динамику комплексного показателя пожарной опасности на станции Железногорск в весенний сезон 2014, 2015 и 2016 гг.

Окрестности станции Железногорск характеризуются значительными лесными ресурсами, а также продолжительным периодом с чрезвычайной степенью пожарной опасности, значения комплексного показателя пожарной опасности испытывают значительные колебания от года к году (см. рис. 1). Так, например, наибольшего значения КП достигал в 2014 г. (6351 °C). В следующем году это значение было в 3,5 раза меньше. В 2016 г. значения КП не превышали 1786 °C. Это, вероятно, обусловлено тем, что в мае наблюдался период выпадения осадков, который сопровождались невысокими температурами воздуха. Благодаря таким метеорологическим условиям в течение всего весеннего сезона 2016 г. наблюдалась средняя степень пожарной опасности (III класс).

Максимальные значения комплексного показателя пожарной (КПО) опасности наблюдаются в середине лета. Так, например, чрезвычайная степень пожарной опасности в окрестности метеорологической станции Железногорск наблюдалась с 18 июня по 2 июля 2016 г. (рис. 2). В этот период значение КПО достигало 17439 °C (V

КПО). Вследствие выпадения более 24 мм осадков за сутки (2 июля) произошел «сброс показателя» и его значения не превысили четвертый КПО.

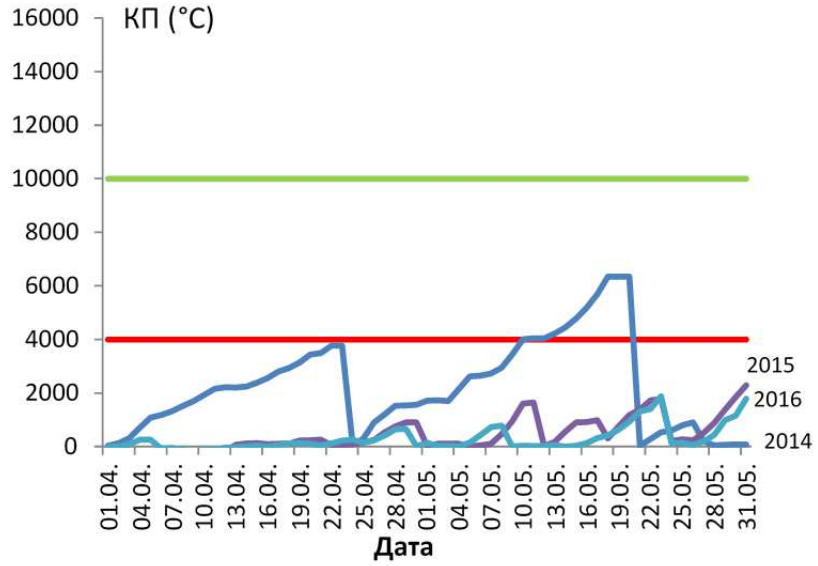


Рис. 1. Изменение комплексного показателя пожарной опасности в лесах по условиям погоды для станции Железногорск весной 2014–2016 гг. (красная линия значения от 4001 до 10000 – IV КПО, зеленая линия значения более 10000 – V КПО)

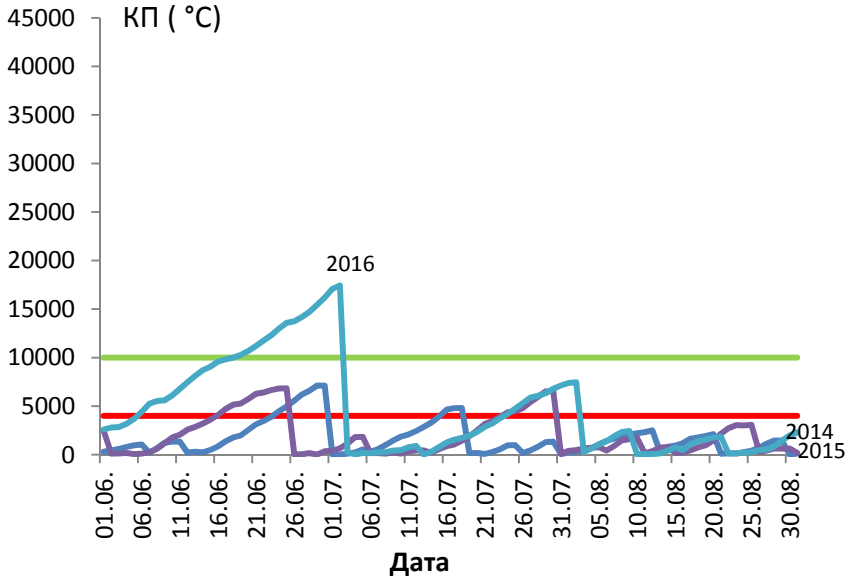


Рис. 2. Изменение комплексного показателя пожарной опасности в лесах по условиям погоды для станции Железногорск летом 2014–2016 гг. (красная линия значения от 4001 до 10000 – IV КПО, зеленая линия значения более 10000 – V КПО)

В отдельные годы высокие значения КПО могут удерживаться весь сезон, благодаря недостаточному количеству осадков, которое не способно снять пожароопасную ситуацию. Приведем пример сезонной динамики случаев с чрезвычайной степенью природной пожарной опасности (рис. 3). При наступлении пятого КПО вводится запрет на посещение гражданами лесов в целях предупреждения лесных пожаров. Потому что при этом классе пожары возникают от любого источника огня и высоких температур. Горение интенсивное и очень быстро распространяется на большие площади.

В таблице 2 представлены средние значения метеорологических величин для отдельных станций Иркутской области характерные для каждого класса пожарной опасности. Лишь температура воздуха указывает на прямую связь с КПО.

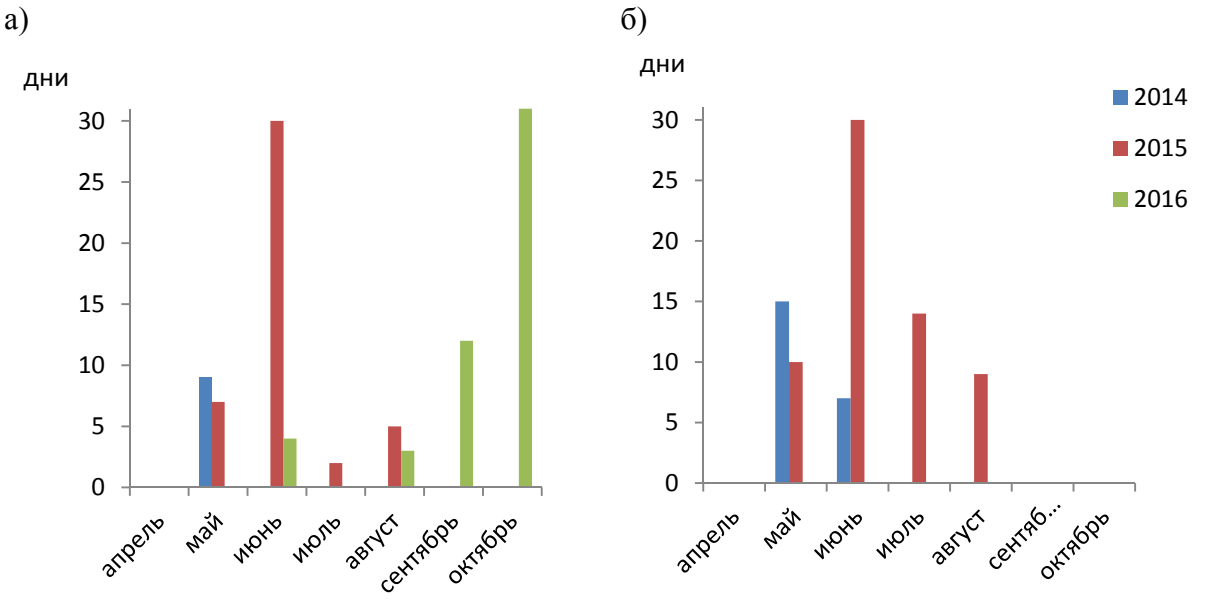


Рис. 3. Сезонная динамика пятого класса пожароопасности на метеостанциях Качуг (а) и Бохан (б)

Таблица 2

Средние значения метеорологических величин, формирующие класс пожарной опасности

КПО	2014 г.				2015 г.			
	T, °C	T_d, °C	Скорость ветра, м/с	∑ Q, мм	T, °C	T_d, °C	Скорость ветра, м/с	∑ Q, мм
Железногорск								
I	6,8	-1,3	2,7	136,8	5,8	-2,3	2,5	161,5
II	15,7	3,0	2,6	43,4	17,2	5,5	2,7	55,6
III	15,6	1,6	2,6	92,6	19,6	6,9	2,6	71,3
IV	17,4	2,0	2,5	47,2	22,3	8,9	2,0	21,6
V	–	–	–	–	–	–	–	–
Качуг								
I	5,5	-3,1	2,5	81	7,4	-1,1	2,1	141,1
II	16,1	3,6	1,8	25,6	16,8	3,8	2,3	28,9
III	17,8	3,3	2,4	121,0	21,3	7,4	2,3	125,8
IV	16,5	2,2	2,8	70,5	23,9	9,1	2,2	26,9
V	–	–	–	–	–	–	–	–

Вероятность возникновения лесных пожаров из-за метеорологических условий увеличивается в первой половине мая, в результате небольшого количества атмосферных осадков, которые приводят к иссушению подстилающей поверхности. В этот период напочвенный комплекс горючих материалов представлен активными легко воспламеняемыми компонентами: отмершей массой травяного покрова, опадом хвои, шишек и мелких ветвей. Тонкие частицы лесного опада и сухой травы, располагающиеся рыхлым свободно вентилируемым слоем, быстро испаряют влагу. Поэтому для возникновения пожара достаточно, всего нескольких дней с сухой и солнечной погодой.

Анализ воздействия метеорологических факторов на класс пожарной опасности, показал, что на его значение метеорологические величины влияют только в комплексе друг с другом. Тесной связи с каждым отдельным метеопараметром не выявлено.

Под пожарной опасностью в лесу мы понимаем условия возникновения, развития и распространения лесных пожаров. В данном случае под пожарной опасностью подразумевается возможность возникновения и развития лесных пожаров от имеющихся в лесу источников огня (не потушенные спички, окурки, костры и т. д.) в зависимости от метеорологических условий. Степень пожарной опасности для определенной территории может быть оценена вероятностью возникновения пожаров и их числом в

любой день пожароопасного сезона. Вероятность возникновения лесных пожаров на территории с определенными лесорастительными условиями зависит в основном от погоды. На рисунке 3 приведен в качестве примера график вероятности возникновения лесных пожаров для каждого класса пожарной опасности для станции Железногорск.

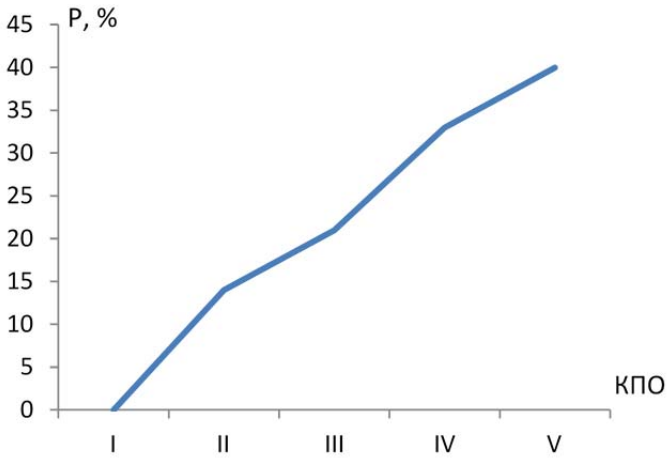


Рис. 3. Вероятность возникновения лесных пожаров в определенный класс пожарной опасности, рассчитанная для станции Железногорск

С возрастанием класса пожарной опасности вероятность возникновения пожара при наличии источников огня значительно увеличивается, что отражает истинный смысл класса.

Заключение

Интерес к изучению влияния метеорологических условий на возникновение лесных пожаров определяется тем, что в связи с потеплением климата в различных частях РФ засухи и лесные пожары случаются почти ежегодно, принося огромный экономический, экологический и социальный ущерб. В Иркутской области ежегодно возникают десятки и сотни лесных пожаров, охватывающих в отдельные годы до нескольких сотен тысяч гектаров лесной площади лесного фонда, огнем уничтожаются огромные материальные ресурсы.

Для определения целенаправленной противопожарной профилактики в исследуемом регионе могут быть полезны выводы:

1. Основными причинами возникновения лесных пожаров являются: деятельность человека, грозовые разряды, сельхозпалы.

2. Для возникновения лесного пожара необходимым условием является длительная теплая и сухая погода. Эти условия характеризуются комплексом метеорологических характеристик, такими как: температура воздуха, продолжительность периода без выпадения дождя, влажность воздуха и характеристиками горимости лесной подстилки, которые в значительной мере зависят от метеорологических условий.

3. Для рассматриваемых станций максимальное значение КПО приходится на август 2015 г. на станции Оса (40467 °С). Такое значение КПО обусловлено нехваткой осадков, достаточного для снятия напряжения пожарной опасности. Сравнивая летние периоды 2014 и 2015 гг. можно сказать, что значения КПО возросли в 2,5 раза, а выгоревшая лесная площадь за этот же период уменьшилась почти в 2 раза. Это вероятно обусловлено тем, что в борьбе со стихийным природным бедствием были задействованы все экстренные службы региона, общественные организации, использовались новые технологии в тушении пожаров, а также активно проводились профилактические работы с населением,

4. На значение КПО метеовеличины оказывают влияние только в комплексе друг с другом.

Список литературы

1. *Бондур В. Г.* Космический мониторинг природных пожаров в России в условиях аномальной жары 2010 // Исследование космоса из Земли. 2011. Т. № 3. С. 3–13
2. ГОСТ Р 22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования; введ, 2000–01–01.
3. Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2015 году. Иркутск : Время странствий, 2016. 316 с.
4. Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году. Иркутск : Форвард, 2018. 249 с.
5. *Долгов А. А., Сумина Е. Н., Цомаева Д. С.* Методология оценки лесопожарных рисков // Материалы научно-практической конференции. М. : Моск. госу. ун-т природообустройства, 2008. С. 12–21.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 22. Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Л. : Гидрометеоиздат. 1991. 604 с.
7. *Сафронова Т. М., Волокитина А. В., Сафронова М. А.* Совершенствование оценки пожарной опасности по условиям погоды в горных лесах Южного Прибайкалья : [монография]. Красноярск : Ин-т леса им. В. Н. Сукачева : Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева, 2007. 236 с.
8. *Сверлова Л. И.* Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учетом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. Хабаровск : ДальНИЦ Дальневост. УГМС, 2000. 46 с.
9. *Сверлова Л. И.* Методы оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды. Хабаровск : ОПП краевого комитета гос. статистики, 1998. 32 с.
10. *Украинцев А. В., Плюснин А. М.* Лесные пожары в Заиграевском районе Республики Бурятия в 2019–2012 годах: причины возгорания и ущерб // География и природ. ресурсы. 2015. № 2. С. 60–65
11. *Ходаков В. Е. Жарикова М. В.* Лесные пожары: методы исследования. Херсон : Гринь Д. С., 2011. 470 с.
12. Космоснимки – мониторинг природных пожаров. URL: http://fires. kosmosnimki.ru/ (дата обращения: 30.08.2018)

УДК 504.3

Возмущение аэрозольной оптической толщины атмосферы в ходе лесных пожаров проявляющееся в абиотических факторах воздушно-наземной среды над центральной частью Якутии

М. С. Васильев (m. s. vasiliev@ikfia. ysn.ru)[1,2], Л. А. Пестрякова (lapest@mail.ru)[2], Р. Н. Бороев (boroyev@ikfia.ysn.ru.ru)[1,2]

[1] *Институт космофизических исследований и аэрономии им. ЮГ Шафера СО РАН, г. Якутск;*
[2] *Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, г. Якутск*

Аннотация. Представлены результаты исследований возмущения аэрозольной оптической толщины (АОТ) в ходе лесных пожаров над центральной частью Якутии. Показано, что возмущение АОТ проявляется в таких абиотических факторах воздушно-наземной среды как приземная температура воздуха (ПТВ) и солнечная радиация. Мониторинг АОТ осуществлялся с помощью Sun-Sky-радиометра марки CIMEL CE-318 входящим в состав глобальной международной сети АЭРОНЕТ. Основными параметрами исследований являются АОТ, ПТВ и нисходящий поток солнечной радиации (НПСР – downward solar radiation flux), а также спутниковая информация о горимости лесов в Якутии.

Ключевые слова: аэрозольная оптическая толщина, приземная температура воздуха, солнечная радиация, солнечный фотометр, реанализ, солнечная активность, тропосфера.

Введение

Исследования в области влияния атмосферного аэрозоля на параметры воздушно-наземной среды (радиационный бюджет и климат в целом) до сих пор являются актуальными в науках о Земле. В настоящее время проблема «Аэрозоль-радиация-климат» остается открытой. Во многом это связано с недостаточностью сети экспериментальных баз наблюдений, их малым количеством и плотностью расположения, в частности на территории Якутии.

В отличие от парниковых газов, атмосферный аэрозоль отличается многообразием свойств и взаимодействий с солнечной радиацией и другими физическими полями, а также компонентами биосферы. От концентрации аэрозольных частиц во многом зависит радиационный бюджет атмосферы. Аэрозоли имеют свойство рассеивать и поглощать солнечную и тепловую радиацию [4–6, 10], а также воздействуют на микроструктуру облаков, процессы их образования и, выпадение осадков и т. д. [7; 12]. Атмосферный аэрозоль как климатообразующий компонент атмосферы [4; 5] принято делить на три класса в зависимости от размеров частиц (дисперсности): дымы (0,001–0,1 мкм); туманы и облака (0,1–10 мкм); пыль (размеры частиц более 10 мкм) [6].

В настоящее время эффективным методом регулярных сетевых наблюдений за оптическими параметрами атмосферы (АОТ, H_2O и озона) является солнечная фотометрия атмосферы. Глобальная международная сеть пунктов мониторинга АЭРОНЕТ (AERONET – AErosol RObotic NETwork, https://aeronet.gsfc.nasa.gov/) [9] имеет наибольший географический охват. Пункты мониторинга за оптическими параметрами атмосферы АЭРОНЕТ созданы и поддерживаются Центром космических полетов им. Годдарда (США, НАСА). Пункты мониторинга сети АЭРОНЕТ представлены на рис. 1, два из которых расположены на территории Якутии – ст. Тикси (71° с. ш., 128° в. д.) и ст. Якутск (61° с. ш., 129° в. д.).

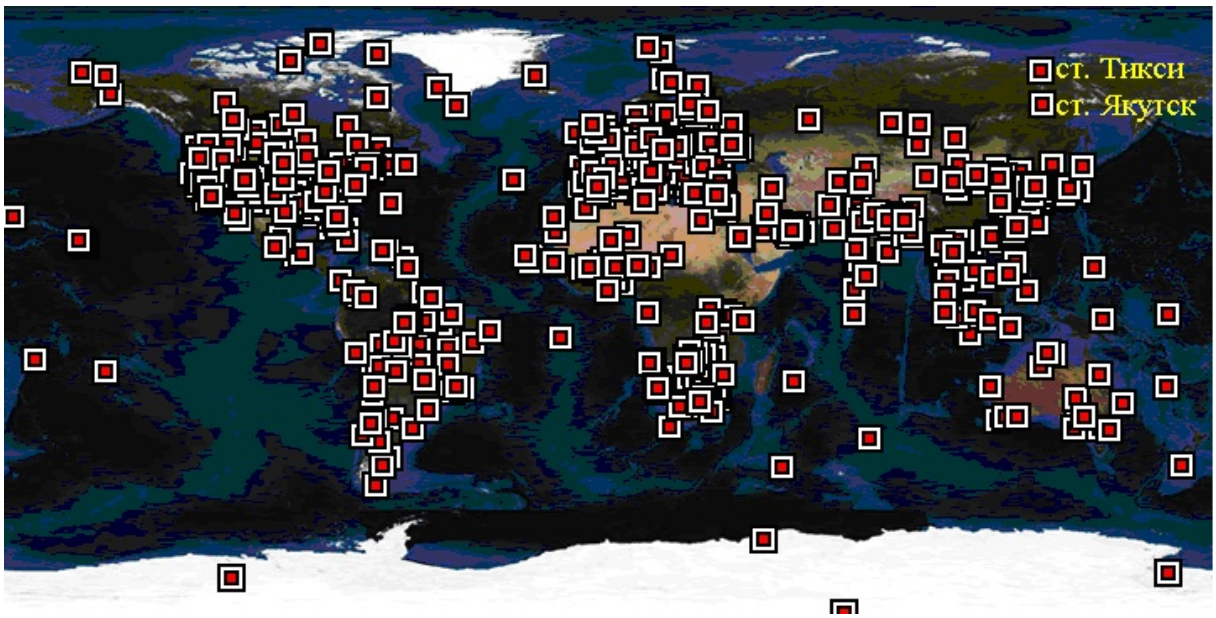


Рис. 1. Схема размещения пунктов мониторинга за оптическими параметрами атмосферы сети АЭРОНЕТ (https://aeronet. gsfc. nasa. gov/) по состоянию на июнь 2018 г.

Экспериментальные данные

Мониторинг АОТ и H_2O на ст. Якутск осуществляется с помощью солнечного фотометра марки CIMEL CE-318 (ИКФИА СО РАН, http://ikfia. ysn.ru/), который расположен ~50 км к юго-западу от г. Якутска на полигоне ИКФИА «ШАЛ» (с. Октёмцы) [2; 3].

Данные о НПСР (суммарная солнечная радиация) и уходящей длинноволновой радиации (УДР) получены с помощью реанализа NCEP/NCAR [11].

Использованы данные среднесуточных значений ПТВ – ФГБУ «ВНИИГМИ» Росгидромет (http://meteo.ru), а также привлечены данные реанализа ERA-Interim (ПТВ и H_2O) [8].

Данные по содержанию концентрации в атмосфере двуокиси углерода (CO_2, млн$^{-1}$), находящиеся в свободном доступе в виде файлов HDF-формата

(https://climatedataguide.ucar.edu/), получены с помощью ИК-зонда (Atmospheric InfraRed Sounder) установленного на борту спутника EOS/Aqua.

Временной и пространственный анализ траектории распространения воздушных масс осуществлялся через интернет-сервис для проведения расчетов с помощью модели HYSPLIT (http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLYT.php).

Результаты и обсуждение

В работе [2] впервые было показано, что возмущение атмосферы аэрозольными частицами вследствие очагов горения лесного массива (рис. 2) приводит к снижению потока солнечной радиации и при наличии отрицательной фазы уходящей длинноволновой радиации, наблюдается спад амплитуды ПТВ (рис. 3, а).

В работе [3] нами был использован параметр АОТ для исследования состояния прозрачности атмосферы за период 2004–2014 гг. с последующим сравнительным анализом годового хода среднемесячных значений АОТ с данными спутникового мониторинга. Было установлено, что ежегодно, дни со значениями АОТ относящихся к III классу прозрачности атмосферы («грязная» атмосфера) составляли в среднем 25–30 % общего числа дней измерения АОТ.

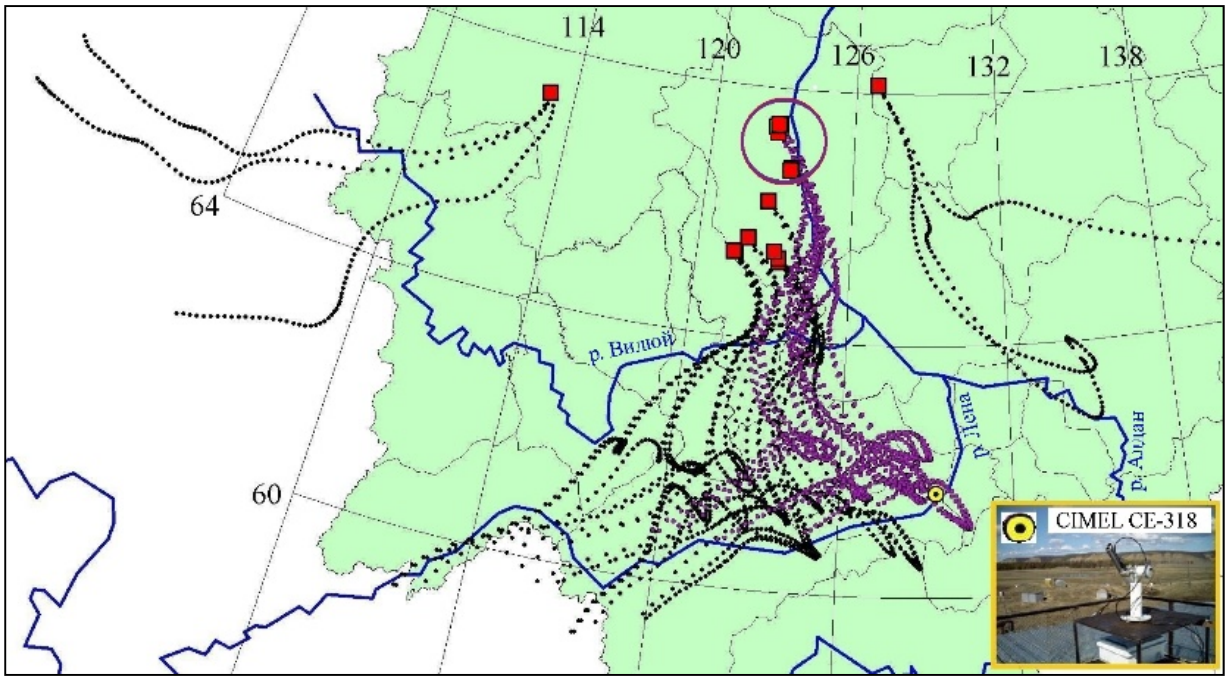


Рис. 2. Траектории распространения воздушных масс смога (дымы) на высотах 0, 500 и 1000 м (точки черного и фиолетового цвета) по данным модели HYSPLIT от очагов лесных пожаров (данные AVHRR/NOAA [1] – квадраты красного цвета) за период 11–13 июля 2005 г. Кружком отмечена зона очагов пожаров и их траектории воздушных масс смога, которые непосредственно охватили местоположение фотометра CIMEL CE-318.
Сплошные синие линии – основные элементы гидрографии

Для примера, на рис. 4 представлен график значений АОТ и НПСР в мае 2008 г. Видно (рис. 4), что значения АОТ и НПСР находятся в противофазе. Коэффициент корреляции Пирсона (R) между АОТ и НПСР, составляет -0,4 с уровнем значимости 99 % при критическом значении $r_{крит.} = 0{,}45$. За данный период при наблюдаемых значениях АОТ III класса прозрачности атмосферы свыше M_0 (Мода – варианта с наибольшей частотой проявления) в 1,5–3,5 раза превышающих значения АОТ, относящихся ко II классу («типичная» атмосфера), общий спад НПСР составлял в среднем 16–37 Вт/м^2.

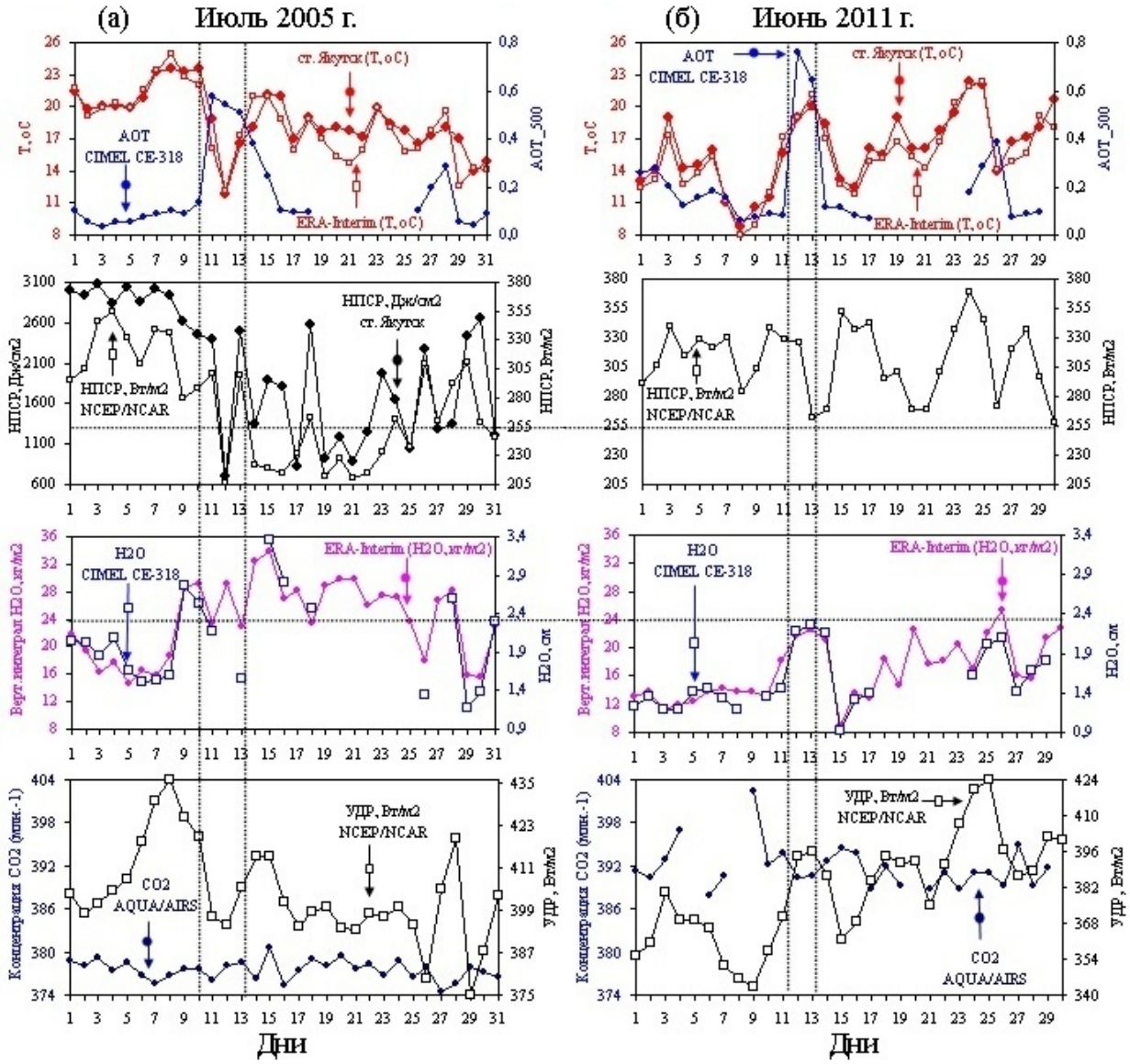


Рис. 3 (а, б). Среднесуточные вариации ПТВ, АОТ, НСПР, УДР, H_2O и CO_2 в июле 2005 г. (а) и июне 2011 г. (б).

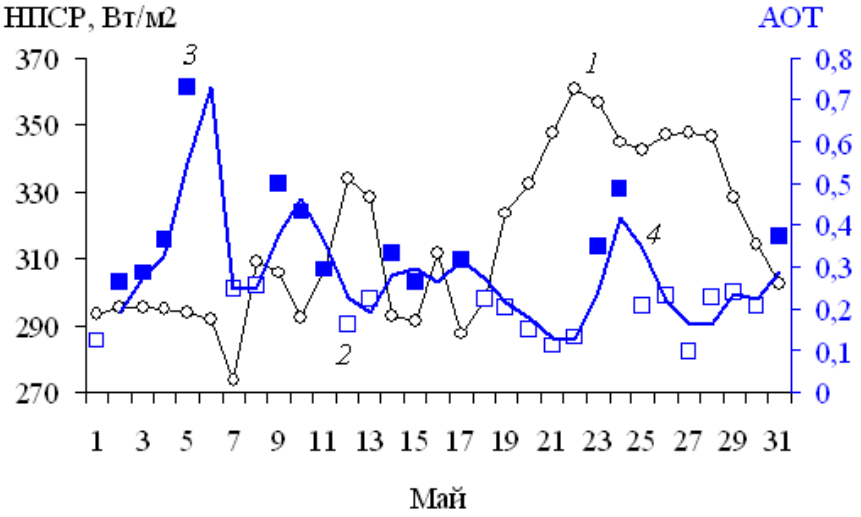


Рис. 4. График значений АОТ и НПСР в мае 2008 г. над центральной частью Якутии, где *1* – НПСР (Вт/м^2), *2* – АОТ II класса прозрачности атмосферы, *3* – АОТ III класса прозрачности атмосферы свыше M_0, 4 – аппроксимация (сглаживание) среднесуточных значений АОТ

Заключение

На обширной территории Якутии необходима сеть экспериментальных приборов и установок для осуществления непрерывного (с «полной автоматизацией») мониторинга за атмосферными параметрами.

Результаты, полученные нами (2014–2017 гг.) с использованием спектральной солнечной фотометрии, спутниковой и наземной информации, а также реанализов могут быть применены Министерством охраны природы РС (Я) в качестве дополнения территориальной системы экологического мониторинга.

Список литературы

1. *Васильев М. С., Каримов Р. Р.* Исследование возможных причин возникновения лесных пожаров в Якутии по данным дистанционных наблюдений // В мире научных открытий. 2014. № 4(52). С. 161–171.
2. *Васильев М. С., Николашкин С. В.* Температурный эффект дымового аэрозоля в летний сезон над центральной частью Якутии за период 2004–2014 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28, № 12. С. 1106–1111.
3. *Васильев М. С., Николашкин С. В., Бороев С. В.* Состояние прозрачности атмосферы над центральной частью Якутии по данным солнечного фотометра за период 2004–2014 гг. // Метеорология и гидрология. 2017. № 11. С. 14–20.
4. *Кондратьев К. Я.* Аэрозоль как климатообразующий компонент атмосферы. 2. Прямое и косвенное воздействие на климат // Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15, № 4. С. 301–320.
5. *Кондратьев К. Я.* Аэрозоль и климат: современное состояние и перспективы разработок. 3. Аэрозольное радиационное возмущающее воздействие К. Я. Кондратьев // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19, № 7. С. 565–575.
6. *Чекман И. С., Сыровая А. О., Андреева С. В., Макаров В. А.* Аэрозоли – дисперсные системы: монография. Харьков: Цифровая друкарня, 2013. 100 с.
7. *Albrecht B.* Aerosol, cloud microphysics, and fractional cloudiness // Sci. 1989. Vol. 245, N 4923. P. 1227–1230.
8. ECMWF Newsletter N 110 – Winter 2006/07. Ed. by B. Riddaway. European Center for Medium Range Weather Forecast, 2007. P. 53.
9. *Holben, B. N.* et al. AERONET – a federation instrument network and data archive for aerosol characterization // Remote Sens. Environ. 1998. Vol. 66, N 1. P. 1–16.
10. *Haywood J., Boucher O.* Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosol: A review // Rev. Geophys. 2000. Vol. 38, N 4. P. 513–543.
11. *Kistler R., Kalnay E., Collins W.* et al. The NCEP/NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2001. Vol. 82, N 2. P. 247–267.
12. *Twomey S.* The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds // J. Atmos. Sci. 1977. Vol. 34, N 7. P. 1149–1152.

УДК 551.58+551.590.21

Исследование влияния солнечной активности на погодные условия в г. Иркутске

С. В. Латышев (srg.87@bk.ru)[1], С. В. Олемской (olemskoy@mail.ru)[1,2]

[1] *Ордена Трудового Красного Знамени Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск,*
[2] *Иркутский государственный университет, г. Иркутск*

Аннотация. Обсуждаются физические механизмы возможного влияния солнечной активности на погодные и климатические аномалии. Проведен сравнительный анализ аномалий средних месячных значений температуры воздуха и сумм атмосферных осадков на ст. Иркутск с изменениями индекса солнечной активности. Следует отметить слабо выраженную тенденцию к увеличению аномально холодных периодов в г. Иркутске, преимущественно в зимние месяцы, на фоне ослабления солнечной активности в начале XXI в.

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, солнечная активность, циркуляция, климат, Иркутская область.

Введение

В последние десятилетия большое внимание уделяется исследованию физических механизмов влияния солнечной активности на погодные и климатические аномалии, повторяемость которых возросла в различных регионах земного шара [5; 7]. Сложность подобного рода исследований обусловлена тем, что основные физические механизмы для развития явлений солнечной активности находятся в конвективной зоне под поверхностью Солнца и не в полной мере изучен механизм проявления солнечно-земных связей. Среди практических задач наибольший интерес представляет прогнозирование явлений солнечной активности, геомагнитных и ионосферных возмущений, потоков энергичных солнечных частиц.

С точки зрения влияния на погодные и климатические изменения в различных регионах земного шара следует выделить солнечные вспышки – чрезвычайно мощные взрывы в солнечной атмосфере, которые являются откликом солнечной атмосферы на внезапный быстрый процесс выделения энергии, предположительно, магнитного происхождения. Выделение энергии приводит, прежде всего, к локализованному временному нагреву (тепловая вспышка), а также к ускорению частиц (электронов, протонов и более тяжелых ионов). Интересно, что кроме электронов с энергией до 10 МэВ и протонов до десятков ГэВ и выше, на Солнце генерируются нейтроны с энергией до 400 МэВ, а также вспышечные нейтрино. В настоящее время непрерывный мониторинг рентгеновских вспышек осуществляется системой спутников серии GOES (NOAA) [4].

Напомним, что под солнечной активностью понимают всю совокупность наблюдаемых явлений в атмосфере Солнца, вызывающих изменения его излучения в различных диапазонах электромагнитных волн и потоках частиц различных энергий: пятна, волокна, вспышки, протуберанцы, CME и т. д. Состояние солнечной активности характеризуется несколькими наблюдательными индексами, среди которых наиболее длинный ряд имеет относительное число солнечных пятен или число Вольфа, которое определяют как $W = 10g + f$, где g – число групп пятен, f – полное число пятен на видимом полушарии Солнца. Идея количественной оценки солнечной активности на основе указанного индекса принадлежит швейцарскому астроному Р. Вольфу в 1849 г. В настоящее время накоплен достаточно длинный временной ряд чисел Вольфа (~400 лет), который позволяет проводить оценку динамики солнечной активности во взаимосвязи с процессами, происходящими в земной атмосфере [3].

Для долгосрочного прогноза важно выделить либо долговременные изменения (трендовую составляющую) или периодичность (цикличность) колебаний индексов солнечной активности. Поэтому неслучайно, что исследователи пытаются выделить эти составляющие, среди которых наиболее исследован 11-летний цикл, когда примерно через каждые 11 лет число пятен (sunspot), одновременно наблюдаемых на диске, достигает максимального значения. Например, 11-летний цикл солнечной активности проявляется в динамике озоносферы. В периоды интенсивных выбросов Солнцем энергетических частиц (протонных вспышек) отмечается заметная интенсификация формирования ряда соединений (HO_x и NO_y), разрушающих озон [13]. Однако строгая периодичность в 11 лет отмечается крайне редко, а скорее для индексов солнечной активности варьирует в интервале от 7 до 17 лет [12]. В конце XX в. установили, что в индексах солнечной активности присутствует очень важный квазидвухлетний период (quasi-biennial oscillation), типичный и для метеорологических процессов в атмосфере [1]. Существуют более продолжительные циклы: 22-летний, «магнитный» цикл солнечной активности («цикл Хэйла»), 35-летний, «вековой» ~80–130 лет («цикл Глайсберга») и еще более длительные. Возможно, что некоторые из них совпадают по длительности с динамикой климатических изменений, но природа солнечной активности, как и климатических изменений, происходящих на Земле, все же оставляет много нерешенных вопросов.

Постановка задачи

Какие существуют предположения о проявлении солнечной активности в климатических изменениях на Земле? Вариации на Солнце проявляются в изменениях полного потока солнечного излучения (solar irradiance), являющего основным источником энергии подстилающей поверхности Земли и приземного слоя атмосферы. Возможно, что снижение солнечной активности во второй половине XVII в. (1645–1715 гг.) – «минимум Маундера» (Maunder minimum) проявилось в понижении в этот период средних годовых температур на территории Европы («малый ледниковый период», Little Ice Age), а повышение общего уровня солнечной активности во второй половине XX в. – в наблюдаемой тенденции роста глобальных температур [9; 11]. В настоящее время вновь отмечается понижение уровня солнечной активности, который неплохо коррелирует с некоторым ослаблением скорости роста глобальных температур и увеличением повторяемости аномально холодных периодов в различных регионах земного шара [6].

Таким образом, возможно, мы находимся на рубеже новых изменений, как в динамике солнечной активности, так и климатических вариаций. Многих интересует, стоит ли готовиться к предстоящему похолоданию либо темпы роста температур будут увеличиваться настолько, что это может вызвать необратимые последствия в климатической системе? Либо это проявление цикличности, которая свойственна многим физическим процессам, происходящим на Солнце и на Земле?

Кратко остановимся на существующих теориях влияния солнечной активности на погодные и климатические изменения. М. И. Пудовкиным и О. М. Распоповым была предложена схема возможного влияния космических лучей галактического и солнечного происхождения на тропосферу, где основное (энергетическое) воздействие принадлежит электромагнитному излучению (95 %). В этом механизме космические лучи оказывают влияние на образование облаков, и, как следствие, альбедо и радиационный баланс атмосферы [2]. Однако до сих пор нет точного подтверждения принципиально важного эффекта – изменения прозрачности атмосферы под действием космических лучей. Согласно другой гипотезе, усиление солнечной активности может способствовать увеличению потенциальной и кинетической энергии атмосферы и проявляться в образовании и углублении циклонических вихрей, с которыми связаны резкие изменения погодных условий. Среди потенциальных регионов циклогенеза рассматривается область Арктического фронта в Северной Атлантике вблизи юго-восточного побережья Гренландии, как район интенсивного формирования и развития внетропических циклонов [8].

На наш взгляд, представляет интерес гипотеза долгопериодных изменений высот геопотенциала, а значит, в первую очередь, температуры нижней тропосферы при вариациях уровня солнечной активности. Амплитуда вариаций свидетельствует о том, что нижняя атмосфера в максимуме цикла оказывается на 0,5–1,0°K теплее, чем в минимуме. Если учесть пространственные и временные масштабы данного явления, то необходимо признать, что амплитуда данного эффекта – это весьма сильный отклик нижней атмосферы на «солнечный сигнал». В работе [10] предложен механизм влияния солнечной активности на изменчивость климата в тропической области, связанный с усилением испарения из-за большего притока солнечной радиации к поверхности в период солнечных максимумов и соответствующим усилением циркуляции Хэдли и Уокера. Этот механизм проявляется в ряде глобальных климатических моделей. Тем не менее, данный механизм не может полностью объяснить наблюдаемую 11–летнюю изменчивость в тропиках.

Обсуждение результатов

Предложенные выше физические механизмы влияния солнечной активности на земную атмосферу и климат нуждаются в проверке на непосредственном статистическом материале. Также пока не ясно, является ли эффект проявления солнечно-земных связей глобальным или локальным? Как этот эффект меняется с высотой в самой атмосфере?

В этом контексте нами проведен совместный анализ изменений индекса солнечной активности и метеорологических данных на ст. Иркутск, т. е. в пределах локально выделенного региона, за первое десятилетие нынешнего века, т. е. по продолжительности близкого к 11 летнему циклу солнечной активности. Рассматривалась динамика месячных значений индекса солнечной активности [14], аномалий приземной температуры воздуха и сумм атмосферных осадков (в процентном соотношении от климатической нормы) в г. Иркутске [15], т. е. тех метеорологических параметров, которые наиболее чувствительны к изменениям климата.

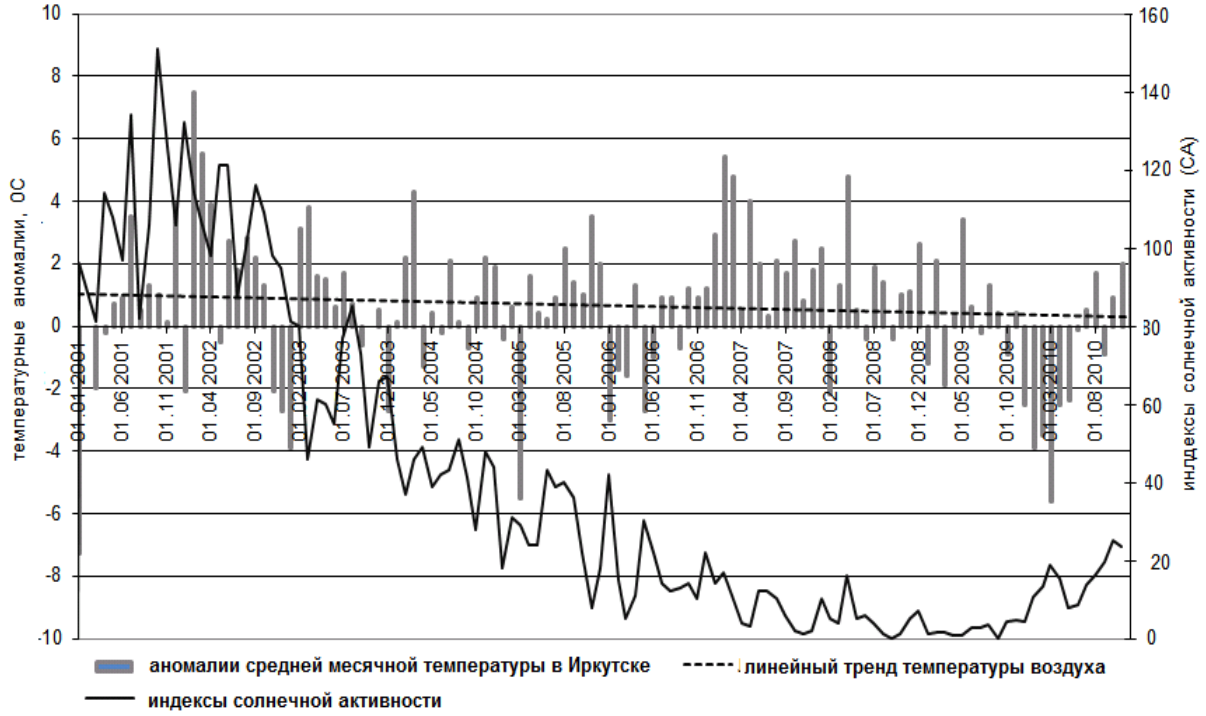


Рис. 1. Изменение индексов солнечной активности и аномалий приземной температуры воздуха в г. Иркутске в 2001–2010 гг.

Как видно из рис. 1 и 2 в исследуемый период 2001–2010 гг. наблюдается четко выраженная тенденция снижения солнечной активности, которая сохраняется и в настоящее время. Однако значимых статистических связей с изменениями температуры воздуха и атмосферных осадков в г. Иркутске не выявлено. Коэффициент парной корреляции между месячными значениями индекса солнечной активности и аномалиями температуры воздуха в г. Иркутске составил 0,07, а между значениями индекса солнечной активности и количеством выпавших осадков в г. Иркутске минус 0,02.

Таким образом, проведенное исследование еще раз подчеркнуло, насколько сложны и не изучены механизмы проявления солнечной активности в пределах отдельно выделенного региона. Очевидно, существует определенная структура солнечно-земных связей, но так как она имеет нелинейный характер, нам не удалось установить четко выраженных закономерностей в пределах рассматриваемого региона. Можно лишь отметить, что на фоне уменьшения солнечной активности за два последних десятилетия в г. Иркутске увеличилось число отрицательных аномалий температур, особенно в холодный период года. Примером служат отрицательные аномалии средней месячной температуры воздуха в г. Иркутске в 2016 г. январь (-3,9 °С), октябрь (-4,8 °С). Возможно, что в исследованиях за более длительный период, включающий несколько циклов солнечной активности, степень статической связи между солнечной активностью и метеорологическими параметрами в г. Иркутске будет выше.

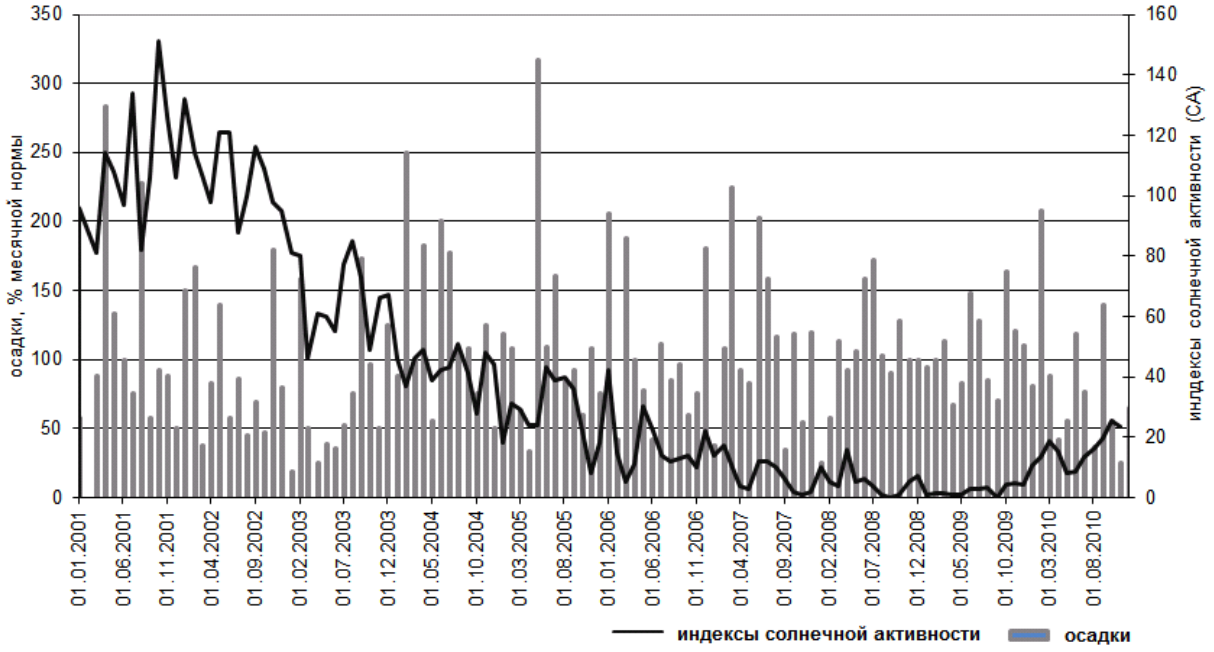


Рис. 2. Изменение индексов солнечной активности и атмосферных осадков в г. Иркутске в 2001–2010 гг.

Список литературы

1. *Безверхний В. А., Груздев А. Н.* О связи квазидесятилетних и квазидвухлетних колебаний солнечной активности и экваториального стратосферного ветра // ДАН. 2007. Т. 415, № 6. С. 809–813.
2. *Жеребцов Г. А., Коваленко В. А., Молодых С. И.* Влияние гелиогеофизических возмущений на термобарические и климатические характеристики тропосферы Земли // Косм. исслед. 2008. Т. 46, № 4. С. 368–377.
3. *Мартынюк В. С., Темурьянц Н. А., Владимирский Б. М.* У природы нет плохой погоды: космическая погода в нашей жизни. Киев : Изд. В. С. Мартынюк, 2008. 212 с.
4. *Мирошниченко Л. И.* Физика Солнца и солнечно-земных связей : учеб. пособие / под ред. М. И. Панасюка. М. : Унив. кн., 2011. 174 с.
5. *Мохов И. И., Смирнов Д. А.* Диагностика причинно-следственной связи солнечной активности и глобальной приповерхностной температуры Земли // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2008. Т. 44. № 3. С. 283–293.
6. *Мохов И. И., Безверхний В. А., Елисеев А. В., Карпенко А. А.* Модельные оценки возможных климатических изменений в XXI веке при различных сценариях солнечной и вулканической активности и антропогенных воздействий // Косм. исслед. 2008. Т. 46, № 4. С. 363–367.
7. *Фоменко А. А., Курбацкая Л. И.* Влияние солнечной активности на термический режим высоких широт Северного полушария // Вычисл. технологии. 2006. Т. 11, № S7. P. 96–103.
8. *Barriopedro D., Garcia-Herrera R., Huth R.* Solar modulation of Northern Hemisphere winter blocking // J. Geophys. Res. 2008. Vol. 113, N D14. D14118.
9. *Calisto M., Usoskin I., Rozanov E.* Influence of Galactic Cosmic Rays on atmospheric composition and dynamics // Atmos. Chem. Phys. 2011. Vol. 11, N 9. P. 4547–4556.
10. *Cubasch U., Voss R., Hegerl G. C.* Simulation with an O_AGCM of the influence of variations of the solar constant on the global climate // Clim. Dyn. 2007. Vol. 13. N 11. P. 757–767.
11. *Haigh J. D., Winning A. R., Toumi R.* An influence of solar spectral variations on radiative forcing of climate // Nature. 2010. Vol. 467. N 7316. P. 696–699.
12. *Kodera K.* On the origin and nature of interannual variability of winter stratospheric circulation in the northern hemisphere // J. Geophys. Res. 1995. Vol. 100. N D7. P. 14077–14087.
13. *Krivolutsky A., Kuminov A., Vyushkova T.* Ionization of the atmosphere caused by solar protons and its influence on ozonosphere of the Earth during 1994–2003 // J. Atmos. Solar. Terr. Phys. Vol. 67, N 1–2. P. 105–117.
14. URL: http:/ www. wdcb.ru/stp/data/solar. act/sunspot/ (дата обращения: 01.10.2018)
15. URL:http://www. pogodaiklimat.ru/monitor. php?id=30710 (дата обращения: 22.08.2018)

УДК 551.515(571.53)

Условия образования метелей на территории Иркутской области

И. В. Латышева (ababab1967@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Обсуждаются метеорологические и синоптические аспекты метелевой деятельности на территории Иркутской области в современный период. В качестве характеристик метелей рассматриваются повторяемость и непрерывная продолжительность метелей, особое внимание уделяется анализу синоптических условий и влиянию орографии в образовании метелей в различных районах области.

Ключевые слова: метели, скорость ветра, тыл циклона, восточная периферия антициклона, холодный фронт, Иркутская область.

Введение

Метели относятся к числу одних из наиболее опасных явлений погоды на территории Иркутской области, так как в условиях сильного ветра и ухудшения видимости оказывают негативное воздействие на различные сферы деятельности человека [4]. Вызывая снежные заносы, они могут привести к нарушению регулярного железнодорожного и автомобильного сообщения. Такие явления, связанные с метелями, как волнение и обледенение, существенно затрудняют работу морского и речного транспорта. Так называемые «ветровалы» приводят не только к гибели части леса, но и его загрязнению поваленными деревьями. Следует отметить, что метели нередко наносят сильный урон заповедникам и заказникам, расположенным на территории Иркутской области.

Метель – очень сложное природное явление. Ветровой поток с включением снега ведет себя иначе, чем без включения снежных частиц, так как метелевые снежинки влияют на скорость ветра, уменьшая турбулентность нижних слоев атмосферы. Испарение метелевых частиц и выделение дополнительной энергии сублимации изменяет тепловое состояние атмосферы [1].

Механика метелей тесно связана со сложными в математическом описании процессами, относящимися к снеговедению, теории дефляции почв, микрофизики снега, теории турбулентности нижних слоев атмосферы и др. [3] Трудность получения данных наблюдений, а порой и практически полное отсутствие возможности проведения физических экспериментов, значительно усложняют проверку теоретического анализа указанных процессов. Понимание процессов, связанных с формированием метелей, может привести к улучшению прогноза метеорологических характеристик в период метелей, часто встречающихся на территории северных стран [2].

Образование метелей зависит не только от силы ветра, но и от того, насколько снег является сыпучим и легким материалом, который легко поднимается ветром с поверхности Земли. В некоторых случаях, когда выпавший снег сухой и сыпучий, уже при ветре со скоростью ~5 м/с могут возникнуть поземок и даже низовая метель. В других случаях, например, при оттепели, снег не может быть поднят даже сильным ветром. Поэтому прогноз метелей основывается на прогнозе ветра с учетом состояния снежного покрова.

Следует отметить, что исследование метеорологических и синоптических условий образования метелей на территории Иркутской области в настоящее время не проводится. Учитывая, что климатические условия существенно изменяются, и метели оказывают существенное влияние на различные сферы деятельности человека, необходимо проводить регулярные исследования метеорологических и синоптических условий их возникновения с целью улучшения качества прогноза и предотвращения возможных последствий от этих возникновения.

Постановка задачи

Целью данной работы явилось изучение пространственно-временных особенностей распределения метелей по территории Иркутской области, оценка характеристик ветрового режима метелей в разных физико-географических районах области, исследование синоптических условий образования.

В качестве исходного материала были использованы данные метеорологических наблюдений на станциях Непа, Киренск, Казачинское, Тайшет, Тангуй, Тулун, Зима, Баяндай, Сарма, Инга, Иркутск, Хамар-Дабан за период 2000–2016 гг., предоставленные Иркутским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Исследование синоптических и метеорологических условий возникновения метелей проводилось по данным наблюдений ст. Киренск, Иркутск и Тайшет, расположенным соответственно в северном, южном и западном районах Иркутской области.

Обсуждение результатов

Пространственные особенности распределения среднего числа дней с метелями показывают значительную изменчивость по территории Иркутской области (рис. 1). Установлено, что в исследуемый период чаще всего метели отмечались в широких открытых ветрам речных долинах (ст. Киренск, Зима), на открытом побережье озера Байкал (ст. Танхой, Исток), где в среднем за год наблюдается от 20 до 26 дней с метелями. Реже всего метели наблюдались в защищенных горных долинах – от 1 до 4 дней. На остальной территории области в течение года отмечается в среднем от 10 до 20 дней с метелями. Значения средних квадратических отклонений числа дней с метелями изменялись по территории области в среднем от 3 до 12 дней.

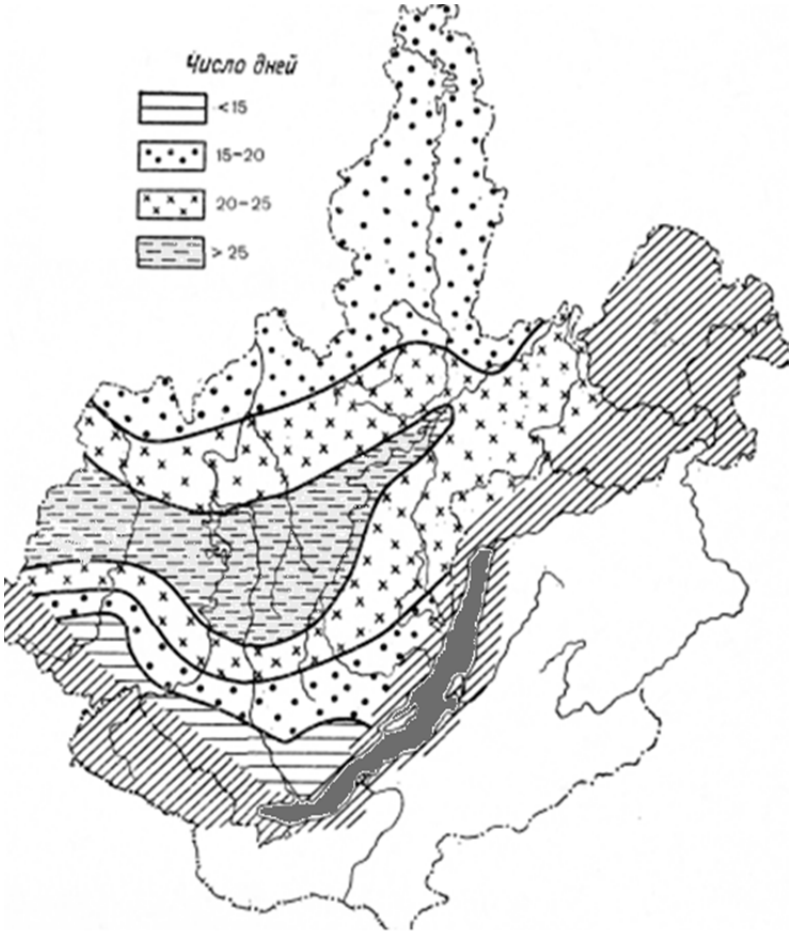


Рис. 1. Среднее годовое число дней с метелью [4]

В годовом распределении числа дней с метелями максимум чаще всего наблюдается в период с ноября по январь, на ряде станций смещается на март. В октябре и мае метели бывают не ежегодно, за исключением метеорологических станций Восточного Саяна (Покровский Прииск, Ильчир) и расположенных на побережье оз. Байкал (Бабушкин, Выдрино).

С точки зрения прогнозирования метелей практический интерес представляют характеристики ветра и непрерывной продолжительности метелей. Установлено, что наибольшая повторяемость (40–55 %) приходится на метели продолжительностью ≤ 3 ч. Повторяемость метелей продолжительностью ≥12 ч составляет от 1 до 10 %, в ряде пунктах достигает 20 %. Исследование ветрового режима показало, что чаще всего метели на территории области отмечались при северо-западных ветрах и скоростях ветра 6–9 м/с. На отдельных станциях (Сарма, Инга) в силу местных особенностей рельефа метели нередко сопровождались усилением ветра ≥20 м/с.

Наиболее сильные ветры и метели, распространяющиеся по территории всей Иркутской области, наблюдаются при северо-западных вторжениях арктических воздушных масс. При прохождении центров «ныряющих» циклонов по северу области метели наблюдаются в западных и северных районах, а при смещении центра циклона на восточные районы Монголии метели и сильные ветры захватывают всю территорию.

Синоптический анализ приземных карт показал, что в северных районах во всех случаях сильные ветры и метели наблюдались при прохождении динамически значимого холодного фронта, тогда как в южных районах в 60 % случаев на восточной периферии антициклона при сближении с циклоном, расположенным на Забайкалье, когда значительно усиливаются термические и барические градиенты, в 40 % случаев это также быстро смещающиеся холодные фронты. В западных районах в большинстве случаев возникновение метелей отмечается в тылу циклона (50 %) и приблизительно по 16–17 % случаев приходится на восточную периферию антициклона, прохождение меридионально ориентированных холодных фронтов и на зону конвергенции потоков при сближении двух барических систем.

Метели в г. Иркутске в последние годы отмечались в период с ноября по апрель с максимум повторяемости в январе и в декабре (рис. 2). В течение суток метели могут возникать в любое время, но все же максимум их повторяемости отмечается в период с 11 до 18 часов местного времени, т. е. в дневные и вечерние часы суток. В январе, феврале и марте средняя продолжительность метели в большинстве случаев не превышает 1 часа, в декабре и феврале могут отмечаться метели непрерывной продолжительностью 3–4 часа. В 75 % случаев метели сопровождаются северо-западным ветром 300–300° со средней скоростью 6–9 м/с, в 15 % случаев отмечаются при ветре 250–290º со средней скоростью 6–9 м/с и в 10 % случаев при усилении северо-западного ветра 300–330º до 10–15 м/с.

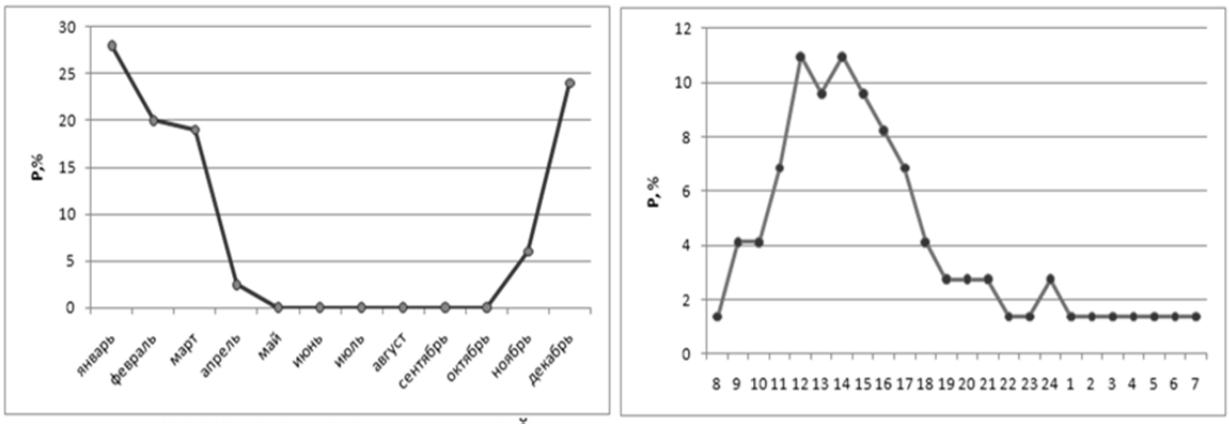


Рис. 2. Средняя повторяемость (%) метелей в г. Иркутске
в течение года (левый рисунок) и в течение суток (правый рисунок) в 2000–2016 гг.

Выводы

Метели – одно из наиболее опасных явлений погоды на территории Иркутской области в холодный период года, максимум повторяемости которых отмечается в ноябре и марте при усилении циклонической деятельности, и, как следствие, при увеличении термических и барических градиентов. Чаще всего метели наблюдаются при усилении северо-западного ветра в тыловой части ныряющих циклонов либо на восточной периферии Азиатского антициклона при развитии его гребня на территорию Забайкалья и Якутии.

В орографическом отношении метели наиболее часто отмечаются в широких открытых ветрам речных долинах и на побережье озера Байкал, в горных районах ветер при метелевой деятельности отражает направленность горных хребтов и долин, например, на ст. Хамар-Дабан – северный и северо-восточный ветер, а на ст. Киренске – юго-западный ветер.

На большинстве станций метели наблюдаются при скоростях ветра менее 9 м/с. Усиление ветра более 20 м/с отмечалось преимущественно на станциях Сарма и Инга при обострении холодного фронта в условиях резко расчлененного рельефа.

Список литературы

1. *Бычкова В. И., Рубинштейн К. Г.* Предварительные результаты испытания алгоритма краткосрочного прогноза метелей // Метеорология и гидрология. 2013. № 6. С. 30–42.
2. *Бычкова В. И., Перов В. Л., Рубинштейн К. Г.* Численное моделирование возникновения и развития снежной метели при помощи модели WRF-ARW // Тр. Гидрометцентра России. 2015. № 353. С. 46–63.
3. *Дюнин А. К.* Механика метелей. Новосибирск : Изд-во СО АН СССР. 1963. 378 с.
4. *Кошинский С. Д., Дробышев А. Д.* Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала. Ч. 2. Л. : Гидрометеоиздат, 1986. 383 с.

УДК 551.50:551.581

Погодные и климатические факторы возникновения и распространения лесных пожаров в Иркутской области

И. В. Латышева (ababab1967@mail.ru), Л. В. Голубева (tatun0203@yandex.ru), Теа Мишель (thearusse@gmail.com)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Проанализированы погодные и климатические условия теплого периода года с точки зрения их влияния на вероятность возникновения и распространения лесных пожаров на территории Иркутской области. Впервые дана оценка пространственным особенностям распределения характеристик влажности воздуха, как одного из ключевых факторов, влияющих на степень пожарной опасности. Выделены типы синоптических процессов засушливых и влажных периодов по данным 57 метеорологических станций за 1957–2016 гг. Установлено, что современные изменения климата характеризуются повышением атмосферного давления в теплый период, и, как следствие, могут способствовать усилению засушливости территории Иркутской области, определяющей более высокий уровень пожарной опасности в регионе.

Ключевые слова: парциальное давление водяного пара, относительная влажность воздуха, антициклон, барический гребень, лесные пожары, Иркутская область.

Введение

Иркутская область является одной из крупнейших в стране по площади расположенных на её территории лесов (71,5 млн га) и отличается высокой лесистостью своих территорий. Общий запас древесины составляет 9 млрд м^3, в том числе запас спелых и перестойных насаждений основных лесообразующих пород – более 5 млрд м^3. По-

крытые лесной растительностью земли занимают 64,3 млн га, что составляет 83 % от территории области [1].

Основная часть территории Иркутской области (около 80 %) занята таёжными лесами [2]. Только в южных районах представлена лесостепная растительность. В лесах преобладают хвойные породы – сосна, лиственница, кедр, пихта, ель. Самыми интенсивными темпами по сравнению с другими лесными формациями сокращается площадь сосняков – наиболее ценной в эксплуатационном отношении древесной породы.

Анализ причин сокращения сосновых древостоев показал, что это результат вырубки, воздействия лесных пожаров, вредителей, болезней леса и других неблагоприятных факторов [3; 4]. Обращает внимание сокращение площади сосняков, одной из причин которого являются лесные пожары. В этой связи важно исследовать метеорологические и синоптические условия, как факторы, влияющие на возникновение и распространение лесных пожаров [5; 6].

Постановка задачи

Характерной особенностью климата Иркутской области является не только его резкая континентальность, которая проявляется в высоких годовых амплитудах температуры воздуха, но и значительная изменчивость сумм атмосферных осадков. Наиболее сложные условия для предотвращения и ликвидации лесных пожаров складываются при длительном сохранении теплой и сухой воздушной массы, что чаще всего наблюдается при блокирующих антициклонах [7].

В качестве метеорологических параметров, характеризующих режим увлажнения территории, чаще всего рассматривают парциальное давление водяного пара и относительную влажность воздуха. В этой связи в работе были проанализированы пространственные особенности распределения данных характеристик по территории Иркутской области. В качестве исходных данных были взяты средние значения указанных характеристик по данным 57 метеорологических станций в теплый период (апрель-сентябрь) 1957–2016 гг.

Обсуждение результатов

В распределении средних значений парциального давления водяного пара согласно рис. 1 в теплый период выявлены максимумы в западном районе Иркутской области – ст. Шиткино (9,95 гПа) и в южном районе – ст. Иркутск (9,86) и Патроны (9,81). Наименьшие значения парциального давления водяного пара ($e \leq 8$ гПа) отмечаются в северных, крайних северных и Верхне-Ленском районе.

Средние значения относительной влажности воздуха на территории Иркутской области в теплый период года варьируют от 65 % в южном районе и средней части оз. Байкал (Тулун, Хамакар, Баяндай, Сарма) до 78 % в северной части оз. Байкал (ст. Баргузинский заповедник, Большой Ушканий остров). Наименьшее относительное влагосодержание воздуха (65 %) в теплый период отмечается в северных, крайних северных районах (Ербогачен), южных районах (Баяндай, Иркутск) и на байкальской станции Сарма.

В работе были проанализированы синоптические условия, когда на территории Иркутской области отмечались минимальные и максимальные значения относительной влажности, т. е. соответственно наиболее и наименее благоприятные условия для возникновения и распространения лесных пожаров (табл.).

Оказалось, что наиболее вероятно возникновение засушливой погоды на территории области при развитии барического гребня, несколько меньшая повторяемость приходится на центр антициклона и тёплый сектор циклона. Это те типы барических полей, при которых летом происходит сильный прогрев, атмосферные осадки отсутствуют, т. е. формируются условия для длительного сохранения тёплой сухой воздушной массы, которая способствует высокой пожароопасности в Иркутской области. Минимальные значения относительной влажности воздуха в большинстве случаев отмеча-

лись в холодной и влажной воздушной массе на восточной периферии антициклона и при прохождении холодного атмосферного фронта и фронта окклюзии, в 12 % случаев такие условия были связаны со смещением теплых фронтов.

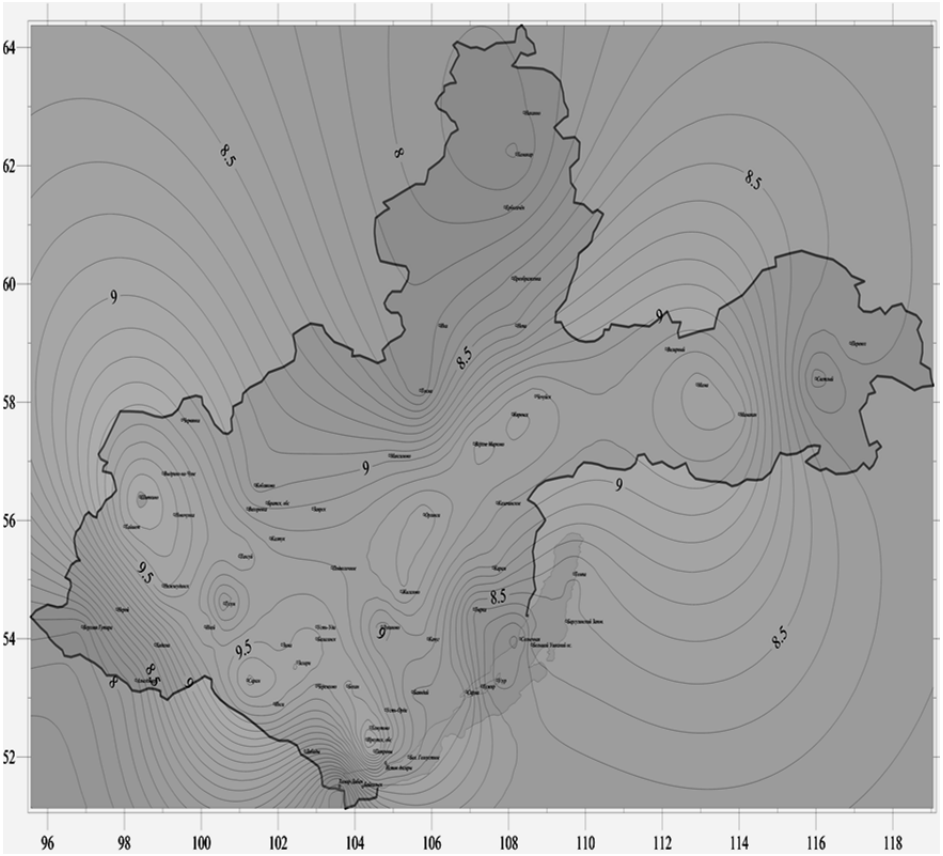


Рис. 1. Средние значения парциального давления водяного пара (гПа)
в теплый период (апрель-сентябрь) 1957–2016 гг.

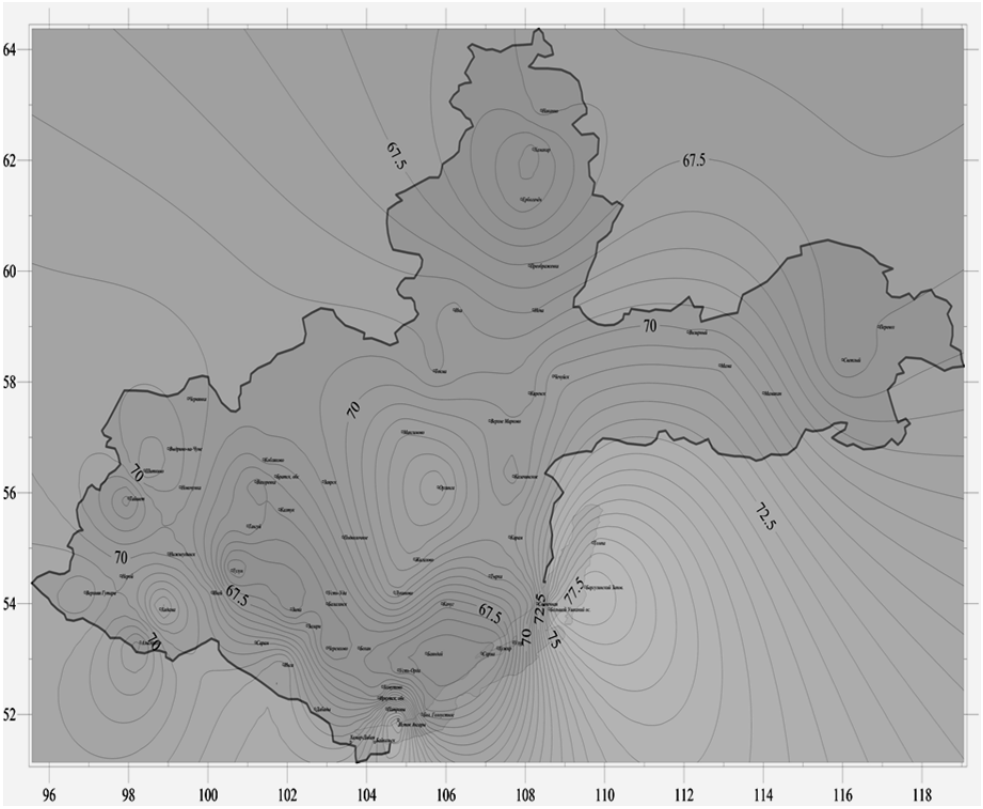


Рис. 2. Средние значения относительной влажности воздуха (%)
в теплый период (апрель-сентябрь) 1957–2016 гг.

Таблица

Повторяемость (%) различных типов приземного барического поля при максимальных и минимальных значениях относительной влажности воздуха на территории Иркутской области в 2000–2016 гг.

Тип барического поля	P, %
минимальные значения относительной влажности	
Гребень антициклона	44
Центр антициклона	28
Тёплый сектор циклона	18
Малоградиентное барическое поле	10
максимальные значения относительной влажности	
Восточная периферия антициклона	51
Холодный фронт	20
Фронт окклюзии	17
Тёплый фронт	12

В заключение были проанализированы современные климатические изменения приземного поля атмосферного давления, которые происходят на территории Иркутской области в тёплый период года. Установлено, что во все летние месяцы атмосферное давление растёт, что наглядно видно на рис. 3. Следовательно, увеличивается вероятность антициклонов и связанной с ними засушливой погоды.



Рис. 3. Изменения средних месячных значений атмосферного давления на ст. Иркутск в июне (а), июле (б) и августе (в) 1948–2016 гг. по данным Реанализа NCEP/NCAR

Выводы

Таким образом, современные тенденции изменений климата на территории Иркутской области характеризуются увеличением вероятности засушливых периодов в теплое время года на фоне повышения атмосферного давления. Наиболее засушливыми в исследуемый период (1957–2016 гг.) являлись северные, крайние северные, верхнеленские и южные районы Иркутской области.

Особо следует выделить высокую вероятность засух и связанных с ними лесных пожаров на побережье оз. Байкал, где расположены особо охраняемые природные зоны. Согласно ранее проведенным исследованиям, лесные пожары на особо охраняемой территории оз. Байкал наиболее вероятны в июне, июле и сентябре с преобладанием 4 класса, т. е. высокой вероятности возникновения лесных пожаров.

При прогнозировании засушливых и пожароопасных периодов следует учитывать такие типы синоптических процессов, как блокирующие гребни, центры антициклонов и теплый сектор преимущественно ныряющих циклонов.

Список литературы

1. *Онучин А. А.* Леса бассейна Байкала (состояние, использование и охрана) Красноярск : Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2008. 245 с.
2. *Побединский А. В.* Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья. М. : Наука, 1965. 268 с.
3. *Суворов Е. Г.* Проявление пирогенного фактора в динамике геосистем юго-западного Прибайкалья // География и природ. ресурсы. 2008. № 2. С. 66–73.
4. Трансформация структуры и экологических функций лесов Средней Сибири под воздействием пожаров / В. В. Фуряев, Ф. И. Плешиков, Л. П. Злобина, Е. А. Фуряев // Лесоведение. 2004. № 6. С. 50–57.
5. *Шевцов Е. Г., А. И. Сухинин, Е. И. Пономарев* Исследование влияния погодных условий на возникновение пожаров от гроз // Хвойные бореальной зоны. 2008. № 25(1–2). С. 47–50.
6. *Щеглова Е. Г.* О влиянии погодных условия на пожары природных объектов // Вестн. ОГУ. 2013. № 1(150). С. 166–170.
7. *Bouguenaya N., Benyahia M., Bouzidi M.* Synopsis of Fire's Forest in the Province of Sidi Bel Abbes. Analysis and Cartography // Journal of Agricultural Science and Technology. 2013. Vol. 3. P. 745–750.

УДК 551.515(571.53)

Основные факторы образования туманов и гроз на территории Иркутской области

К. А. Лощенко (loshchenko@bk.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Статья посвящена исследованию пространственных особенностей распределения числа дней с туманами и грозами по данным сети метеорологических станций Иркутской области за 2000–2015 гг. Полученные карты наглядно отражают вклад орографии и очаговый характер максимальных и минимальных значений в распределения туманов и гроз, который тесно согласуется с ранее выполненными исследованиями других авторов. На основе синоптического анализа приземных барических карт удалось выделить преобладающие типы атмосферных процессов формирования туманов и гроз в целом для территории исследуемого региона.

Ключевые слова: грозы, туманы, инверсии температур, вертикальные движения, феновый эффект, Иркутская область.

Введение

Туманы и грозы – явления, представляющие опасность для различных сфер деятельности человека, физический механизм образования которых до сих пор до конца не изучен, а успешность прогнозирования остается сравнительно низкой [3]. На территории Иркутской области на условия образования туманов и гроз заметное влияние оказывает рельеф, особенно в горных районах и вблизи побережий крупных водоемов и

рек [1]. Ухудшение видимости в туманах существенно осложняют условия взлета и посадки воздушных судов, а полеты в грозовых облаках категорически запрещены. Поэтому правильный учет условий возникновения туманов и гроз необходим для планирования, экономической эффективности и обеспечения безопасности функционирования различных отраслей экономики и транспорта [2].

В этой связи проведен анализ пространственных особенностей распределения среднего числа дней с грозой и туманом на территории Иркутской области за 2000–2015 гг. За этот же период проанализированы синоптические условия возникновения туманов и гроз на территории области, выделены преобладающие типы атмосферных процессов, что представляет практическую значимость для своевременного предупреждения данных погодных явлений.

Основные результаты

На рис. 1 показано распределение среднего числа дней с грозой и туманом на территории Иркутской области с учетом границ синоптико-климатических районов. В рассмотренный период отчетливо прослеживается максимум числа дней с грозой (7) в западном районе Иркутской области (Нижнеудинск) и предгорьях Восточных Саян, где сказывается эффект вынужденного восхождения в развитии орографической конвекции. Минимальное количество дней с грозой (2–3) отмечалось в лесостепной засушливой зоне (ст. Узур и Бохан) южного района области и по долине р. Ангары (Свирск, Заваль и Октябрьск).

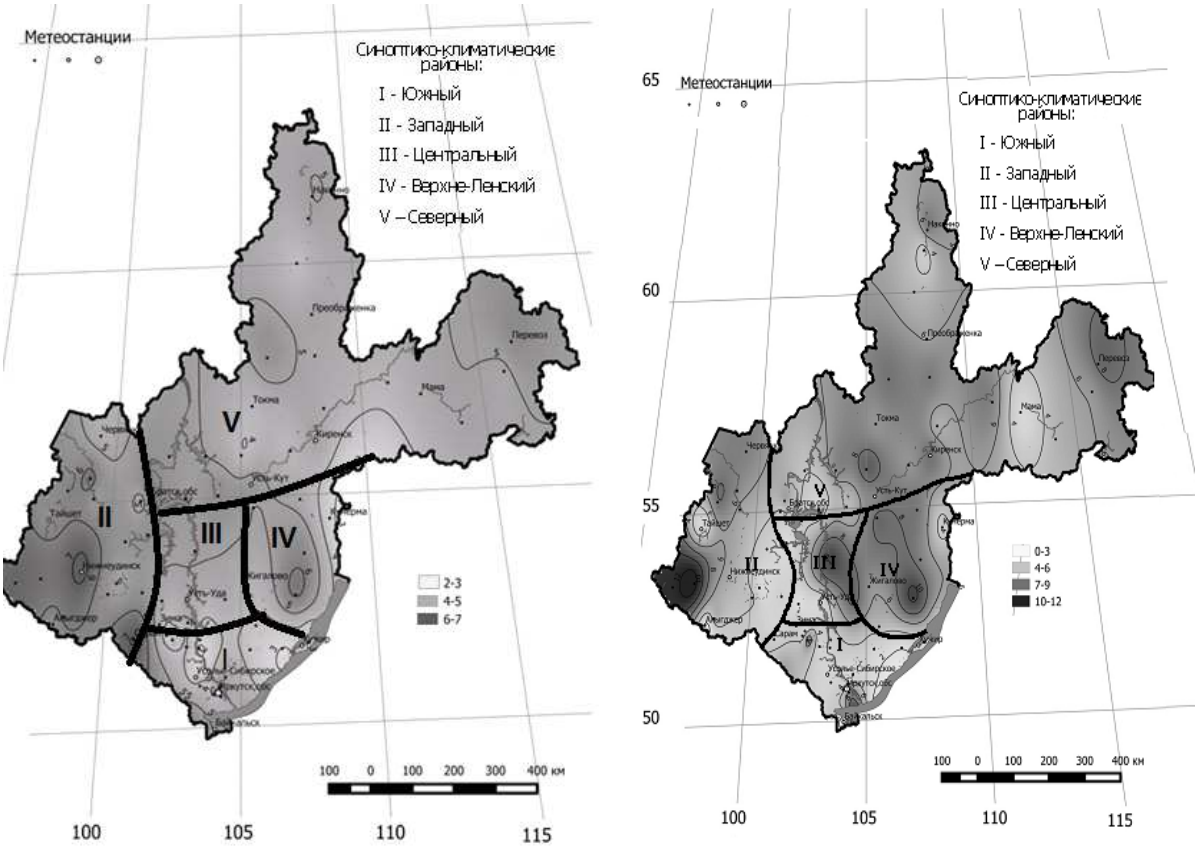


Рис. 1. Среднее число дней с грозой (левый рисунок) и с туманом (правый рисунок) в Иркутской области в 2000–2015 гг.

Выделяется минимум гроз на побережье оз. Байкал (Баргузинский Заповедник, Большой Ушканий остров, Маритуй), где в теплый период года над более холодной поверхностью водоема наблюдаются задерживающие слои инверсии, нисходящие потоки способствуют размыванию облачности и препятствуют развитию конвекции.

В распределении числа дней с туманом также отчетливо выделяются локальные очаги максимумов (11–12) на байкальской станции Исток Ангары, в горных котловинах и долинах Восточного Саяна, где в утренние часы скапливается холодный и влажный воздух. Минимальное число дней с туманом (1–2) было зафиксировано на прибайкальских станциях Еланцы и Большое Голоустное, а также на подветренных склонах Восточных Саян (ст. Алыгджер), где в уменьшении числа дней с туманом сказывается эффект удаления воздуха от состояния насыщения влагой в условиях нисходящих потоков на подветренных склонах гор.

Анализ синоптических процессов, с которыми связано образование гроз и туманов, показал следующее. Несмотря на большое разнообразие типов атмосферных процессов, чаще всего грозы имеют фронтальный характер и связаны с прохождением хорошо выраженного в контрастах температур (≥16 °С/1000 км на изобарической поверхности АТ–850 гПа) холодного атмосферного фронта (рис. 2). В этих случаях в зоне фронтальных грозовых облаков получали развитие восходящие потоки (≥-54 гПа/12 час. на уровне изобарической поверхности АТ–850 гПа), которые способствовали развитию конвективной облачности по вертикали.

Туманы образуются преимущественно в малоградиентном поле повышенного атмосферного давления, в основном после прохождения холодного фронта и выпадения атмосферных осадков. Важной составляющей является наличие влажной воздушной массы (дефициты ≤2–3 °С у поверхности Земли) и нисходящих потоков (≥+50 гПа/12 час. на АТ–850 гПа), которые приводят к размыванию облачности, и в условиях слабого ветра, наличия приземной и приподнятой инверсии температур рассматриваются как основные факторы образования туманов в Иркутской области.

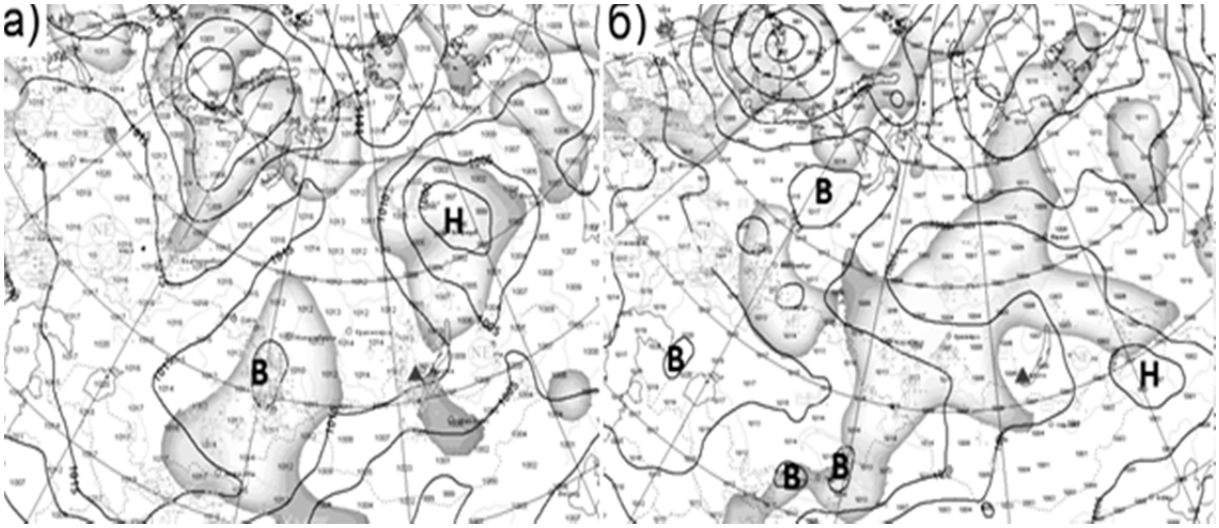


Рис. 2. Примеры приземной карты давления при образовании гроз (а) и туманов (б) на территории Иркутской области

Заключение

Территория Иркутской области характеризуется значительной пространственной неоднородностью в распределении туманов и гроз, что следует учитывать при планировании различных видов экономики, транспорта и развития сельского хозяйства. Картирование территории позволило выделить локальные очаги максимумов в распределении туманов и гроз, преимущественно в горных районах и на побережье оз. Байкал. Ухудшение видимости при туманах чаще всего отмечаются во вторую половину лета и в начале зимы в условиях малоградиентных полей повышенного атмосферного давления после выпадения атмосферных осадков и смены адвекции холода на адвекцию тепла. Грозы представляют наибольшую опасность в летние месяцы. Хотя чаще они наблюдаются в послеполуденные и вечерние часы, характер происхождения гроз в Иркутской области преимущественно фронтальный.

Список литературы

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М. : Роскартография ; Иркутск. : Ин-т географии СО РАН. 2004. 90 с.
2. *Баранов А. М., Солонин С. В.* Авиационная метеорология. Л. : Гидрометеоиздат, 1981. 384 с.
3. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации / под ред.: К. Г. Абрамович, А. А. Васильева. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. 304 с.

УДК 551.577(5)

Многолетние изменения сильных осадков в летний период на Азиатской территории России

Ю. К. Макарова (yuliya.makarova.1997@bk.ru),
Е. А. Кочугова (kochugovae@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Исследуются многолетние изменения сильных осадков летом на территории азиатской России за период с 1960 по 2016 г. Дается обзор чрезвычайных ситуаций, обусловленных выпадением сильных и продолжительных ливней, наблюдавшихся на АТР за последние пять лет. Проведен анализ пространственно-временной изменчивости атмосферных осадков суточного разрешения на основе данных наблюдений метеостанции, расположенных вдоль широт 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70° с. ш. Проанализированы случаи выпадения осадков, превышающих 15 мм в сутки.

Ключевые слова: атмосферные осадки, изменение климата, Азиатская территория России

Введение

Наблюдаемое в течение последних десятилетий потепление климата неразрывно связано с изменениями звеньев гидрологического цикла, такими как: повышение содержания водяного пара в атмосфере, увеличение испарения, а также частоты и интенсивности атмосферных осадков. Географически эти изменения неоднородны как по регионам, так и по сезонам.

Согласно сценарным прогнозам, представленным в докладах по изменению климата, в XXI в. количество осадков на территории России в целом будет увеличиваться [3; 5; 6]. Многие модельные проекции климата показывают рост интенсивности осадков особенно в высоких и средних широтах. К середине века существенное увеличение атмосферных осадков ожидают в восточных и северных регионах России. Повторяемость экстремальных осадков в летний сезон увеличится на 2–6 % на всей территории России по отношению к суточным сумма в конце XX в. Это указывает на то, что экстремальные осадки летом станут более редкими, но более интенсивными [6].

В данной работе мы рассмотрим изменение частоты и величины суточных максимумов осадков на территории азиатской России.

Азиатская территория России (АТР) простирается от Урала до Тихого океана, включая в себя Западную Сибирь, Восточную Сибирь и Дальний Восток. Площадь исследуемого макрорегиона равна 13,1 млн км^2, что составляет три четверти территории нашей страны [9] и превышает территорию любого государства мира. Большая протяженность региона, сочетание долин, плоскогорий, горных хребтов, низменностей и равнин определяют большое разнообразие условий солнечной радиации, атмосферной циркуляции и особенностей климата. На большей части АТР преобладает континентальный климат со значительными сезонными колебаниями температурного и гидрологического режимов.

Изменение атмосферных осадков на Азиатской территории России

Исследованиям изменений климата на АТР посвящено большое количество опубликованных работ. Их анализ позволил заключить, что изменение среднегодовой температуры имеет тенденцию к повышению, а давления и осадков к понижению.

На рисунке 1 приведено географическое распределение локальных коэффициентов линейного тренда годовых сумм осадков за период с 1976 по 2017 г. Оценки получены для относительной аномалии осадков, рассчитанной по станционным данным о годовых суммах осадков, выраженным в процентах от соответствующих годовых норм 1961–1990 гг. Как видно из рисунка (см. рис. 1), в изменении годовых сумм осадков на АТР преобладает тенденция к увеличению с хорошо выраженными очагами в Якутии, на побережье Охотского моря (более 5 % нормы за 10 лет). Тенденция к убыванию осадков отмечается на побережье Восточно-Сибирского моря и в Забайкалье [2; 4].

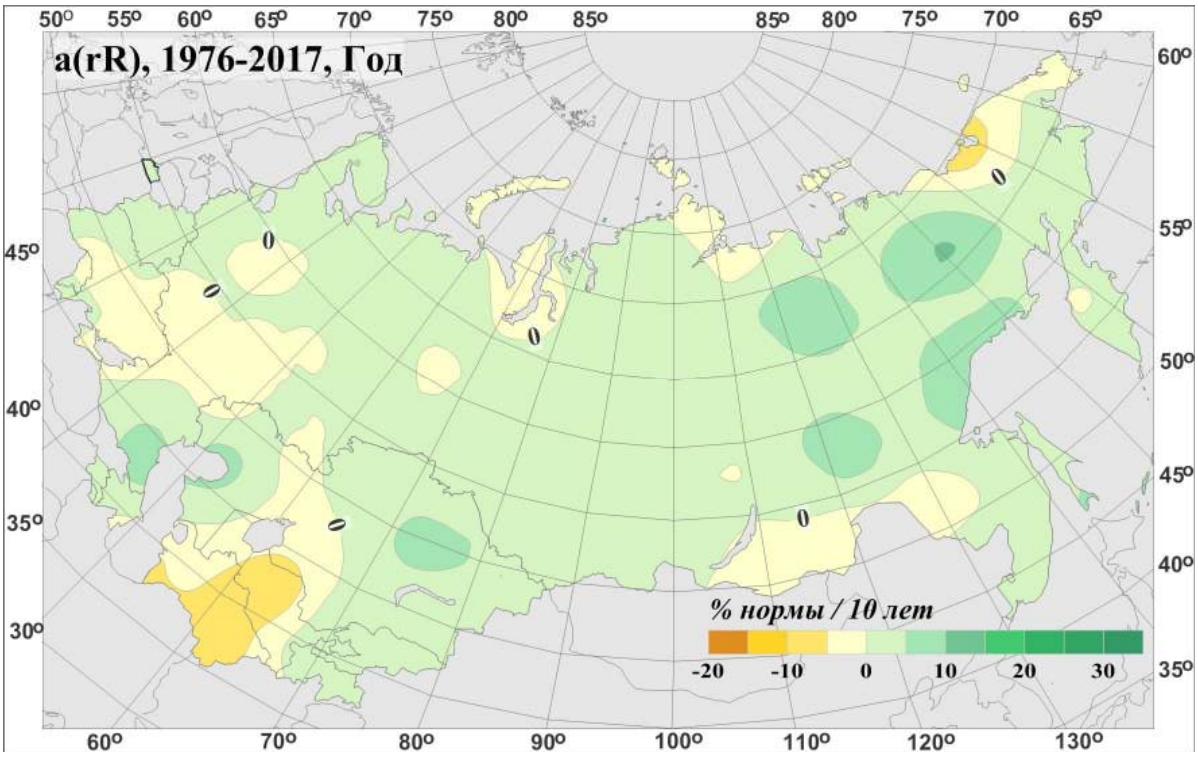


Рис. 1. Географическое распределение коэффициента линейного тренда годовых сумм атмосферных осадков за 1976–2017 гг. (% от нормы за 10 лет) [4]

На фоне происходящих изменений возрастает продолжительность обильных осадков. В работе [1], рассматривающей продолжительность осадков различных градаций интенсивности на территории России показано, что наибольший рост сильных осадков наблюдается в Центральной Сибири, Забайкалье и Прибайкалье. Увеличение продолжительности очень сильных осадков происходит на Северо-Востоке России и на Дальнем Востоке. Следует указать, что под сильной и очень сильной градациями авторы принимали осадки, интенсивность которых составляла от 6 до 60 мм/ч и более 60 мм/ч соответственно.

Естественно, текущие изменения атмосферных осадков находят свое отражение в увеличении стихийных гидрометеорологических явлений – наводнений, засух и др. В таблице 1 представлен краткий обзор чрезвычайных ситуаций на АТР за последние пять лет, обусловленных выпадением сильных и продолжительных дождей. Информационной основой обзора послужили данные, опубликованные на официальном сайте ВНИИГИИ–МЦД [8].

Таблица 1

Стихийные гидрометеорологические явления, обусловленные сильными и продолжительными осадками, наблюдавшиеся на территории АТР, летом 2011–2017 гг.

Год	Краткая характеристика стихийного явления и его последствия
2017	Сильные ливни и продолжительные дожди отмечались в течение августа в разных регионах страны: 2 августа – Рощино Приморского края (74 мм); 3 августа – Бира Еврейской АО (67 мм); 7–8 августа – Хабаровск (70 мм). 6–7 августа сильные дожди прошли по юго-западу Приморского края, выпало 50–250 мм осадков. Дожди вызвали наводнение в Уссурийске: припаркованные автомобили ушли под воду, затоплены первые этажи домов, отменены автобусные рейсы и электрички. 8–10 августа сильные дожди (50–59 мм) прошли на большей части Иркутской области.
2016	4–7 июля дождевые паводки отмечены на р. Селемдже в Амурской области. В Амурской области сильные и продолжительные дожди наблюдались 11 июля. В Тынде, например, за 34 ч 20 мин выпало 103 мм осадков. 11 августа Малиновка Амурской области (70 мм за 1 ч); 20 августа Кличи Камчатского края (100 мм за 3 ч 6 мин). Продолжительные дожди в Танхое (Бурятия), когда за 48 час выпало 286 мм осадков, вызвали подтопление сельскохозяйственных угодий, дорог, подъем уровня воды в реках. 13–14 августа сильные дожди (57–131 мм) и 21 августа (77–89 мм) прошли в Приморском крае. 28 августа на Приморье вышел очередной тайфун «Лайонрок», который принес сильнейшие дожди (107–184 мм). В районах Приморья, по которым прошел мощный циклон, пришлось вводить режим чрезвычайной ситуации. Местами количество выпавших осадков превысило четыре месячные нормы, в Сосуново, например, выпало 286 мм осадков. Из берегов вышли 15 крупных рек. Подтоплены десятки домов, размыты дороги, разрушены мосты, несколько населенных пунктов были отрезаны от внешнего мира.
2015	4 июля уровень воды в р. Иртыш у Ханты-Мансийска достиг 955 см при опасной отметке 913 см; р. Обь – 1193 см (ОЯ 1180); 16 июля р. Кия (Хабаровский край – 442 см (ОЯ 440); 18–20 июля р. Подхоренок – 610 см (ОЯ 570). Сильные дожди также прошли 3–4 августа в Амурской области (82 мм за 12 часов), 11 августа в Приморском крае (66 мм за 12 часов), 16–17 августа сильные и продолжительные дожди наблюдались в Иркутской области и Забайкалье, выпало от 42 до 149 мм осадков. 18–19 августа в течение двух суток не прекращались дожди в Свердловской области (50–147 мм или 80–230 % месячной нормы).
2014	В Магаданской области в июне наблюдалось повышение уровня воды в р. Колыма (682 см при ОЯ 670 см), на севере Камчатского края в р. Пенжина (913 см при ОЯ 725 см). Настоящее бедствие разразилось в последние дни мая – начале июля на юге Западной Сибири. Из-за проливных дождей сильнейшее наводнение началось в Алтайском крае. Пострадали 453 объекта социальной сферы и инфраструктуры, 13,9 тысячи жилых домов. Паводковыми водами было размыто более 30 автодорог, нарушено транспортное сообщение с 22 населенными пунктами. Сотрудники МЧС эвакуировали более 20 тыс. местных жителей. Ущерб составил более 5 млрд руб. 21–22 июля сильные дожди (51–100 мм) прошли в Хабаровском крае и Амурской области. 22 июля проливные дожди обрушились на прибрежные районы Магаданской области, за 2 суток выпало 196–225 мм. Инфраструктуре региона нанесен значительный ущерб. 25–26 августа сильные дожди прошли на востоке Забайкальского края и в Амурской области, в результате сформировался дождевой паводок на р. Чара (474 см против ОЯ 470 см).
2013	В последней декаде июля наводнение в Амурской области. Причиной наводнений явились аномальные изменения циркуляции воздушных масс над югом российской Сибири и Дальним Востоком. В Амурской области, на юге Хабаровского края выпало 2–2,5 месячных нормы осадков. В результате активизировались одновременно все паводочные области бассейна Амура: верхний Амур, Зея, Бурея, Уссури и Сунгари. В конце июля паводковая ситуация образовалась на верхнем Амуре и Бурее. В августе масштабное наводнение охватило бассейн Среднего и Нижнего Амура, включая крупнейший правобережный приток р. Сунгари. Наблюдавшиеся уровни воды на 1,5–2 м превзошли исторические максимумы, ширина разлива рек местами составила 15–30 км. Затоплению последовательно подверглись даже самые крупные города региона (Благовещенск, Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре). Материальный ущерб от крупнейшего в истории наблюдений на Дальнем Востоке наводнения составил в Амурской области 17 млрд руб., в Хабаровском крае – 14,6 млрд руб. в Еврейской АО – 3,2 млрд руб. Сильные дожди на востоке Якутии, в Магаданской области и Забайкалье вызвали дождевые паводки на рр. Индигирка, Колыма, Аргунь.

Сведения из таблицы (см. табл. 1) указывают на рост числа экстремальных погодных ситуаций, определяемых изменениями гидрологического цикла, и, прежде всего, – атмосферными осадками. Эти изменения оказывают влияние как на климатическую систему, так и на различные стороны жизнедеятельности человека. Поэтому

необходимость исследований региональных особенностей повторяемости и интенсивных сильных осадков сегодня не вызывает сомнений. Полученные результаты могут стать основой для разработки локальных стратегий уменьшения риска с целью создания устойчивой инфраструктуры – дорог, мостов и др., планирования землепользования, определения соответствующих строительных норм и т. д.

Исходный материал для исследования

Для характеристики региональных изменений климата были использованы данные ежедневных наблюдений за атмосферными осадками за период с 1960 по 2016 г. Из архива Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (meteo.ru) было отобрано более 30 метеорологических станций, с учетом их местоположения (рис. 2).

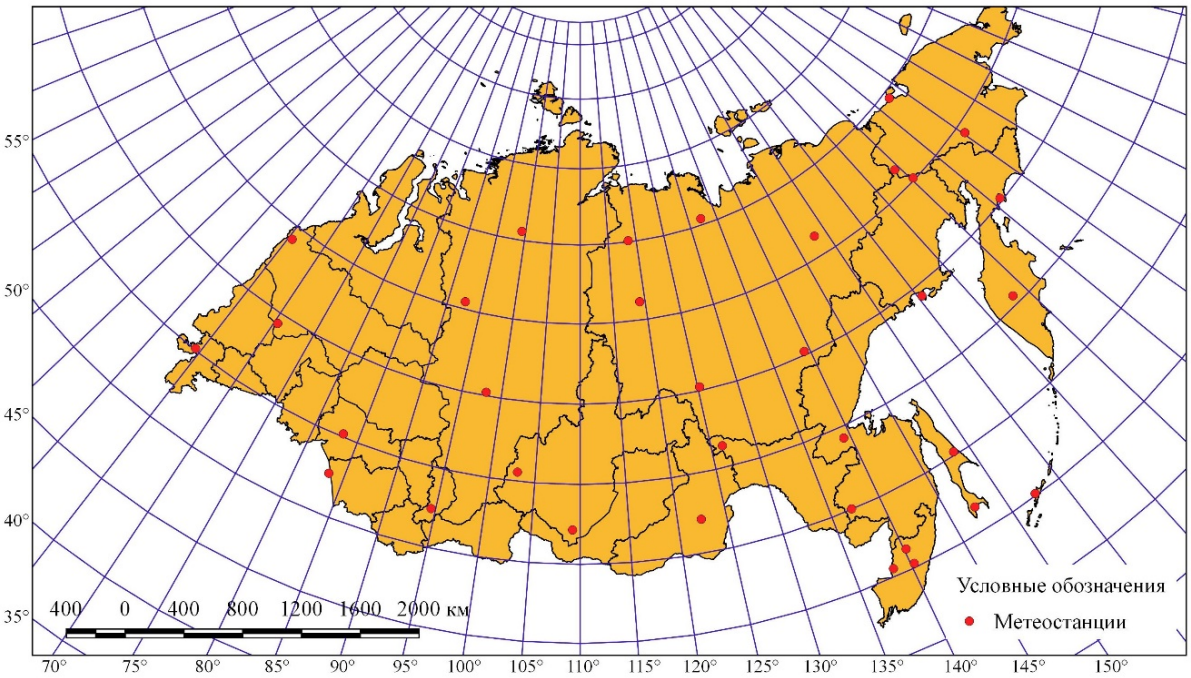


Рис. 2. Карта-схема расположения метеостанций

Мы выбрали метеорологические станции, расположенные вдоль широт 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70° с. ш. Учитывая, что получить профили вдоль строго определённой широты или долготы практически невозможно, при выполнении подобных работ делаются определённые допущения, позволяющие построить необходимые пространственные разрезы с некоторым приближением. Так, профиль более правильно назвать «с тенденцией к широтному». *Профиль 45°* включает следующие пункты: Дальнереченск (45°52' с. ш., 133°04' в. д.); Красный Яр (46°32' с. ш., 135°19' в. д.), Мельничное (45°27' с. ш., 135°30' в. д.), Южно-Сахалинск (46°57' с. ш., 142°43' в. д.), Курильск (45°15' с. ш., 147°53' в. д.). *Профиль 50°* сформирован станциями: Славгород (52°58' с. ш., 78°39' в. д.), Иркутск, обс. (52°16' с. ш., 104°21' в. д.), Сретенск (52°14' с. ш., 117°42' в. д.), Сутур (50°04' с. ш., 132°08' в. д.), Пограничное (50°24' с. ш., 143°46' в. д.). *Профиль 55°* состоит из метеорологических станций: Златоуст (55°10' с. ш., 59°40' в. д.), Барабинск (55°20' с. ш. 78°22' в. д.), Тайшет (55°57' с. ш., 98°00' в. д.), Усть-Нюкжа (56°35' с. ш., 121°29' в. д.), Удское (54°30' с. ш., 134°25' в. д.), Эссо (55°55' с. ш., 158°43' в. д.), а *профиль 60°* Леуши (59°37' с. ш, 65°43' в. д.), Северо-Енисейский (60°23' с. ш., 93°02' в. д.), Олекминск (60°24' с. ш., 120°25' в. д.), Усть-Мая (60°23' с. ш., 134°27' в. д.), Магадан (59°33' с. ш., 150°47' в. д.). *Профили 65° и 70°* состоят из станций Саранпауль (64°17' с. ш., 60°53'в. д.), Туруханск (65°47' с. ш., 87°56' в. д.), Шелагонцы (66°15' с. ш.,114°17' в. д.), Усть-Мома (66°27' с. ш., 143°14' в. д.), Омолон (65°14' с. ш., 160°32' в. д.), Марково

(64°41' с. ш., 170°25' в. д.), Волочанка (70°58' с. ш., 94°30' в. д.), Джалинда (70°08' с. ш., 113°58' в. д.), Кюсюр (70°41' с. ш.,127°24' в. д.) и Остров Айон (69°56' с. ш., 167°59' в. д.) соответственно.

Исследование региональных особенностей повторяемости и интенсивности атмосферных осадков на территории азиатской России выполнено на примере летних месяцев. Именно в этот период на АТР наблюдается годовой максимум осадков. Это связано с большим вкладом летней конвекции – механизма, приводящего к сильным, но кратковременным ливням. Последние могут наносить колоссальный ущерб как городскому, так и сельскому хозяйству. В частности, приводить к затоплению участков, полей, а позднее способствовать гибели сельскохозяйственных культур; в городских условиях – к затоплению цокольных помещений, первых этажей, подземных переходов, размытию дорожного полотна и т. п. Кроме того, продолжительные ливневые осадки, часто сопровождаются градом, и способны нанести огромный урон по бюджету определенного субъекта Российской Федерации и по бюджету страны в целом.

Результаты и обсуждение

В работе был проведен статистический анализ изменений режима осадков за летний сезон (табл. 2). Среднее значение суточного максимума осадков на территории азиатской России летом не превышает 5,2 мм (Красный Яр, август), а в среднем за сутки в данном регионе выпадет 2,3 мм.

Для распределения суточного максимума по АТР характерна широтная зональность. С увеличением широты значение среднего суточного максимума осадков уменьшается. Если на широте 45° последний составлял 3,5 мм, то на широте 70° в среднем за сутки выпадает только 1,5 мм, что в 2,3 раза меньше. В редких случаях суточный максимум осадков может достигать рекордных значений. Очаг наибольших значений суточных максимумов расположен на Дальнем Востоке. Так, абсолютный суточный максимум для исследуемого региона составляет 131 мм. Такое количество выпало на станции Южно-Сахалинск 23 августа 2001 г. и составило 131 % от месячной нормы.

122 мм осадков за сутки было зафиксировано на севере Красноярского края (ст. Северо-Енисейский) 31 июля 2013 г. В целом для АТР июль 2013 г. был дождливым, что способствовало возникновению чрезвычайных ситуаций. Наиболее катастрофические последствия от сильных ливней проявились на юге Дальнего Востока. Причиной наводнений явились аномальные изменения циркуляции воздушных масс. Увеличение амплитуды волн Россби над югом Сибири и Дальним Востоком способствовало формированию мощных циклонов с более длительным периодом существования. Кроме того, на западе Тихого океана установился блокирующий антициклон, который перекрывал путь циклонам, останавливая их над Приамурьем. Таким образом, над Приамурьем сформировалась стационарная высотная фронтальная зона, вдоль которой в течение 2 месяцев один за другим перемещались глубокие, насыщенные тропической влагой циклоны, сопровождавшиеся сильными ливневыми дождями (табл. 1).

В первый месяц лета на АТР также возможны случаи с сильными ливнями. Например, 28 июня 1994 г. на станции Иркутск обс. суточная сумма осадков составила 114 мм, при месячной норме 70 мм [7]. Таким образом, за одни сутки выпало 46 % осадков, от выпадающих обычно в течение всего лета.

В целом, суточный максимум осадков (от 60 мм и более) может наблюдаться в любой летний месяц исключительно в регионах Дальнего Востока (Сахалинская, Магаданская, Амурская области, Хабаровский и Приморский края). Такой режим осадков определяет влажный дальневосточный муссон.

Таблица 2

Изменчивость суточных сумм осадков на АТР в летний период 1960–2016 гг.

Название метеостанции	Среднее значение суточного максимума осадков, мм			Абс. максимум осадков (мм), (дата)		Среднее квадратическое отклонение, мм			Коэффициент вариации, %		
	июнь	июль	август			июнь	июль	август	июнь	июль	август
Дальнереченск	2,6	3,8	4,0	112,8	(18.08.1979)	6,3	8,8	9,5	2,4	2,3	2,4
Красный Яр	3,4	5,1	5,2	103,2	(03.07.2009)	6,8	10,6	10,3	2,0	2,1	2,0
Мельничное	3,4	4,1	4,2	73,5	(27.07.1989)	6,6	8,5	8,4	2,0	2,0	2,0
Южно-Сахалинск	2,0	2,9	3,4	131,4	(23.08.2001)	5,4	7,9	9,3	2,7	2,8	2,8
Курильск	2,2	2,8	3,4	123,1	(10.08.2003)	5,6	7,6	9,8	2,6	2,7	2,9
Славгород	1,4	1,7	1,2	56,0	(19.06.1972)	4,0	4,4	3,6	2,9	2,6	3,1
Иркутск, обс.	2,3	3,6	2,9	114,2	(28.06.1994)	6,2	8,3	7,7	2,8	2,3	2,6
Сретенск	2,0	3,1	2,7	66,7	(27.07.2003)	5,0	6,8	6,1	2,5	2,2	2,2
Сутур	3,4	4,5	4,5	88,7	(23.07.1968)	6,8	9,0	9,0	2,0	2,0	2,0
Пограничное	1,8	2,1	2,9	79,5	(31.07.2003, 18.08.2016)	4,6	5,8	7,9	2,6	2,8	2,7
Златоуст	2,7	3,6	2,6	64,4	(21.07.2014)	5,3	7,3	5,3	2,0	2,0	2,0
Барабинск	1,6	2,0	1,6	75,3	(22.07.1967)	4,6	5,7	3,8	2,9	2,8	2,4
Тайшет	1,6	2,5	2,3	87,9	(13.07.1972)	4,0	6,2	5,8	2,4	2,5	2,5
Усть-Нюкжа	2,8	3,5	3,2	79,6	(04.07.1977)	5,9	8,0	6,8	2,1	2,3	2,2
Удское	2,3	3,1	3,6	75,7	(31.08.1960)	5,7	7,4	7,9	2,5	2,4	2,2
Эссо	1,2	2,2	2,2	56,4	(09.07.1980)	2,8	5,1	4,6	2,2	2,3	2,1
Леуши	2,1	2,3	2,3	62,3	(30.07.1970)	5,0	6,1	5,3	2,4	2,6	2,3
Северо-Енисейский	2,3	2,3	2,8	122,2	(31.07.2013)	4,7	5,9	5,4	2,1	2,5	1,9
Олекминск	1,5	1,7	1,6	80,3	(08.07.1982)	3,7	5,0	4,2	2,5	2,9	2,6
Усть-Мая	1,2	1,7	1,7	54,6	(12.07.1974)	3,0	4,6	4,8	2,4	2,7	2,8
Магадан	1,7	2,2	2,9	108,0	(22.07.2014)	4,8	6,3	7,6	2,8	2,8	2,7
Саранпауль	1,9	2,3	2,0	52,2	(08.06.1988)	4,7	5,4	4,7	2,5	2,4	2,3
Туруханск	1,8	2,0	2,5	57,5	(30.07.1990)	3,9	4,8	4,9	2,2	2,4	2,0
Шелагонцы	1,5	1,8	1,6	70,2	(15.07.1960)	3,6	5,0	4,0	2,4	2,9	2,6
Усть-Мома	1,0	1,5	1,4	54,7	(28.07.2002)	2,8	3,9	3,5	2,8	2,7	2,5
Омолон	0,9	1,6	1,5	39,1	(20.07.1998)	2,4	3,8	3,5	2,6	2,3	2,3
Марково	1,0	1,5	2,0	37,8	(30.08.1991)	2,5	3,5	4,2	2,5	2,3	2,2
Волочанка	1,2	1,5	1,5	45,7	(16.08.1988)	2,7	4,0	3,2	2,2	2,6	2,2
Джалинда	1,2	1,5	1,4	42,8	(01.08.2016)	3,0	3,7	3,5	2,5	2,4	2,5
Кюсюр	1,3	1,7	1,9	55,4	(15.07.1996)	2,9	4,5	4,4	2,3	2,6	2,3
Остров Айон	0,3	0,6	0,7	30,3	(30.07.1979)	1,0	1,8	1,7	3,2	3,0	2,6

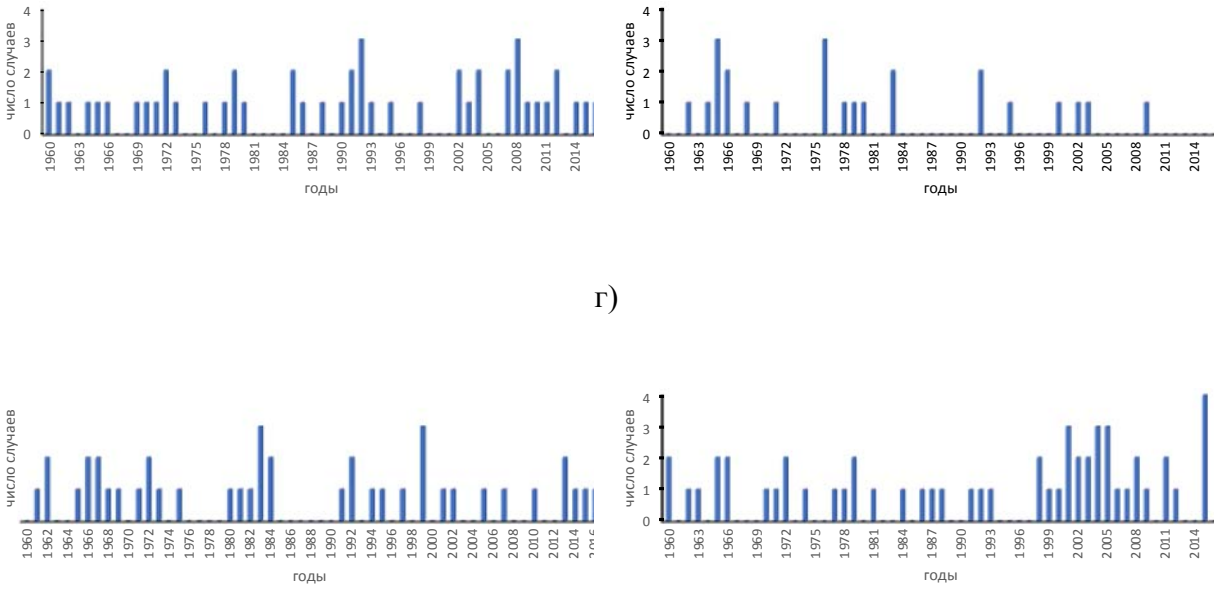
В Якутии (южные и западные районы), Забайкалье и Новосибирской области обильное выпадение осадков (более 50 мм за сутки), как правило, наблюдается только в июле. На метеостанциях Чукотского АО суточный максимум в летний период не превышает 30 мм.

Для анализа изменчивости режима осадков на АТР в летний сезон были рассчитаны: среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. В целом, среднее квадратическое отклонение суточного максимума осадков больше в июле (6 мм). Очаги максимумов среднего квадратического отклонения находятся вблизи метеорологических станций Красный Яр, Южно-Сахалинск, Курильск и Сутур, а очаг минимумов – на побережье Восточно-Сибирского моря (о. Айон).

Коэффициент вариации в течение летнего сезона не испытывает значительных колебаний по пространству АТР. Максимальные значения коэффициента вариации отмечены в первой половине лета на станции о. Айон (Чукотский АО). Минимальные значения данного статистического показателя (2,0 %) характерны в Челябинской области, Амурской области и Приморского края в течение всего летнего сезона.

Отдельно в работе была проанализирована многолетняя динамика числа случаев с осадками, превышающими 15 мм за сутки. Для решения этой задачи были построены гистограммы для всех летних месяцев (рис. 3).

а) б)



в) г)

Рис. 3. Многолетняя изменчивость числа случаев с осадками более 15 мм/сут в июле на отдельных метеорологических станциях АТР: а) Красный Яр, б) Саранпауль, в) Иркутск, г) Дальнереченск

Полученные результаты показали существенную неоднородность многолетних изменений, что связано с большой протяженностью Азиатской территории России. Однако, для большей ее территории было выявлено увеличение числа случаев с осадками более 15 мм в периоды с 1960 по 1968 г., 1976 по 1982 г. и с 1999 по 2016 г. (см. рис. 3). В эти временные интервалы на отдельных станциях наблюдалось до 3–4 случаев в месяц с осадками, превышающими указанный предел.

Заключение

Изучение региональных климатических изменений является приоритетным направлением современной климатологии, поскольку эти исследования позволяют лучше понимать перспективы развития региона и планировать рациональное использование ресурсной базы. Увеличение частоты сильных осадков на АТР, наметившееся в последние годы, и значительный рост прямых издержек от экстремальных погодных условий указывают на актуальность, а также необходимость подобный исследований для управления рисками бедствий и адаптации человеческой деятельности к современному и будущему климату.

Список литературы

1. *Богданова Э. Г., Зорина А. А.* Продолжительность осадков различных градаций интенсивности на территории России и ее изменение во времени // Тр. ГГО. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2013. Вып. 569. С. 189–196.
2. *Богданова Э. Г., Гаврилова С. Ю., Ильин Б. М.* Атмосферные осадки // Тр. ГГО. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014. Вып. 573. С. 39–64.
3. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Росгидромет, 2014. 59 с.
4. Изменения климата 2017 год (декабрь 2016 – ноябрь 2017). Обзор состояния и тенденций изменения климата России. М. : Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2018. 42 с.
5. *Кокорин А. О.* Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. Физическая научная основа. Воздействие на природу и человека. Смягчение изменений климата. М. : Всемир. фонд дикой природы (WWF), 2014. 80 с.
6. Климат России в XXI веке. Часть 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP3 / Мелешко В. П., Катцов В. М., Говоркова В. А., Спорышев П. В., Школьник И. М., Шнееров Б. Е. // Метеорология и гидрология. 2008. № 9. С. 5–21.
7. Справочник по климату СССР. Вып. 22. Ч. IV. Л. : Гидрометеоиздат, 1986. 279 с.
8. ВНИИГИИ–МЦД. URL: http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/150-chs-v-rosii (дата обращения: 30.08.2018).
9. Википедия – свободная энциклопедия. URL: http://ru. pages. wikia.com/wiki/Азиатская_часть_России (дата обращения: 27.08.2018).

УДК 551.515.1

Многолетняя динамика параметров атмосферной циркуляции над Сибирью на примере циклонов и антициклонов.

Н. В. Поднебесных (podnebesnykhnv@inbox.ru)

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

Аннотация. Проводится сравнительный анализ характеристик циклонов и антициклонов над территорией Сибири за период 1976–2015 гг., полученных по данным ручной обработки приземных синоптических карт и по данным карт приземного давления, построенных на базах данных реанализов NCEP/DOE AMIP II и JRA-55. Полученныее результаты свидетельствуют о том, что синоптические карты и карты реанализов описывают одинаковые временные тенденции в характеристиках циклонов и антициклонов, однако между этими характеристиками имеются количественные различия.

Ключевые слова: атмосферная циркуляция, циклоны, антициклоны, территория Сибири.

Циклоны и антициклоны являются доминирующим элементом циркуляции атмосферы средних широт. С распространением циклонов связаны локальные вариации температуры, осадков и ветра. В последние два десятилетия интерес к исследованию циклонов возрос в связи с тем, что отдельные стадии их развития оказались ответственными за экстремальные осадки и разрушительный ветер у поверхности [6; 5]. Подвижные антициклоны приносят в регионы ясную погоду, малоподвижные (блокиру-

ющие) антициклоны могут вызывать длительные явления жары или холода [13]. Влияние на климат циклоны и антициклоны оказывают, осуществляя межширотный обмен теплом, влагой и импульсом. С этой точки зрения изменчивость характеристик циклонов и антициклонов при изменении климата представляется актуальной задачей.

В ранних работах по определению циклонов и антициклонов использовалась ручная обработка карт погоды без автоматизации (мануальный метод) [11; 14]. Однако из-за его трудоемкости и с появлением глобальных баз данных реанализов были разработаны автоматические методы идентификации и трекинга циклонов и антициклонов, позволившие получать характеристики их жизненного цикла для протяженных временных интервалов как в масштабах полушарий, так и для отдельных регионов [8]. Однако и автоматическим методам присущи недостатки, связанные с расхождением результатов как при применении различных методов идентификации и трекинга циклонов к одной и той же базе данных, так и применении одного выбранного метода к различным базам данных [8; 10]. Повышенное внимание уделяется модельным исследованиям изменчивости вихревой циркуляции при антропогенно-обусловленном изменении глобального климата в XXI в. В работах [2; 12] показано, что в Северном полушарии модельные проектировки показывают уменьшение в XXI в. общего числа циклонов, их интенсификацию в отдельных регионах, и сдвиг шторм-треков к полюсу. Выполненное в [7] исследование характеристик зимних внетропических циклонов Северного полушария методом автоматического трекинга на базе реанализа NCEP/NCAR за 1958–1999 гг. показало близкий к отмеченному выше характеру изменчивости характеристик циклонов.

В настоящей работе проводится сравнительный анализ характеристик циклонов и антициклонов над территорией Сибири (50°–70°с. ш.; 60°–110°в. д.) за период 1976–2015 гг., полученных по данным ручной обработки приземных синоптических карт за основные метеорологические сроки (00, 06, 12 и 18 часов СГВ) и по данным карт приземного давления, построенных на базах данных реанализов NCEP/DOE AMIP II (1979–2011 гг.) и JRA-55 (2012–2015 гг.). Данные по приземным синоптическим картам за период 1976–2011 гг. использованы из работ [1; 3]. В этих работах изложена методика обработки карт. Важным моментом является оценка индивидуальной ошибки оператора. Методика ее оценки изложена в работе [9].

На рис. 1 показаны временные ряды среднегодового количества циклонов (a) и антициклонов (b) над территорией Сибири за 1976–2015 гг. полученные по данным приземных синоптических карт (сплошная линия) и карт реанализа (прерывистая линия). Показаны так же значения, сглаженные 10-летним окном.

Количество циклонов и антициклонов по данным приземных синоптических карт превышает их количество по данным реанализа в среднем в 1,3 раза. Среднее число циклонов за период 1976–2015 гг. составляет 52 (σ = 17,6) по данным синоптических карт и 45 (σ = 14,7) по данным реанализа. Для антициклонов эти величины составляют 41 (σ = 12,0) и 34 (σ = 6,6). Как для циклонов, так и для антициклонов, как по данным синоптических карт, так и по данным реанализа выявлены статистически значимые (α=0,05) положительные тренды количества циклонов и антициклонов: 0,70 циклона/год и 0,64 циклона/год; 0,30 антициклона/год и 0,18 антициклона/год.

Из рисунка 1 видно увеличение количества как циклонов, так и антициклонов за последние годы. Обработка и анализ данных показали, что в 2012–2015 гг. основной вклад в это увеличение количества вносят циклоны, смещающиеся по западным и северо-западным траекториям движения, а также местные циклоны, а в увеличение количества антициклонов основной вклад вносят антициклоны, смещающиеся по северным траекториям движения.

Заметим, что термин «траектория движения» в нашем случае не эквивалентно термину «трек», т. е. траектории, описываемые циклоном за время его жизненного цикла. Используемые нами карты имеют пространственное ограничение, поэтому на дан-

ном этапе исследования мы не можем указать точный район генезиса для исследуемых циклонов и антициклонов, а только указать направления, с которых они входят на территорию Сибири. Из сглаженных кривых видно, что в изменениях количества циклонов и антициклонов присутствует колебательный процесс с периодом ≈ 17 лет.

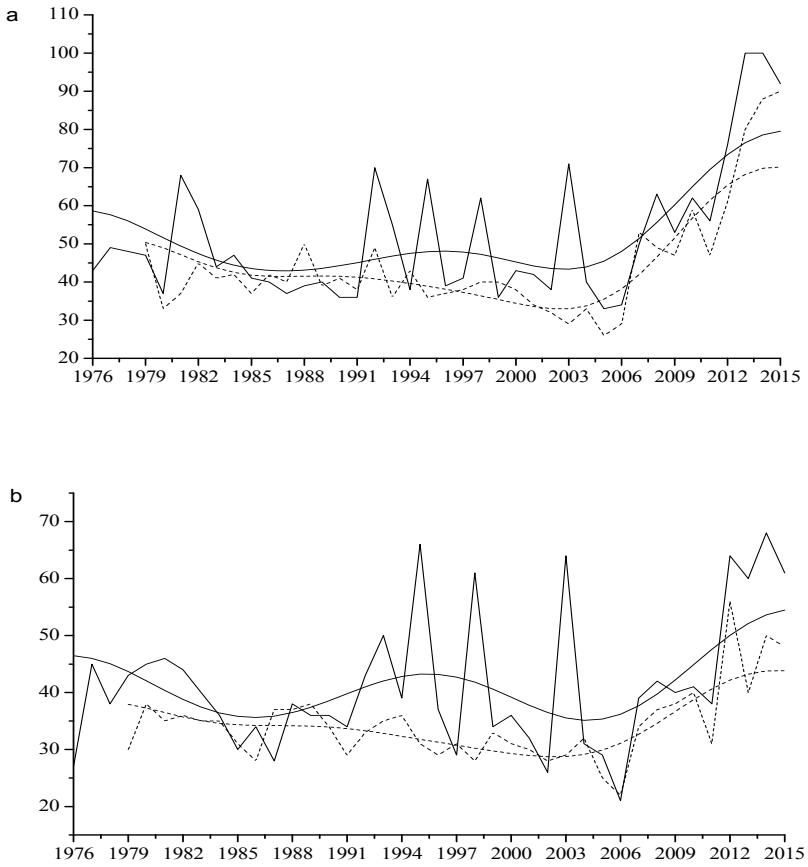


Рис. 1. Временные ряды среднегодового количества циклонов (a) и антициклонов (b) над территорией Сибири за 1976–2015 гг. полученные по данным приземных синоптических карт (сплошная линия) и карт реанализа (прерывистая линия)

Рисунок 2 показывает временной ряд изменения величин среднегодового давления в центрах циклонов и антициклонов (обозначения те же, что и на рис. 1).

Среднегодовое давление в центрах циклонов за 1976–2015 гг. составляет 1000,3 гПа по данным синоптических карт и 996,7 гПа по картам реанализов. Для антициклонов эти значения составляют 1030,9 гПа и 1027,0 гПа соответственно.

По данным синоптических карт наиболее интенсивными являются циклоны, смещающиеся по северным траекториям (994,1 гПа) и антициклоны, смещающиеся по южным траекториям (1033,3 гПа). Данные, полученные по картам реанализа, как это видно из рис. 2, переоценивают интенсивность циклонов и недооценивают интенсивность антициклонов.

По данным приземных синоптических карт тренд среднего многолетнего давления в центрах циклонов отрицательный (-0,12 гПа/год), значимый на уровне значимости α=0,05 наибольший вклад в который вносят северо-западные циклоны, по данным реанализа тренд положительный и незначимый (0,03 гПа/год) наибольший вклад в который так же вносят северо-западные циклоны. Линейный тренд среднего многолетнего давления в центрах антициклонов как по данным приземных синоптических карт, так и по данным реанализа положительный и статистически значимый (0,12 гПа/год и 0,13 гПа/год соответственно) наибольший вклад в который в обеих случаях вносят юго-восточные антициклоны.

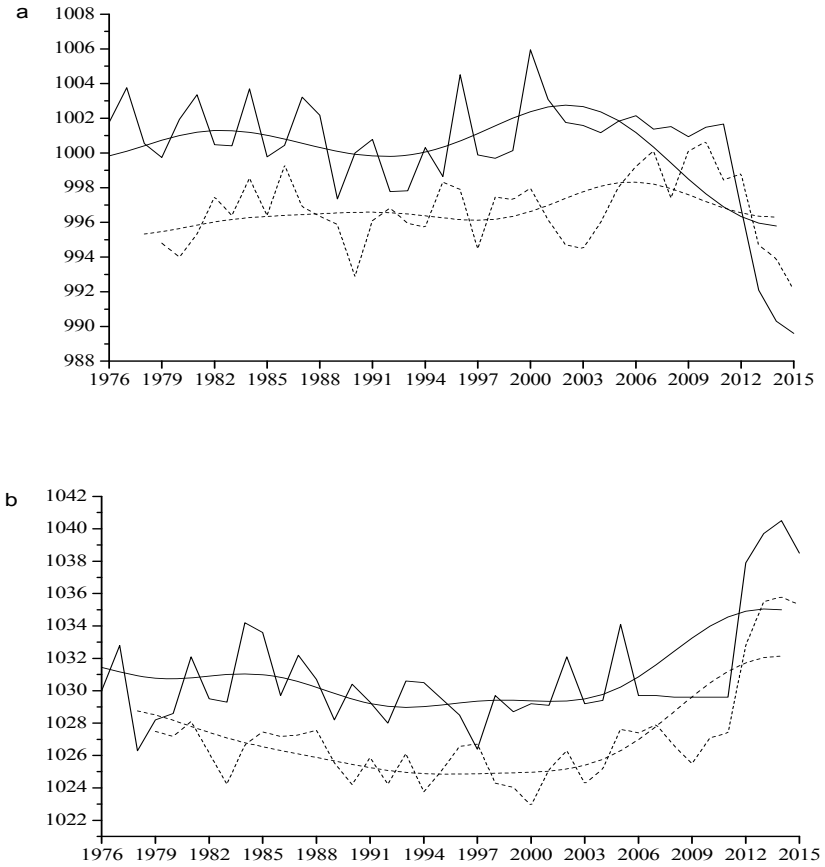


Рис. 2. Временные ряды среднегодового давления в центрах циклонов (a) и антициклонов (b) над территорией Сибири за 1976–2015 гг. полученные по данным приземных синоптических карт (сплошная линия) и карт реанализа (прерывистая линия)

Что касается местных циклонов, то по данным [4] число циклонов, возникших непосредственно над территорией Сибири за 1976–2015 гг. составляет 15 % от их общего числа (из 2072 циклонов 305 местных). Одним из активных очагов циклогенеза над Сибирью является междуречье Обь – Иртыш. Эти циклоны характеризуются давлением в центре, меняющимся на исследуемом временном интервале от 1000 гПа до 1020 гПа, т. е. их можно отнести к категории мелких циклонов.

Показанные результаты свидетельствуют о том, что синоптические карты и карты реанализов описывают одинаковые временные тенденции в характеристиках циклонов и антициклонов, однако между этими характеристиками имеются количественные различия. Наиболее заметным признаком показанных на рис. 1 и 2 временных рядов является рост количества и интенсификация циклонов и антициклонов в 2012–2015 гг. С учетом колебательного характера временного поведения характеристик циклонов и антициклонов эту аномалию можно связать с естественной вариацией климатической системы Северного полушария. Однако, не следует исключать влияния антропогенно-обусловленного изменения климата, при котором изменяются условия в районах циклогенеза, к которым принадлежат в нашем случае Северная Атлантика и Средиземноморье. Кроме того, необходимо учитывать влияние на циркуляцию блокирующих антициклонов, для которых установлена связь их возникновения с процессом антропогенно-обусловленного сокращения ледового покрова в Арктике.

Список литературы

1. *Горбатенко В. П., Ипполитов И. И., Поднебесных Н. В.* Циркуляция атмосферы над Западной Сибирью в 1976–2004 гг. // Метеорология и гидрология. 2007. № 5. С. 28–36.

2. Изменения характеристик циклонической активности и облачности в атмосфере внетропических широт северного полушария по модельным расчётам в сопоставлении с данными реанализа и спутниковыми данными / И. И. Мохов, А. В. Чернокульский, М. Г. Акперов, И. С.-Л. Дюфрен, Э. Ле Трен // Докл. АН. 2009. Т. 424, № 3. С. 393–397.
3. *Поднебесных Н. В., Ипполитов И. И.* Характеристики циклонов и антициклонов над Сибирью в конце XX – начале XXI века // Метеорология и гидрология. 2017. № 4. С. 27–37.
4. *Тунаев Е. Л., Горбатенко В. П., Поднебесных Н. В.* Особенности циклогенеза над территорией Западной Сибири за период 1976–2015 гг. // Тр. Гидрометцентра России. 2017. Вып. 364. с. 81–92.
5. *Browning K. A.* The sting at the end of the tail: Damaging winds associated with extratropical cyclones // Q. J. R. Meteorol. Soc., 2004, Vol. 130. P. 375–399.
6. *Gimeno L., Nieto R., Vazquez M., Lavers D. A.* Atmospheric rivers: a mini-review // Frontiers in Earth Science (Atmospheric Science). 2014. Vol. 2, id 2.
7. *Gulev S. K., Zolina O., Grigoriev S.* Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from NCEP/NCAR reanalysis data // Clim. Dyn. 2001. Vol. 17. P. 795–809.
8. *Neu U.* et al. IMILAST: A Community Efforts to Intercompare Extratropical Cyclone Detection and Tracking Algorithms // Bull. Am. Meteor. Soc. 2013. Vol. 94, N 4. P. 529–547.
9. *Podnebesnyh N. V., Ippolitov I. I., Loginov S. V., Kharyutkina E. V.* Variability of synoptic vortex circulation over Siberia in 1976–2015 // International conference and early career scientists school on environmental observations, modeling and informational systems “Enviromis”. Tomsk, 2018. P. 352–355.
10. *Raible C. C., Della-Marta P. M., Schwierz C., Wernli H., Blender R.* Northern hemisphere cyclones: a comparison of detection and tracking methods and different reanalysis // Mon. Wea. Rev. 2008. Vol. 136, N 3. P. 880–897.
11. *Reitan C. H.* Frequencies of cyclones and anticyclones for North America, 1951–1970 // Mon. Wea. Rev. 1974. Vol. 102, N 12. P. 861–868.
12. *Ulbrich G., Leckebusch C., Pinto J. G.* Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review // Teor. Appl. Climatol. 2009. Vol. 96, N 1–2. P. 117–131.
13. *Wiedenmann J. M., Lupo A. R., Mokhov I. I., Tikhonova E. A.* The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern hemisphere: block intensity as a diagnostic // J. Climate. 2002. Vol. 15, N 23. P. 3459–3473.
14. *Zishka K. M., Smith P. J.* The climatology of cyclone and anticyclones over North America and surrounding ocean environs for January and July 1950–77 // Mon. Wea. Rev. 1980. Vol. 108, N 4. P. 387–401.

УДК 551.524(5)

Исследование температурного режима Азиатской территории России в зимний период

А. Э. Труханов (antontr. meteo.97@gmail.com), Е. А. Кочугова (kochugovae@mail.ru)

Иркутский государственный университет, Иркутск

Аннотация. Проведен обзор исследований, посвященных изменению температурного режима Азиатской территории России. Выполнен сравнительный анализ динамики, и дана оценка временной изменчивости повторяемости среднесуточных температур ниже пределов -20, -25, -30, -35, -40 и -45 °С за десятилетние интервалы (период с 1947 по 2016 г.). Результаты анализа температуры воздуха зимнего сезона показали, что потепление охватило большую часть АТР.

Ключевые слова: Азиатская территория России, изменение климата, температура воздуха, изменчивость, аномалия, климатическая норма, повторяемость.

Введение

Азиатская территория России (АТР) является одним из тех регионов, в котором глобальные изменения климата проявляются наиболее сильно. Поэтому исследование современного изменения элементов климата на этой территории имеет важное научное и практическое значение.

В силу большой протяженности и сложной орографии региона климатические изменения на АТР неоднородны и существенно отличаются от широтной структуры климатических зон. Например, в докладе [2] указано, что для температуры зимних се-

зонов на Азиатской территории России уже в течение нескольких лет отмечается тенденция к похолоданию (до –0,6 °С/10 лет). В работе [7] на основе оценок региональных климатических тенденций приземной температуры воздуха в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, наоборот, выявлено статистически значимое потепление во многих районах Северо-Восточной Азии, в том числе Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. В связи с этим оценка состояния и изменчивости современного климата АТР на примере температуры воздуха вызывает очевидный интерес.

Объект исследования

На Азиатской территории России располагается Западно-Сибирская низменность, простирающаяся от Урала до р. Енисея, площадью около 3 млн км^2. На севере Сибири, к востоку от р. Енисея, находится Северо-Сибирская низменность, на севере ограниченная возвышенным Таймырский полуостровом с горами Бырранга, на востоке – кряжем Чекановского. Вдоль побережья Оленекского залива узкой полосой низменность переходит в дельту р. Лена. К востоку от северных отрогов Верхоянского хребта располагаются Яно-Индигирская и Колымская низменности, которые являются продолжением Северо-Сибирской низменности. Общая протяженность низменностей с запада на восток свыше 3000 км, а с севера на юг – 500–800 км [6].

К крупнейшим горным системам АТР, которые имеют большое физико-географическое и, прежде всего, климатообразующее значение, относят: горную область Алтая и Саян, Байкальскую горную страну, Верхоянскую горную систему, в частности Верхоянский хребет. К горным системам Дальнего Востока относят Корякское нагорье, горы полуострова Камчатка и северного побережья Охотского моря, хребты Джугджур, Буреинский, Сихотэ-Алинь, горы острова Сахалин и дуги Курильских островов [6].

Таким образом, Азиатская часть России сложена крайне сложными формами рельефа, которые непосредственно вносят огромный вклад в климатообразование данной территории. Такой орографический план территории оказывает влияние прежде всего на климат, а через него – и на другие составляющие природного комплекса.

Климат АТР отличается значительными суточными и годовыми амплитудами температуры воздуха. В зимний период времени, когда приток солнечной радиации мал или отсутствует совсем, основным климатообразующим фактором являются циркуляционные процессы. Зимой значительная часть Западной Сибири находятся под влиянием западных воздушных потоков с Атлантики, а над азиатской частью обычно располагается устойчивый антициклон, что приводит к нарушению зональности распределения температуры в большинстве районов Европейской части России и на северо-западе Сибири.

Зимний антициклон над Восточной Сибирью способствует формированию на востоке России полюса холода (-68 °С) в районе Оймяконской котловины. Изотермы в Восточной Сибири в зимнее время направлены с юго-запада на северо-восток. По мере продвижения на восток, к берегам Охотского моря, резко возрастают горизонтальные градиенты.

Еще одной характерной особенностью распределения зимних значений температуры является их инверсионное повышение с высотой в горных районах. Очень часто инверсии наблюдаются в Предбайкалье и Забайкалье, в Тувинской котловине, где они начинаются прямо от поверхности земли, и их вертикальная протяженность может достигать 1–2 км. На Урале и Алтае интенсивность инверсий составляет 2–3 °С [6].

Декабрь является самым теплым зимним месяцем. Влияние медленно остывающих морей, неглубокое промерзание почвы приводят к тому, что температура месяца с самым низким радиационным балансом выше, чем в январе в феврале. Январь в свою очередь является, наоборот, самым холодным месяцем на большей части АТР. Например, на территории Западной Сибири в январе преобладает ясная антициклоническая погода. Температура изменяется по территории от -15, -20 °С на юге до -28, -30 °С и

менее на севере. На Дальнем Востоке температура в январе, несмотря на близость океана, значительно ниже, чем в остальных районах АТР. Февраль по температурным условиям очень близок к январю, а на побережьях даже холоднее. Рост температуры от января к февралю незначителен, и составляет приблизительно 2–3 °С. Только в резко континентальных районах Восточной Сибири, на юге Красноярского края и в Забайкалье разности между средней температурой в январе и феврале достигают 4–5 °С, а местами и 5–7 °С.

Современные изменения экстремальных температур воздуха

В связи с глобальным изменением климата и ростом повторяемости погодных аномалий особое внимание сегодня уделяется прогнозу климатических экстремумов. Многие специалисты считают, что на состояние человеческого общества влияют изменения не средних климатических условий, а климатических аномалий и экстремумов [1], поскольку они создают предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций. Готовность общества к снижению их последствий зависит от знаний сочетаний возможных в данной местности климатических экстремумов.

Важно отметить, что изменения климата в XX в. происходили чрезвычайно неравномерно, как по сезонам, так и по поверхности. С учетом данных за 2016 г. среднегодовая температура на территории России растет более чем в 2,5 раза быстрее глобальной. Особенно быстро это происходит в полярной области, где скорость роста достигает 0,8 °С/10 лет (Таймыр) [4].

Зимы после быстрого потепления, в период до середины 1990-х годов, стали холодать почти везде, кроме полярной области. Так, особенно холодные зимы с волнами холода очень низких температур были зафиксированы в 2006, 2010, 2011, 2013 гг. Термин «особенно холодные зимы» не имеет четкого определения и чаще всего под ним понимают экстремальные (аномальные) температуры по сравнению с климатической нормой [3]. Например, зимой 2013 г. большая часть азиатской России (кроме Алтайского края, островов Северная земля, Магаданской области, восточной части Якутии и Камчатского края) находилась во власти холода. Эта зима стала одной из самых холодных зим за последние 15 лет. Очаги максимальных отрицательных аномалий были сформированы в центре Западной Сибири, в Восточной Сибири (юг Якутии, Иркутская область) и на юге Чукотки, где аномалия среднемесячной температуры воздуха составляла от -4 до -6 °С. В Восточной Сибири самые сильные морозы отмечались в первой декаде января. В антициклоне с центром над Красноярским краем и Байкалом по ночам температура понижалась до -40, -43 °С, в Эвенкии – почти до -50 °С. Сильные морозы наблюдались и в феврале. В Эвенкии и Иркутской области температура воздуха была ниже климатических показателей на 8–10 °С. В северо-восточных районах Якутии температура воздуха опускалась до -56 °С. Пятидесятиградусные морозы наблюдались в континентальных районах Магаданской области [9].

Таким образом, зимой тенденция увеличения числа морозных дней выявлена на юге Западной Сибири, Красноярского края, в Предбайкалье и на восточном побережье Чукотки. На остальной территории азиатской части России число дней с экстремально низкими температурами уменьшается, особенно сильно на востоке Красноярского края и на северо-западе Якутии [9].

Характеристика исходного материала

Исходным материалом для исследования изменений термического режима послужили среднесуточные значения температуры воздуха в зимние месяцы за временной интервал с 1947 по 2016 г. (70 лет). Массив данных брался из архива Мирового центра данных – Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации. Выбор данного периода обусловлен сменой фазы изменения температурного режима и возможностью учесть, как период похолодания, так и период потепления. Поскольку, как известно, фаза первого повышения глобальной температуры

воздуха отмечалась с 1910 по 1945 г. (с пиком, приходящимся на конец 1930-х или начало 1940-х гг.) и с 1976 по 2006 г. (второе интенсивное потепление), а в период 1946−1975 гг. наблюдалось незначительное понижение температуры.

Всего для анализа многолетней динамики зимних температур использовались данные 92 метеорологических станции, расположенных на АТР (рис. 1). Станции выбирались в соответствии с нормами руководящего документа (РД 52.04.720-2009) [8] и входили в перечень реперных станций сети метеорологических наблюдений.

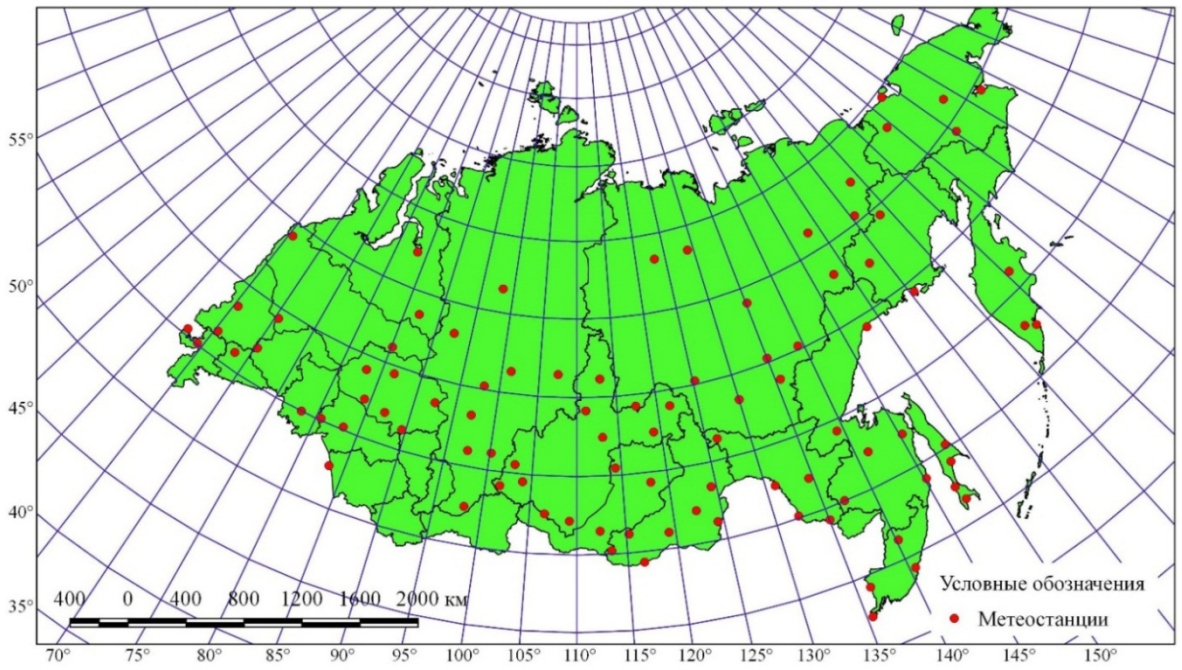


Рис. 1. Карта-схема расположения метеорологических станций, использующихся в данном исследовании

Результаты и их анализ

Для оценки состояния и изменений современного климата АТР на примере температуры воздуха были построены карты изотерм для всех месяцев зимнего сезона. Полученные карты дали возможность сравнить пространственное распределение температуры воздуха за два периода: 1947–2016 (общий период исследования) и 1961–1990 гг. (климатическая норма).

Составленные карты позволяют заключить, что январь является самым холодным зимним месяцем исследуемого региона. Температура воздуха в январе на АТР изменяется в широком диапазоне от -9 °С до -47 °С. На всех картах зимнего сезона отчетливо виден полюс холода – Оймяконская котловина, где наблюдаются рекордно низкие температуры воздуха в Евразии. Согласно летописи абсолютных минимумов температуры воздуха Якутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды станция Верхоянск становилась «полюсом холода» более 40 раз (последний раз в 1956 г.), а станция Оймякон – более 34 (последний раз в 1984 г.) [5].

Сравнительный анализ карт средних январских температур за два периода (рис. 2, рис. 3) показал, что изотермы смещаются на север, северо-восток в Уральском и в Западно-Сибирском регионе. На Дальнем Востоке изменения не обнаружены.

При сравнительном анализе карт изотерм декабря и февраля было выявлено, что за период с 1947 по 2016 г. изотермы над территорией центральной части Красноярского края и севера Иркутской области сдвигаются на юг, тем самым несколько сгущаясь, по сравнению с климатической нормой. Очаги холода при сравнении с нормой в декабре и в феврале остаются в одном и том же районе.

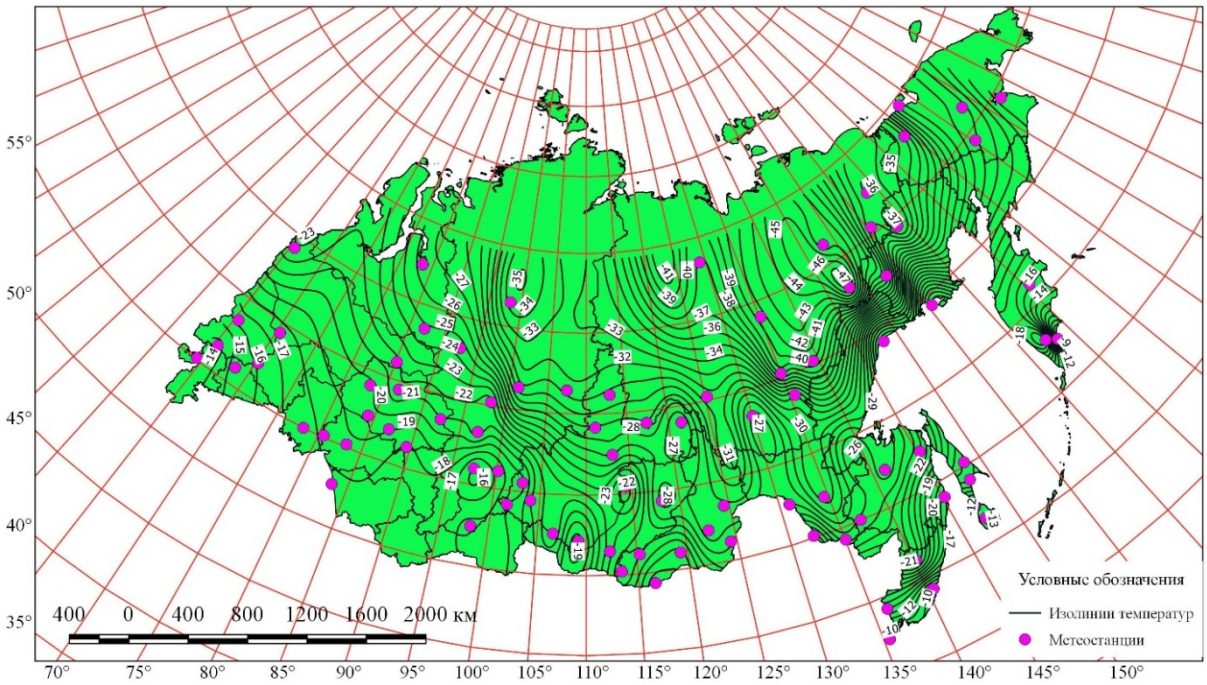


Рис. 2. Карта средних январских температур за период с 1947 по 2016 г. на Азиатской территории России

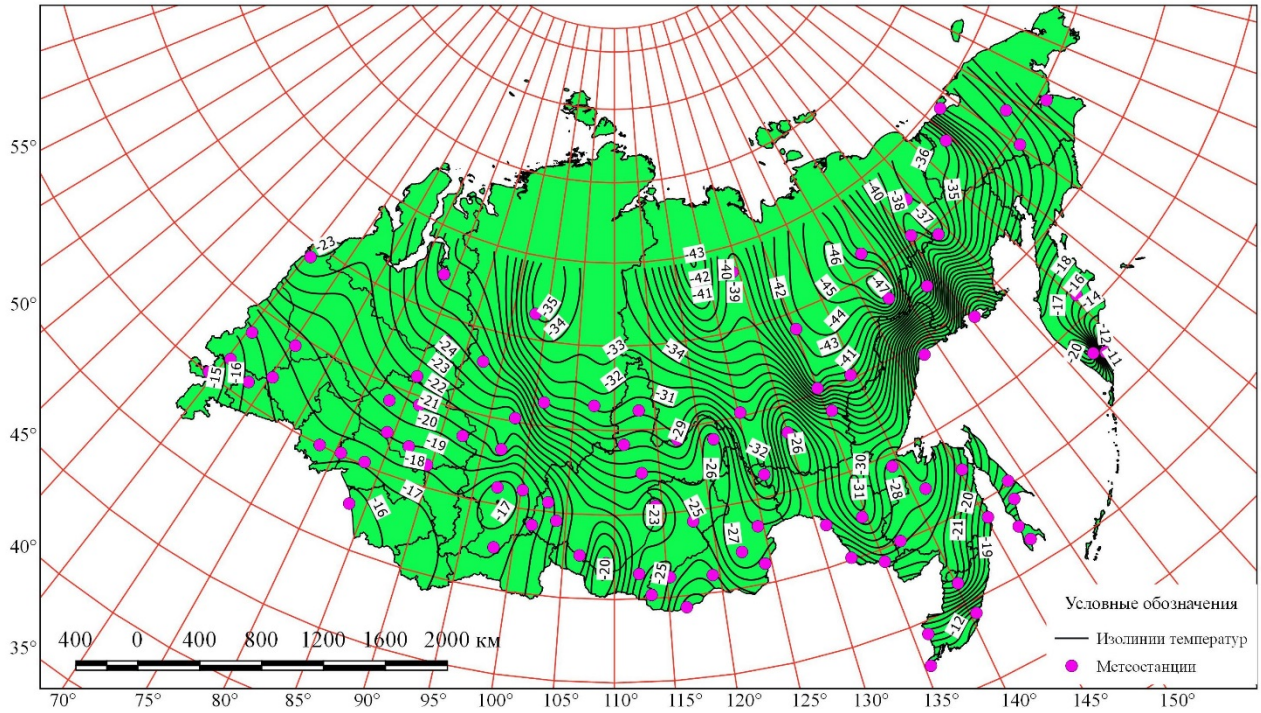


Рис. 3. Карта средних январских температур за период с 1961 по 1990 г.
(климатическая норма) на Азиатской территории России

В работе был выполнен сравнительный анализ динамики повторяемости суточных температур воздуха ниже пределов -20, -25, -30, -35, -40 и -45 °С за десятилетние интервалы. Результаты анализа показали, что в десятилетия 1947–1956, 1967–1976 и 1977–1986 гг. отмечается уменьшение повторяемости всех температурных градаций на 80 % станциях.

В периоды 1957–1966 и 1987–1996 гг. повторяемость случаев с температурой ниже -20 °С увеличилось. Причем повторяемость случаев с температурами -25 °С и ниже сократилась, т. е. количество случаев с очень низкими температурами уменьшилось. В предпоследний десятилетний период (1997–2006 гг.) на большей части АТР изменения повторяемости всех температурных градаций незначительны.

Помимо этого было выявлено, что такие метеостанции как Ильинский, Южно-Сахалинск, Пограничное, Поронайск в Сахалинской области, Рудная Пристань, Посьет, Пограничный в Приморском крае, Петропавловск-Камчатский, Советская Гавань в Хабаровском крае объединяет отсутствие выраженных изменений повторяемости из десятилетия в десятилетие. На этих станциях наблюдаются лишь разовые повышения или понижения повторяемости в том или ином десятилетии. В качестве подтверждения вышесказанного были выборочно построены гистограммы по станциям, которые отображают динамику повторяемости температурных градаций (рис. 4–7).

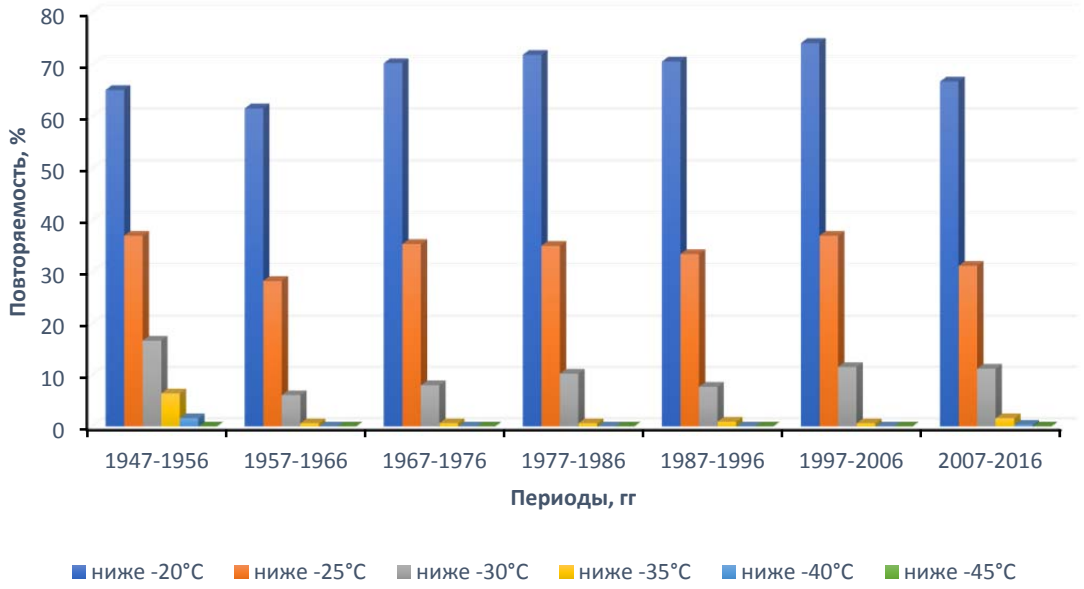


Рис. 4. Динамика повторяемости температурных градаций на ст. Агинское в январе за десятилетние интервалы с 1947 по 2016 г.

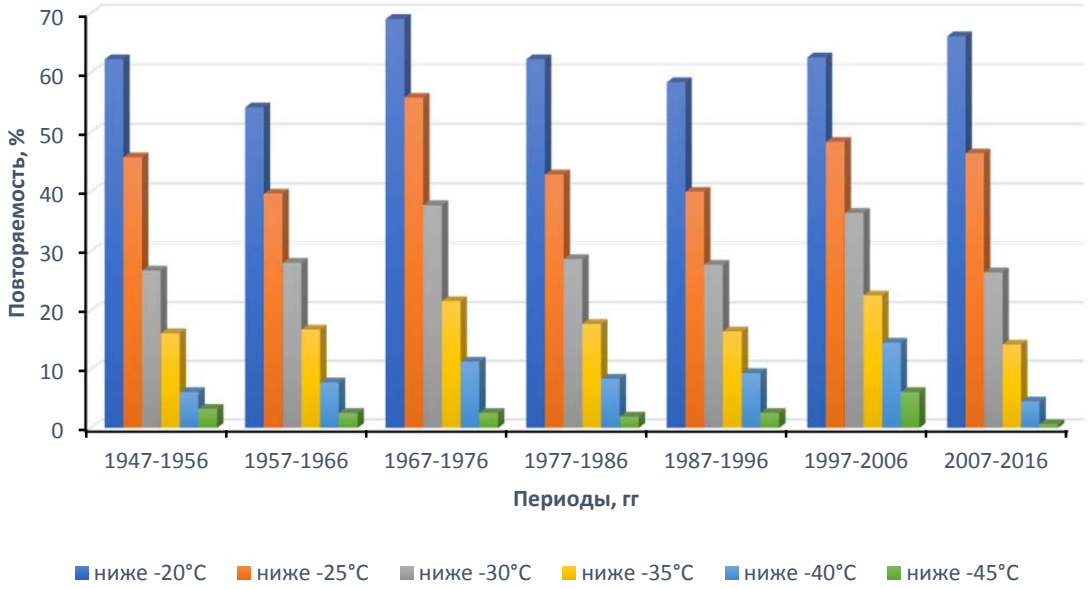


Рис. 5. Динамика повторяемости температурных градаций на ст. Верхнеимбатск в январе за десятилетние интервалы с 1947 по 2016 г.

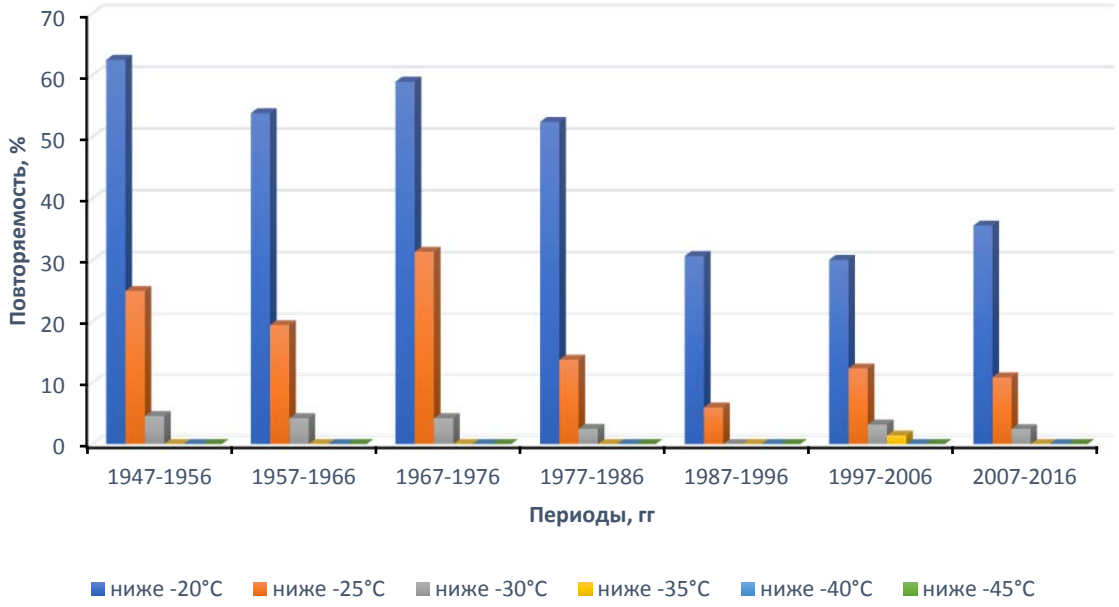


Рис. 6. Динамика повторяемости температурных градаций на ст. Улан-Удэ в феврале за десятилетние интервалы с 1947 по 2016 г.

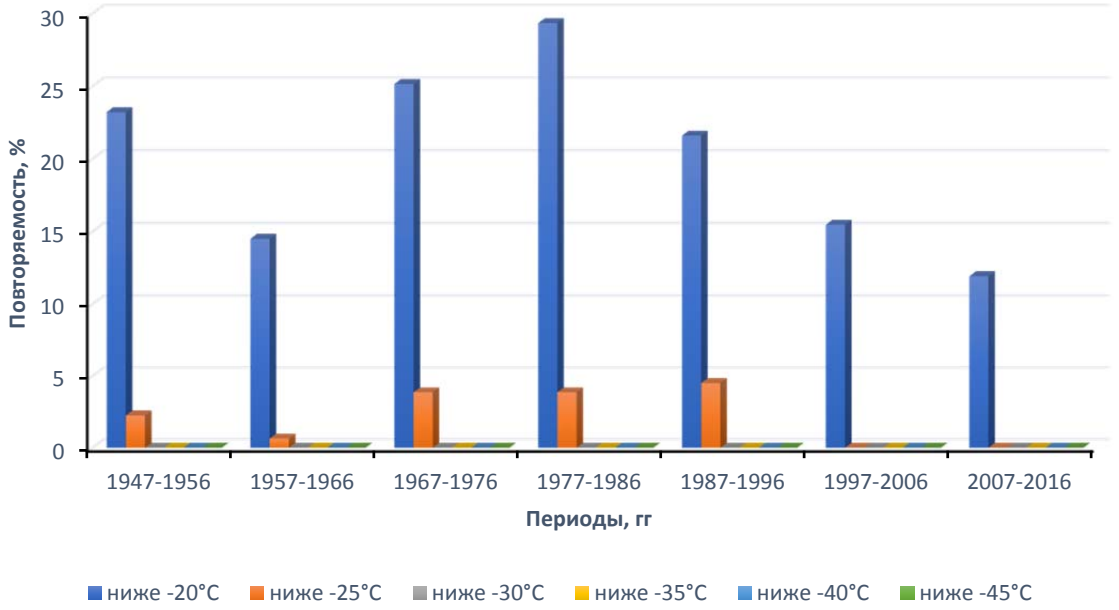


Рис. 7. Динамика повторяемости температурных градаций на ст. Магадан в декабре за десятилетние интервалы с 1947 по 2016 г.

Для градаций температуры ниже -40 °С и ниже -35 °С характерна общая тенденция уменьшения повторяемостей, которая отмечается в первое, третье, четвертое и последнее десятилетие. Для остальных десятилетий свойственен рост повторяемости, хорошо выраженный на территории Иркутской области, всего Урала, Забайкалья, Республики Бурятии, а также на некоторых станциях Республики Якутии, Чукотского АО, Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) и Амурской области. Нулевое изменение повторяемости по-прежнему сохраняется на территории Дальнего Востока.

Также отдельно были проанализированы изменения повторяемости температуры воздуха ниже -30 °С. Необходимо отметить, что на 98 % метеостанций аномально суровые погодные условия формировались за счет понижения температуры в январе. Наиболее часто морозы ниже -30 °С (60 %) наблюдаются в январе на станциях Республ-

лики Бурятия и Дальнего Востока (рис. 8, а, б). Для станций о. Айон (рис. 8, в) и Марково (рис. 8, г) в Чукотском АО самым холодным месяцем является февраль (40 %), а на ст. Марково декабрь и февраль (по 34 %).

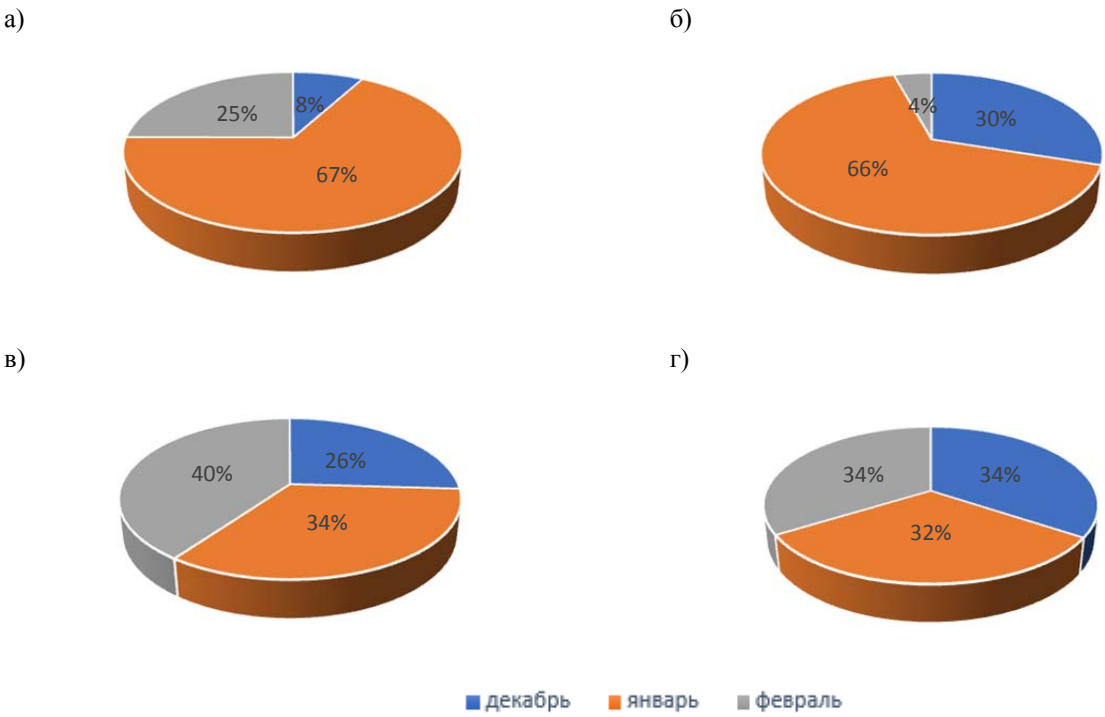


Рис. 8. Распределение числа дней с морозами (среднесуточными температурами ниже -30 °С) на ст. Нижнеангарск (Республика Бурятия) (а), ст. Благовещенск (б), ст. остров Айон (Чукотский АО) (в), ст. Марково (Чукотский АО) (г)

Таким образом, сравнительный анализ изменений повторяемостей отдельных температурных пределов позволил нам составить таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Основные типы изменений повторяемостей каждой температурной градации

Поведение повторяемости по десятилетиям (комбинация поведения)							
Температурная градация, °С	**1947-1956**	**1957-1966**	**1967-1976**	**1977-1986**	**1987-1996**	**1997-2006**	**Регион**
Температура ниже минус 45	0	0	0	0	0	0	Дальний Восток, Западная и Восточная Сибирь, Забайкалье, Урал
Температура ниже минус 40	↓	↑	↓	↓	↑	↓	Урал, Забайкалье, Иркутская область, Якутия, Чукотка, ХМАО, Красноярский и Алтайский край, Республика Бурятия, Свердловская область.
Температура ниже минус 35	↓	↑	↓	↓	↑	↓	
Температура ниже минус 30	↓	↑	↓	↓	↑	↑	Иркутская, Амурская, Новосибирская, Омская, Курганская, Томская, Свердловская области, Красноярский, Алтайский и Забайкальский края, ХМАО, Республика Бурятия, Якутия (Саха).
Температура ниже минус 25	↓	↑	↓	↓	↑	↑	
Температура ниже минус 20	↓	↑	↓	↓	↑	↑	

Заключение

АТР – огромная территория, которая нуждается в тщательном исследовании климата, климатообразующих факторов, причин, вызывающих изменения годового и суточного хода метеорологических величин. Дальнейшее повышение температуры воздуха зимой может губительно отразиться на северных районах АТР, например, привести к уменьшению зоны вечной мерзлоты, вымиранию уникальных видов растений, миграции животных и т. п. Экономически невыгодно будет строить железные дороги, автомагистрали, возводить новые здания там, где будет происходить уменьшение зоны вечной мерзлоты, поскольку это может привести к разрушению фундамента или проседанию здания, привести к разрушению транспортной инфраструктуры или к прорыву газо- и водопроводов.

В целом, результаты сравнительного анализа температуры воздуха в зимний период, осредненных за десятилетия показали:

- температурный режим Сахалинской области, Камчатского, Приморского и Хабаровского края в зимний период значительно не изменяется;
- общее потепление на Азиатской территории России обусловлено уменьшением числа дней с морозами;
- наиболее значительное изменение температуры воздуха в сторону ее роста наблюдается в феврале.

Список литературы

1. *Борисенков Е. П., Пасецкий В. М.* Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М. : Мысль, 1988. 525 с.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Росгидромет, 2014 – 61 с.
3. *Гечайте И.* Колебания циркуляции атмосферы как фактор формирования сильных зимних похолоданий в восточной части Балтийского региона : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.30. СПб. : Рос. гос. гидрометеор. ун-т., 2016. 22 с.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. М. : Росгидромет, 2017. 70 с.
5. *Иванова Р. Н.* Рекордно низкие температуры воздуха в Евразии // Вестн. ЯГУ. 2006. Т. 3, № 1. С. 13–19
6. Климат России // под ред. Н. В. Кобышевой. СПб. : Гидрометеоиздат, 2001. 655 с.
7. *Пономарев В. И., Каплуненко Д. Д., Крохин В. В.* Тенденции изменений климата во второй половине XX века в Северо-Восточной Азии, на Аляске и северо-западе Тихого океана //Метеорология и гидрология, 2005. № 2. С. 15–25.
8. РД 52. 04. 720–2009. Положение о реперных климатических станциях. М. : Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2009. 16 с.
9. Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: http://meteo.ru (дата обращения: 29.08.2018)

УДК 551.515(571.53)

Шквалы на территории Иркутской области

Ю. С. Янькова (yanayankova96@mail.ru), К. В. Савватеева (savvateeva.kseni@mail.ru), Н. В. Астафьева (nadezhdaastafeva@ya.ru), С. А. Гаращук (svetlanchik. g@rambler.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Исследуются циркуляционные и синоптические условия шквалов на территории Иркутской области, которые наносят серьезный экономический ущерб. Примером последних явились сильные шквалы летом 1990 и 2004 г. Выделено 4 типа шквалов фронтального характера, проанализирована динамика приземных и высотных барических полей, которая указывает на процессы активного цикло- и фронтогенеза в условиях адвекции холода на высотах.

Ключевые слова: скорость ветра, шквал, высотный циклон, холодный фронт, градиенты давления, адвекция, Иркутская область.

Введение

Шквал – кратковременное увеличение скорости ветра до значений, намного превышающих скорость градиентного ветра. Шквал представляет собой одно из проявлений интенсивной конвективной деятельности. Поэтому шквалы связаны с кучево-дождевой облачностью и нередко сопровождаются интенсивными ливневыми осадками и градом [1].

Скорость ветра при шквале достигает разрушительной силы. Классификация шквалов по скорости ветра: слабые шквалы – 20 м/с, умеренные шквалы – 20–25 м/с, сильные шквалы – 25–30 м/с, особенно сильные шквалы – более 30 м/с.

Так как шквалы связаны с конвективной деятельностью, напомним, что кучево-дождевые облака (Cb) образуются в результате реализации больших запасов энергии неустойчивости атмосферы. В начальной стадии развития формируются преимущественно восходящие потоки воздуха, которые в процессе развития кучево-дождевых облаков усиливаются за счет дополнительного тепла, выделяющегося в облачном воздухе в процессе конденсации и кристаллизации водяного пара. Когда в облаках накапливается достаточное количество влаги и происходит укрупнение облачных элементов, некоторые объемы облачного воздуха начинают опускаться вниз под действием массы накопленной в облаке капельно-жидкой влаги, кристаллов и града. Накопление влаги происходит наиболее интенсивно на высотах, где температура воздуха составляет – 10 °С и ниже, а восходящие потоки воздуха достигают максимальных скоростей [2].

В процессе опускания объемов облачного воздуха наиболее интенсивные потоки достигают поверхности Земли и, преобразовываясь в горизонтальный поток, создают резкое усиление ветра (это первое условие, вызывающее возникновение шквала). Вторым условием является возникновение мелкомасштабных волн падения и роста давления, что обусловливает очень большие барические градиенты давления [4]. Причиной такого процесса являются мощные восходящие конвективные потоки в передней части облака и нисходящие потоки – в центральной и тыловой частях облака. Восходящие потоки создают дефицит массы воздуха, что сопровождается резким падением давления, а нисходящие потоки определяют рост атмосферного давления. Наличие вертикальных потоков разного знака способствует образованию шквалистого ворота с горизонтальной осью впереди кучево-дождевого облака. Горизонтальная ось располагается в среднем на высоте приблизительно 500–600 м впереди Cb за 1–2 км до сплошной завесы дождя.

Шквалы, как правило, сопровождаются осадками в виде ливневого дождя и града. Время начала ливневого дождя и время начала шквала довольно близки. Особенно сильные шквалы наблюдаются в зоне ливневого дождя спустя 5–10 мин после его начала, если же шквал начинается до начала дождя, то он имеет умеренную интенсивность. Это обусловливается тем, что в этом случае нисходящий поток обгоняет ливень и теряет свою энергию.

Существенное влияние на образование шквалов оказывает рельеф. В орографическом отношении основную часть территории Иркутской области занимает южная окраина Среднесибирского плоскогорья с высотами от 500 до 1464 м. Следовательно, рельеф области разнообразен, в одних местах это плоская равнина, в других горная местность с крутыми склонами речных долин и узкими водораздельными гребнями. Южная часть Среднесибирского плоскогорья получила название Иркутско-Черемховской равнины, именно равнинная местность, расположенная между Восточным Саяном на юге и плато междуречья рек Ангары и Лены, создает эффект аэродинамической воронки. Атмосферные фронты, проходящие через область с юго-запада, запада и северо-запада, испытывают волнообразную деформацию, задерживаясь в запад-

ной части области, затем обрушиваются на юг. К моменту их прохождения в южных районах создаются значительные барические и термические градиенты. Здесь часто резко усиливается ветер, в летнее время сопровождающийся грозами, ливнями, шквалами, весной пыльными бурями [3].

Таким образом, физико-географические условия накладывают свой отпечаток как на распределение числа случаев со шквалом по территории Иркутской области, так и на частоту их возникновения в том или ином районе. Почти все случаи шквального усиления ветра отмечаются полосой, параллельной расположению горных хребтов Восточного Саяна – севера-запада на юго-восток.

Аэросиноптические условия возникновения шквалов

Также важную роль в общем комплексе условий формирования ветра до опасных и особо опасных скоростей на территории Иркутской области принадлежит макросиноптическим процессам. В зависимости от синоптических условий, при которых наблюдаются возникновение и развитие шквалов, различают внутримассовые и фронтальные шквалы. Как показало исследование, фронтальные шквалы наблюдаются в 75 % случаев, а внутримассовые – только в 25 % случаев.

Внутримассовые шквалы обычно бывают умеренными или слабыми, наблюдаются с мая по август, как правило, во вторую половину дня. Внутримассовые шквалы связаны с кучево-дождевыми облаками, образующимися при термической конвекции в теплой неустойчивой воздушной массе, либо при термодинамической конвекции в холодной неустойчивой воздушной массе в тыловой части циклонов. Шквал перемещается вместе с порождающим его облаком, поэтому последствия шквала прослеживаются в пределах определенной полосы («след» шквала).

Иногда шквалы возникают вдоль «линий неустойчивости», которые в отличие от атмосферных фронтов существуют кратковременно и не прослеживаются на картах барической топографии. Синоптическая обстановка при возникновении таких шквалов характеризуется наличием слабых барических и термических градиентов как у поверхности Земли, так и на высотах. Температура воздуха у поверхности Земли имеет хорошо выраженный суточный ход с максимумом в 14–15 часов местного времени, причем значение максимальной температуры воздуха, как правило, выше 25 °С.

Фронтальные шквалы являются наиболее опасными и чаще связаны с холодными атмосферными фронтами и холодными фронтами окклюзии. По синоптическим условиям исследованные фронтальные шквалы можно разделить на четыре типа.

Первый тип фронтального шквала соответствует синоптической обстановке, при которой наблюдается хорошо выраженный в поле температуры малоподвижный холодный фронт с волнами. Волновые возмущения со скоростью 40–70 км/ч перемещаются вдоль линии фронта. Контрасты температуры воздуха в зоне фронта у поверхности земли превышают 10 °С. Шквалы возникают вблизи вершины волновых возмущений преимущественно в теплом воздухе (в теплом секторе волны). Чаще всего такие шквалы возникают в дневное время. Они встречаются в 55 % случаев от общего числа фронтальных шквалов.

Второй тип фронтального шквала наблюдается на быстродвижущемся холодном атмосферном фронте с большими (≥10 °С) контрастами температуры воздуха у поверхности Земли. Шквалы на холодных атмосферных фронтах данного типа возникают весьма часто, но сильные шквалы наблюдаются сравнительно редко.

Наличие в зоне холодного атмосферного фронта достаточно мощных упорядоченных вертикальных движений, обусловленных циклонической кривизной изобар, способствует развитию вынужденной конвекции. В зоне холодных атмосферных фронтов, располагающихся в глубоких барических ложбинах, такие вертикальные движения бывают наиболее интенсивными.

Третий тип фронтального шквала наблюдается вблизи точки окклюзии – на стыке теплого и холодного атмосферных фронтов, хорошо выраженных в поле температуры воздуха. Шквалы у точки окклюзии – более редкое явление, чем шквалы первого типа. Скорость ветра у поверхности Земли в 75 % случаев достигает 20–30 м/с, а в 25 % случаев превышает 30 м/с. Наиболее благоприятные условия для образования шквалов у точки окклюзии создаются в теплую половину года во второй половине дня (12–18 часов местного времени). Характерной особенностью шквалов данного типа является то, что они наблюдаются только при отрицательных барических тенденциях вблизи точки окклюзии, превышающих -3,0 гПа/3 часа.

Четвертый тип фронтального шквала наблюдается в тыловой части циклона в неустойчиво стратифицированной воздушной массе при прохождении вторичных холодных атмосферных фронтов. В образовании шквалов данного типа кроме конвекции большую роль играет градиентный ветер. Шквалы данного типа составляют около 12 % случаев. Скорость ветра у поверхности Земли относительно невелика и составляет 20–25 м/с, лишь в отдельных случаях достигает 30 м/с. Шквалы данного типа наблюдаются в любое время года и, как правило, во вторую половину дня (с 12 до 18 часов), т. е. в период максимального развития конвекции.

В период с 1964 по 1981 г. шквальное усиление ветра на территории Иркутской области отмечалось более 100 раз, в большинстве случаев в западных и южных районах, реже в верхнеленских и северных районах. В подавляющем большинстве случаев шквалы возникают за холодными фронтами глубоких циклонов, траектории которых проходят через Иркутскую область или в непосредственной близости от нее.

Наиболее благоприятными условиями для возникновения шквалов на территории Иркутской области являются следующие: прохождение холодного атмосферного фронта у поверхности Земли со скоростью перемещения ≥50 км/ч; развитие мощнокучевых облаков; высокая влажность в нижнем 1,5 км слое; значительный прогрев у поверхности Земли до 20–30 ºС; большие горизонтальные контрасты температур (≥8–12 ºС/500 км) в зоне фронта на АТ-850 гПа.

В качестве примера рассмотрим два случая шквалистого усиления ветра на территории Иркутской области. 16 мая 1990 г. в большинстве районов области отмечалось усиление северо-западного ветра до 25–30 м/с (табл. 1).

Таблица 1

Максимальная скорость ветра, зарегистрированная на метеорологических станциях Иркутской области 16 мая 1990 г.

Пункт наблюдения	Максимальная скорость ветра, м/с
Усть-Илимск	28
Чечуйск	30
Киренск	26
Шиткино	28
Новочунка	30
Калтук	26
Жигалово	26
Куйтун	27
Зима	30
Залари	28
Кутулик	27
Оса	28
Черемхово	30
Усть-Орда	27
Ангарск	27
Иркутск	26
Исток Ангары	36

Как показал синоптический анализ, в середине мая 1990 г. на территорию Иркутской области осуществлялся вынос теплой сухой воздушной массы с районов Средней Азии, обусловивший жаркую с суховеями погоду (рис. 1). Днем 16 мая 1990 г. температура воздуха повысилась до 28…36 ºС, во второй половине дня произошло резкое усиление ветра, отмечались пыльные бури с ухудшением видимости до 50–100 м.

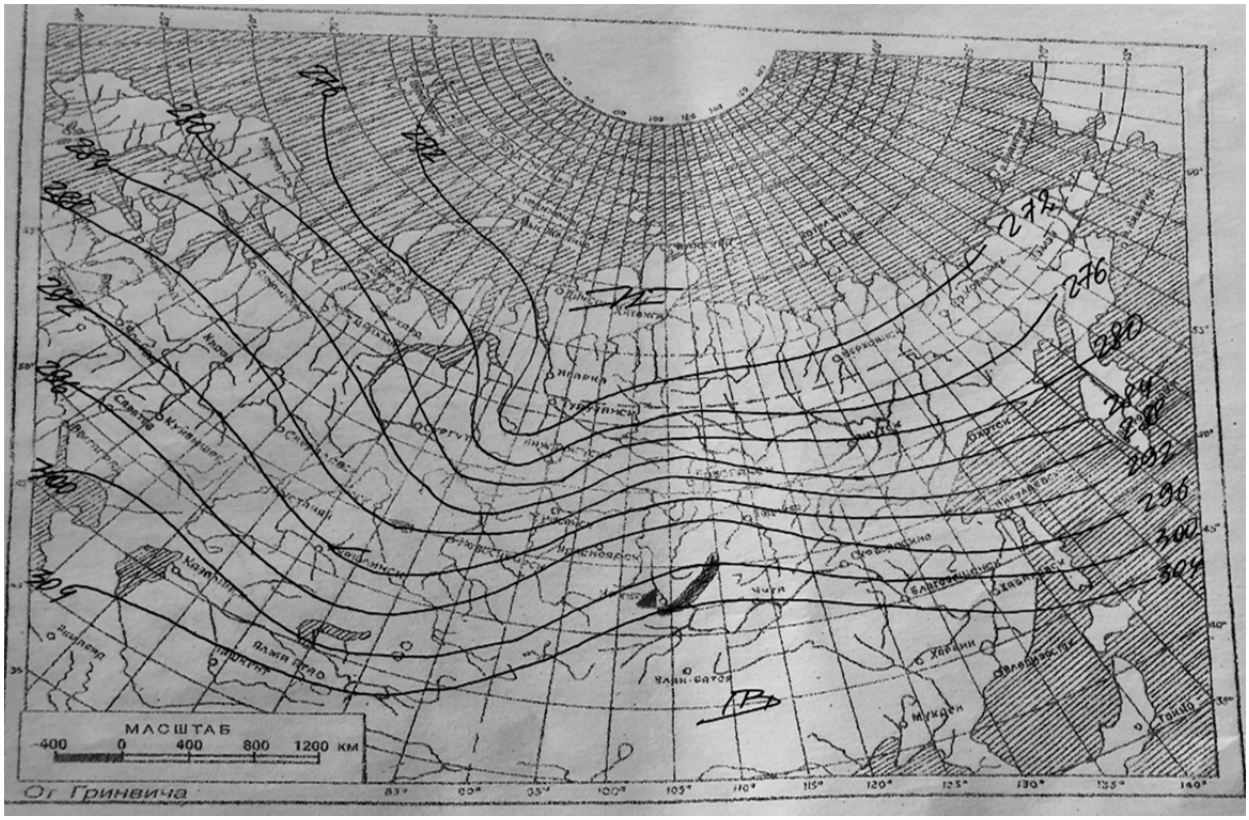


Рис. 1. Карта АТ-700 гПа за 03 всв 16.05.1990

Синоптический процесс определялся выходом глубокого приземного циклона с районов Казахстана на северные районы Иркутской области (рис. 2). Холодный фронт, как и приземный циклон, смещался в передней части высотной ложбины. В результате заполнения ложбины, направление потока сменилось на западное, и холодный фронт стал располагаться перпендикулярно изогипсам, скорость его смещения увеличилась до 100 км/час, контраст температур на АТ-850 составлял 23 ºС/500 км.

Большие скорости ветра на высотах, вынос тепла с районов Казахстана, адвекция холода в тылу за холодным фронтом способствовали увеличению барических градиентов в тылу циклона. Максимальный рост давления за холодным фронтом достигал 10–14 гПа/3 часа, что привело к усилению ветра до значений опасного явления (ОЯ).

16 июля 2004 г. во второй половине дня в южных и центральных районах Иркутской области с прохождением холодного атмосферного фронта наблюдалось шквалистое усиление северо-западного ветра до 25–30 м/с, которое сопровождалось пыльными бурями, грозами и ливневыми дождями. В результате ОЯ были повалены деревья, оборваны провода, прекращалась подача электроэнергии, в ряде районов объявлялся режим ЧС.

Опасному явлению погоды предшествовала жаркая, сухая погода с температурой воздуха 30…36 ºС, которая была обусловлена влиянием северной периферией высотного гребня от антициклона, расположенного над районами Монголии, где с юго-западными потоками на юг Иркутской области смещалась теплая воздушная масса. На АТ-500 гПа в тыловой части ложбины, ориентированной с севера на юг Западной Сибири, осуществлялась адвекция холода (рис. 3).

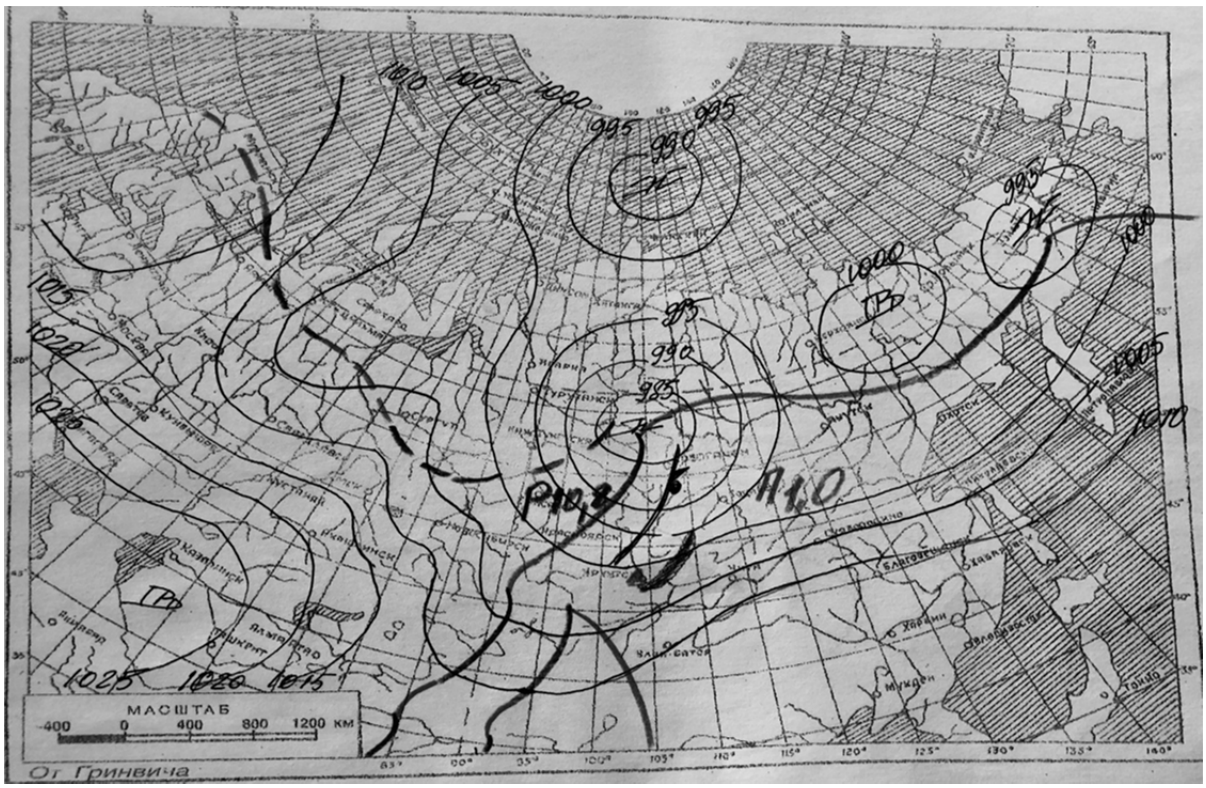


Рис. 2. Приземная синоптическая карта за 06 всв 16.05.1990

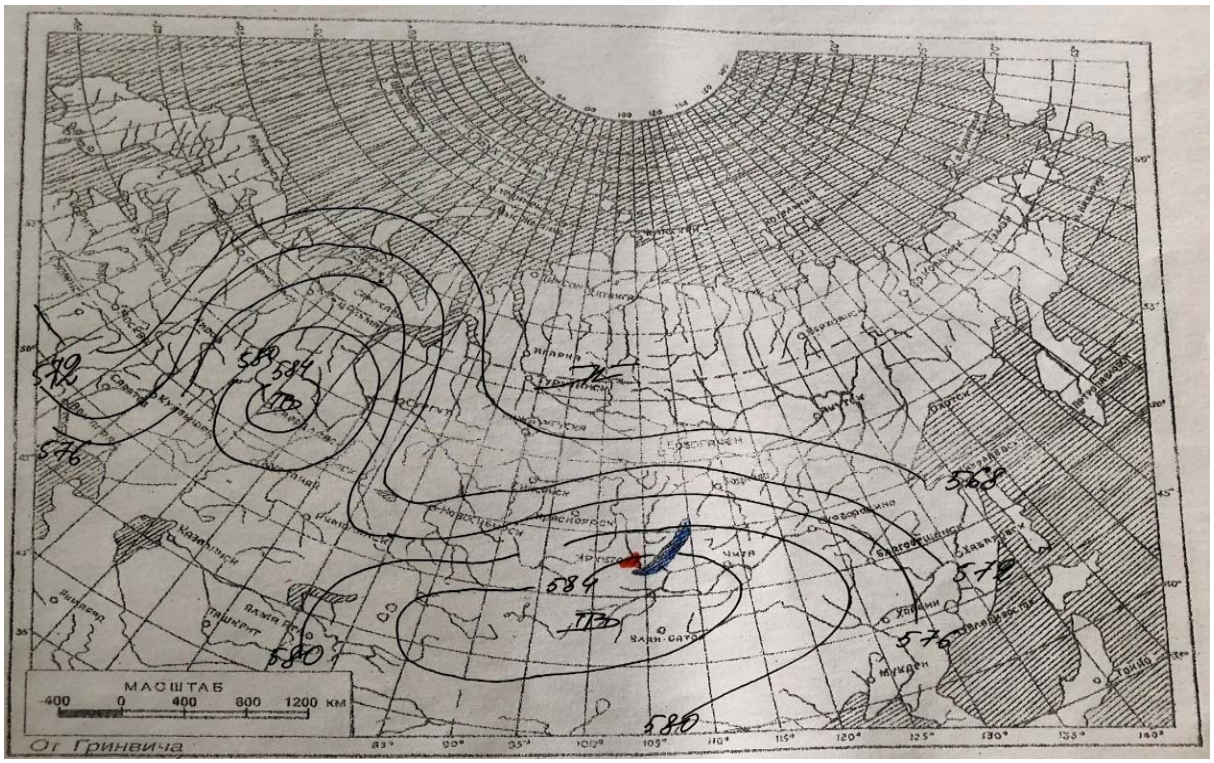


Рис. 3. Карта АТ-500 гПа за 00 всв 16.07.2004

В результате адвекции холода произошло увеличение температурных градиентов. Холодный атмосферный фронт 15 июля 2004 г. над западными и северными районами Иркутской области оставался малоподвижным, с ним были связаны грозы, ливни (рис. 4). 16 июля 2004 г. началось разрушение высотного гребня над районами Монголии. Температура на АТ-850 гПа на юге Красноярского края понизилась до 4…6 ºС, над югом Иркутской области сохранялся прогрев до 25 ºС.

Во второй половине дня на юге области началось интенсивное падение давления. Скорость смещения холодного фронта увеличилась до 100–120 км/ч, вдоль фронта сформировалась мощная кучево-дождевая облачность, за фронтом рост давления достигал 9 гПа/3 часа (рис. 5).

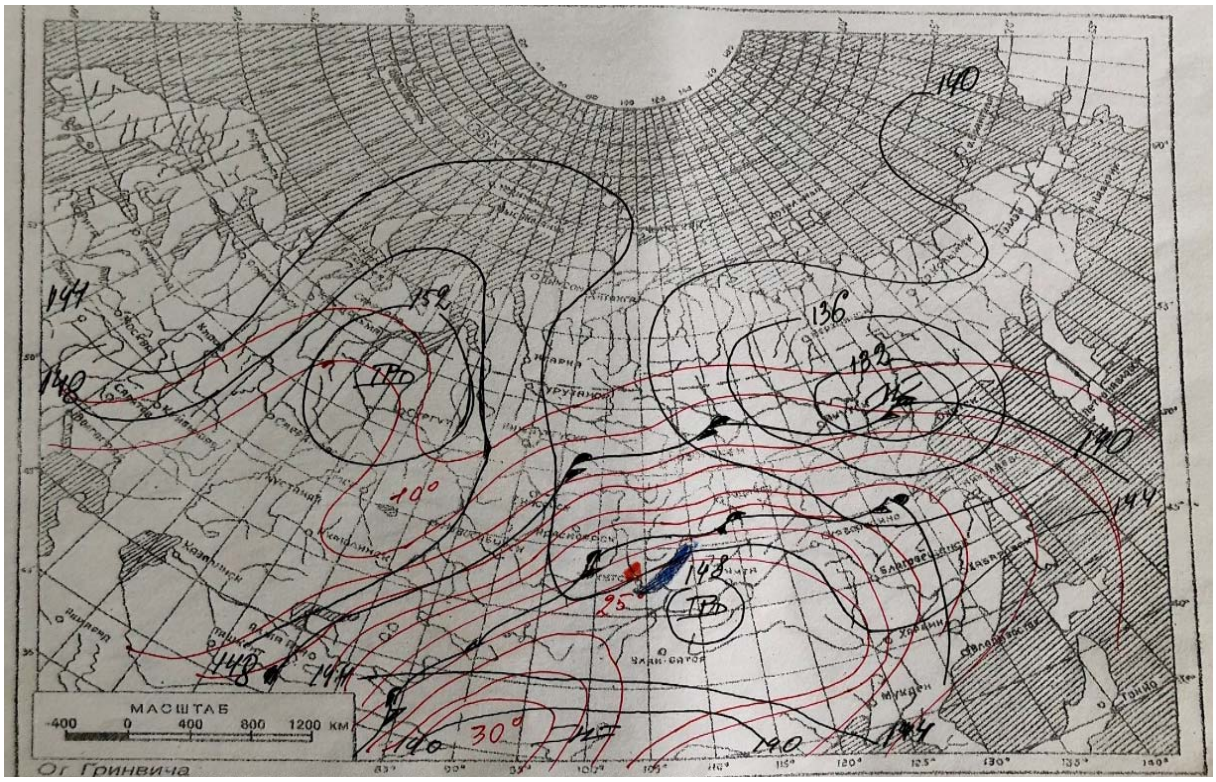


Рис. 4. Карта АТ-850 гПа за 00 всв 16.07.2004

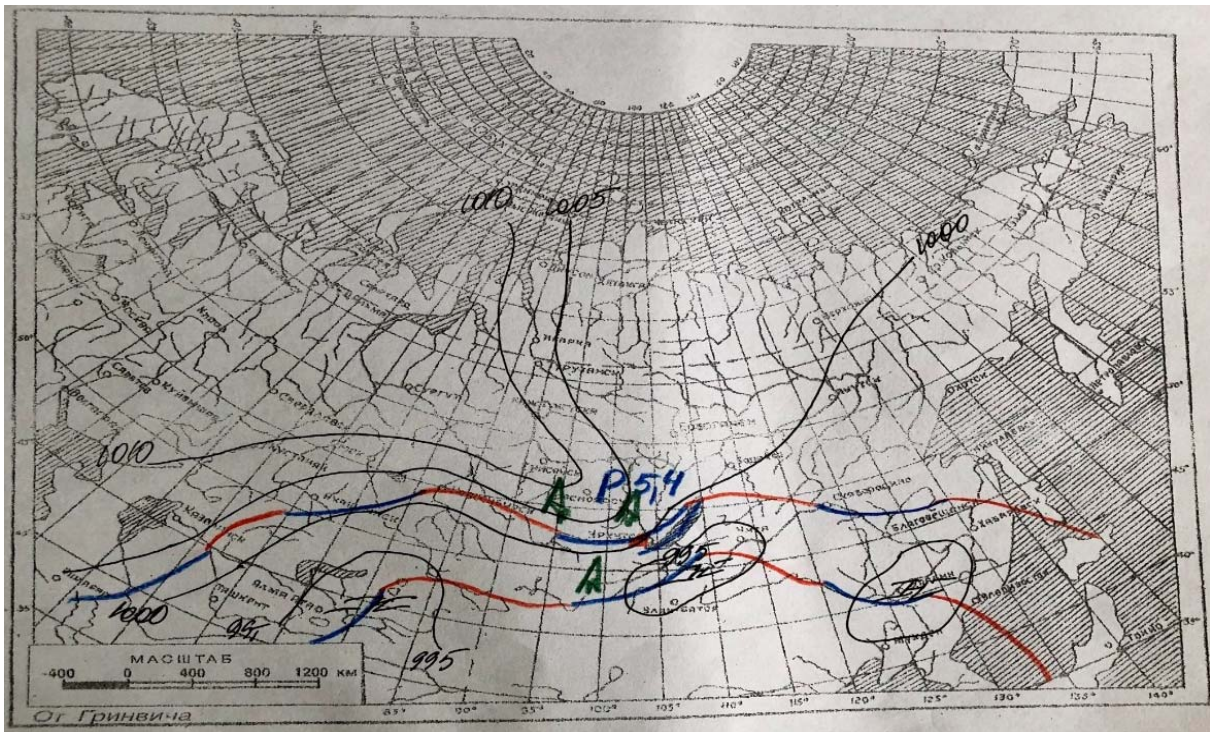


Рис. 5. Приземная синоптическая карта за 12 всв 16.07.2004

Выводы

Таким образом, шквалистое усиление ветра на территории Иркутской области чаще всего обусловлено увеличением в зоне холодного фронта барических и термических градиентов, увеличением скорости смещения фронта, что приводит к развитию зон сильных восходящих и нисходящих потоков и формированию мощной кучево-дождевой облачности. Причиной сильных шквалов 16 мая 1990 г. и 16 июля 2004 г. явилось ускорение волновых циклонических возмущений на холодном фронте за счет интенсивных нисходящих потоков холодного воздуха. Макромасштабная синоптическая ситуация при шквалах существенно отличалась от климатической, причиной чему явилось длительное развитие блокирующих процессов. Следствием макромасштабных факторов явилась повышенная бароклинность на территории Иркутской области, способствующая развитию мезомасштабных волновых возмущений в зоне холодного фронта, усиленных влиянием орографии.

Список литературы

1. *Будилина Е. Н., Прох Л. З., Снитковский А. И.* Смерчи и шквалы умеренных широт. Л. : Гидрометеоиздат, 1976. 31 с.
2. *Мастерских М. А.* О барических градиентах в узких зонах холодных фронтов //Метеорология и гидрология. 1980. № 8. С. 102–104.
3. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 2, Вып. 2, Урал и Сибирь. Л. : Гидрометеоиздат, 1986. С. 116–117.
4. *Шакина Н. П.* Динамика атмосферных фронтов и циклонов. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. 263 с.

Раздел 2
ГИДРОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ВОД СУШИ

УДК 504.03

Рекреационное качество поверхностных вод на акватории побережий морей в пределах Краснодарского края

Т. А. Волкова (mist-next4@inbox.ru)

Кубанский государственный университет, г. Краснодар

Аннотация. Основу производительных сил прибрежной зоны Краснодарского края составляют отрасли промышленного, строительного, топливно-энергетического комплексов, а также агропромышленного, транспортного, курортно-рекреационного и туристского комплексов. Улучшение качества поверхностных вод Краснодарского края – одна из актуальных экологических проблем. Для рек Черноморского бассейна характерно загрязнение, вызванное как естественными, так и антропогенными причинами. Кроме того, значимой экологической проблемой является проблема качества морской воды. Основными антропогенными источниками загрязнения прибрежной зоны являются неорганизованные хозбытовые и ливневые стоки населенных пунктов, смывы с водосборных площадей, организованные выпуски сточных вод с территорий предприятий городов, туристическая нагрузка в летне-осенний период, круглогодичное судоходство. За состоянием водных объектов в местах водопользования населения проводятся регулярные наблюдения.

Ключевые слова: прибрежные геосистемы, поверхностные воды, Краснодарский край, Черное море, Азовское море

По своей структуре и функциональным особенностям прибрежные геосистемы должны рассматриваться как экотонные зоны. Состояние прибрежных геосистем Краснодарского края России постоянно находятся под влиянием проблем территориального расширения хозяйственной деятельности, развития промышленной и торговой базы и др. Все это актуализирует проблемы экологической безопасности. Особенно острыми экологические проблемы становятся в условиях прибрежных геосистем, что связано с их пограничным положением (суша-море) и с увеличением концентрации антропогенной нагрузки. Экологические проблемы прибрежных геосистем можно условно разделить на две группы – проблемы характерные для континентальной части и проблемы акваториальной части геосистем.

Основу производительных сил прибрежной зоны Краснодарского края составляют отрасли промышленного, строительного, топливно-энергетического комплексов, а также агропромышленного, транспортного, курортно-рекреационного и туристского комплексов. Последние три направления деятельности (агропромышленный, транспортный, курортно-рекреационный и туристский комплексы) соответствуют приоритетам социально-экономического развития России, определяют особый статус Краснодарского края в экономике страны. На сегодняшний день на территории Краснодарского края сосредоточено значительное количество предприятий-природопользователей. Антропогенное загрязнение окружающей среды оказывает существенное воздействие на состояние здоровья населения. По разным оценкам, вклад антропогенных факторов в формирование отклонений здоровья составляет от 10 до 57 % [2; 3]. Немаловажный вклад в состояние здоровья населения вносит также качество вод прибрежных геоси-

стем. Улучшение качества поверхностных вод Краснодарского края – одна из актуальных экологических проблем.

Реки Черноморского бассейна берут свое начало в горах, поэтому вода рек слабоминерализована, относится к гидрокарбонатному типу. Для этих рек характерно загрязнение тяжелыми металлами, а именно: медью, железом и цинком и др. Вследствие того, что реки этого бассейна берут свое начало в молодых горах Кавказа, сложенных из пород, содержащих полиметаллические руды. Для всех рек характерна средняя и низкая водность, преобладание зимнего стока. В период меженей значительно повышается содержание основных загрязняющих веществ. Основными загрязняющими веществами, по которым наблюдаются превышения уровня ПДК во всех реках, являются тяжелые металлы, загрязнение которыми является устойчивым и характерным и вызвано естественными причинами. Для низовий рек характерно неустойчивое загрязнение БПК, ХПК, нефтепродуктами и азотом нитритным и вызвано антропогенной нагрузкой на водные объекты.

Кроме того, значимой экологической проблемой является проблема качества морской воды. Основными антропогенными источниками загрязнения прибрежной зоны являются неорганизованные хозбытовые и ливневые стоки населенных пунктов, смывы с водосборных площадей, организованные выпуски сточных вод с территорий предприятий городов, туристическая нагрузка в летне-осенний период, круглогодичное судоходство (эпизодически наблюдаются пятна нефтесодержащих вод различной площади, вследствие судовых сбросов балластных вод, их частота возрастает в районах крупных морских портов и основных судоходных маршрутов и на подходах к Керченскому проливу и к портам).

Мониторинг качества морских вод проводится регулярно и оценивается на основе соответствия значений гидрохимических показателей установленным общим требованиям и ПДК для воды объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Основными загрязняющими веществами, по которым наблюдаются превышения уровня ПДК, являются: тяжелые металлы (свинец, загрязнение которым в последние годы является устойчивым; железо общее (неустойчивое загрязнение)); нефтепродукты и БПК (единичные загрязнения). На станциях, расположенных вблизи устьев рек в наиболее напряженные периоды наблюдается повышенное содержание органических веществ и биогенных элементов, что вызвано стоками рек и значительной антропогенной нагрузкой в высокий курортный сезон [1].

Помимо антропогенных факторов, экологическая обстановка в российском секторе побережья Черного моря, связана с выпадением атмосферных осадков, таянием снега в горах, нестабильной гидродинамической ситуацией в прибрежной зоне из-за сильного ветра и частой сменой его направления, интенсивностью развития фитопланктона (при недостатке или избытке солнечной радиации) и механизмов биологической очистки моря. Складывающаяся гидродинамическая ситуация может частично способствовать обмену вод между прибрежной зоной и открытым морем, или частично блокировать северо-западный перенос вод, что приводит к локальным накоплениям загрязнений в прибрежной зоне. Обмену вод между прибрежной зоной и открытым морем способствует активность разномасштабных вихрей в шельфово-склоновой зоне. Например, в апреле 2014 г. при малооблачной погоде в Черном море активизировалось развитие фитопланктона и в поверхностном слое и отмечалось увеличение площадей, покрытых пленками веществ биогенного происхождения. В мае 2014 г. на качество прибрежных вод оказало влияние воздействие сильного северо-восточного ветра, которое сопровождалось в секторе от Туапсе до Севастополя апвеллинговыми явлениями, увеличением биопродуктивности и степени мутности шельфовых вод.

При прогреве верхнего слоя воды до 19–20^{0}С наблюдается некоторое повышение мутности вод в склоновой зоне и в центральных районах в восточной части моря, что обусловливается также усилением развития воды одноклеточных водорослей –

кокколитофорид. Снижение прозрачности вод при «цветении» кокколитофорид происходит за счет интенсивного рассеяния света в приповерхностной толще на кокколитах, на которые распадаются известковые панцири этих водорослей. Улучшению качества вод в шельфово-склоновой зоне способствует активность разномасштабных вихрей, поддерживавших обмен прибрежных вод с водами открытого моря [4]/

В Азовском море экологическое состояние вод в основном определяется интенсивностью ветрового воздействия, температурой воздуха, сбросами воды через Краснодарский гидроузел, случаями загрязнения нефтепродуктами (судовые сбросы нефтесодержащих вод). Азовское море по уровню развития планктона относится к категории эвтрофных водоемов. На его акватории, по сравнению с Черным морем, в вегетационный период регистрируются более высокие (на порядок) концентрации хлорофилла и наблюдается значительная пространственно-временная изменчивость этого показателя. В периоды теплой маловетреной погоды происходит осаждение взвешенного вещества, увеличение прозрачности вод, создаются благоприятные условия для развития фитопланктона, происходят вспышки его развития, что приводит к снижению концентрации растворенного кислорода и накоплению токсичных веществ. При умеренном ветровом воздействии увеличивается перемешивание вод, насыщение кислородом и экологическая ситуация улучшается. Однако дальнейшее усиление ветра до 10–12 м/с и выше приводит к взмучиванию донных осадков в мелководных районах моря, увеличению мутности вод и снижению уровня фотосинтеза. Распределения взвесей и загрязнений существенно зависят от ветро-волнового переноса, типа циркуляции вод и определяются изменчивостью поля ветра [1].

Например, при усилении юго-западных и западных ветров в Керченском предпроливье Черного моря может происходить интенсивный заток черноморских вод по ложбинам и бороздам в Азовское море и проникновение одноклеточных динофитовых водорослей. В условиях жаркой погоды температурная стратификация увеличивает вертикальную устойчивость водной массы и происходит «красное цветение» водорослей, так как при своей гибели одноклеточные динофитовые водоросли выделяют пигмент характерного красного цвета.

При сильных восточных и северо-восточных ветрах, происходит взмучивание донных осадков и воды повышенной степени мутности могут наблюдаться по всей акватории Азовского моря. В целом, чаще всего повышенное содержание загрязняющих веществ регистрируется в Таганрогском заливе, у побережья к югу от Долгой косы, в Ясенском заливе, у восточного побережья от м. Ачуевский до дистали Ачуевской косы. При сильном северо-восточном ветре наибольшее количество взвесей концентрируется в юго-западной части моря, где мутность вод становится наибольшей. Более чистые воды обычно наблюдаются в центральном и юго-восточном районах моря. В Таганрогском заливе степень мутности вод зачастую имеет высокие, но не предельные значения. Сгонные явления, периодически наблюдающиеся в Таганрогском заливе приводят к снижению уровней воды на устьевом участке р. Дон, к взмучиванию донных осадков, ветро-волновому размыву отдельных участков Долгой косы, значительной осушке в Ейском заливе, в озере Ханском и Бейсугском лимане. В результате выноса взвешенных веществ в поверхностные слои моря резко уменьшается прозрачность вод на значительной части акватории моря. Однако, благодаря разрушению слоя солевой стратификации, насыщению вод кислородом и поднятыми биогенными элементами, при этом создаются предпосылки для улучшения экологической ситуации в последующие периоды маловетреной погоды. Подобные явления происходят ежегодно, преимущественно, с июля по октябрь.

За состоянием водных объектов в местах водопользования населения проводятся регулярные наблюдения Роспотребнадзором по Краснодарскому краю, в частности, осуществляется санитарно-эпидемиологический надзор. Например, по состоянию на 27.09.2017 в рамках социально-гигиенического мониторинга выполнено 12 612 лабора-

торных исследований морской воды Азово-Черноморского побережья, в том числе на микробиологические показатели – 4911, санитарно-химические –4676, паразитологические –2049, вирусологические – 976. В целом, в летние месяцы (особенно в августе), когда температура воздуха и морской воды высокая, существует опасность бактериального загрязнения вод. Именно в это время наблюдается повышение концентрации отдыхающих на побережье. Но зачастую, информация, распространяемая «сарафанным радио» об опасности заражения бактериальными и вирусными инфекциями во время отдыха на побережье Краснодарского края несколько ложно смещает акценты по поводу низкого качества воды. На наш взгляд, опасность несет не столько качество морской воды, сколько сам факт повышенной концентрации людей (особенно детей младшего возраста, которые традиционно находятся в группе риска) на курортах, что и ведет к повышению риска заражения, который усугубляется нечистыми на руку предпринимателями, предлагающими услуги, не отвечающие санитарно-гигиеническим требованиям. Остроту этой проблемы можно снизить за счет введения жестких требований к качеству оказания сопутствующих рекреационных услуг на курортах, регулирования численности туристов, перераспределения турпотоков [4].

Одной из причин загрязнения моря в акватории курортов Азово-Черноморского побережья является отсутствие очистки ливневых стоков во многих населенных пунктах побережья. После ливней значительно повышается уровень загрязняющих веществ и микрофлоры в водах побережья. Но благодаря усилению контроля за сбросом промышленных и канализационных стоков, пуску новых очистных сооружений отмечается некоторое улучшение качества прибрежных вод Азовского и Черного морей. Оптимизация рекреационного водопользования является сложной проблемой. Целевая установка ее – максимум эффективности, рекреационного использования водных объектов при минимальном отрицательном воздействии на качество воды и состояние экосистем при равных единовременных и эксплуатационных затратах.

Список литературы

1. *Волкова Т. А., Мищенко А. А., Антипцева Ю. О., Липилин Д. А.* Прибрежные геосистемы в пространстве и времени: по материалам Краснодарского края : монография. Краснодар, 2017. 275 с.
2. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2014 году». Краснодар, 2015.
3. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2015 году». Краснодар, 2016.
4. Статистика и динамика развития туристско-рекреационной системы региона: Краснодарский край : монография / под ред. Д. В. Максимова. Краснодар : Изд-во КубГУ, 2016. 309 с.

УДК 551.435.162:528:71

Оценка развития линейной эрозии с использованием методов дистанционного зондирования

Б. О. Гуржапов (bair.gurzhapov@yandex.ru)[1], Б. З. Цыдыпов[1], Б. В. Содномов[1], Ю. М. Ильин[2], В. Н. Черных[3], Э. А. Батоцыренов[1], М. А. Жарникова[1], М. В. Семенова[2], А. А. Аюржанаев[1], Ж. Б. Алымбаева[1, 3], Е. Ж. Гармаев[1, 2, 3]

[1] *Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН, Улан-Удэ;*
[2] *Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р. Филиппова, Улан-Удэ;*
[3] *Бурятский государственный университет, Улан-Удэ*

Аннотация. В бассейнах рек Куйтунка, Тарбагатайка и Куналейка (Селенгинское среднегорье) зафиксировано большое количество овражных образований. С борта беспилотного летательного аппарата проведена разновременная съемка оврага Буланка. Созданы высокоточные ортофотопланы и цифровые модели

рельефа оврага. Предложенная методика количественной оценки темпов оврагообразования позволила с высокой точностью оценить изменение площадных и объемных характеристик исследуемого оврага.

Ключевые слова: Селенгинское среднегорье, водная эрозия, антропогенное воздействие, овраг, беспилотный летательный аппарат, ортофотоплан, цифровая модель рельефа, площадь, объем.

Введение

Овраги – крайняя степень проявления водной эрозии. Ее изучение является актуальной задачей в целях устойчивого развития территорий, так как овражная эрозия наносит значимый урон земельному фонду.

Используемые в настоящее время методы количественной оценки оврагообразования имеют ряд недостатков. Основные из них – недостаточные информативность и оперативность. Так, при использовании наиболее распространенного до сих пор линейного метода реперов значительные ошибки возникают вследствие неточного позиционирования мерной ленты у бровки оврага. При тахеометрической съемке ошибки возникают из-за дискретности съемки, так как тахеометрический ход формируется из прямых отрезков, и полученный «образ» оврага не в полной мере соответствует действительному, природному. При съемке высокоточным GPS-оборудованием неминуемы ошибки из-за опять же неточного позиционирования прибора на бровке оврага. Следует также учесть, что наземные методы съемки (теодолитные, тахеометрические, с помощью GPS-аппаратуры) не всегда оперативны.

Для получения достоверной и актуальной информации в настоящее время широко используются материалы аэро- и космосъемки. Однако парк аэросъемочных носителей неуклонно сокращается, высокие экономические затраты на обслуживание и заправку самолетов приводят к повышению стоимости конечной продукции и делают нецелесообразным их использование в ряде работ, таких как съемка небольших по площади территорий.

Современные методы космической съемки отличаются оперативностью и высоким уровнем автоматизации, что позволяет получать спутниковую информацию за достаточно короткое время (1–2 недели от заказа до получения данных). Но космическая съемка, несмотря на декларируемое ежегодное снижение цен на конечную продукцию, все еще остается достаточно дорогой. Так, архивный снимок со спутника QuickBird сверхвысокого разрешения (0,61 м) пятилетней давности, покрывающий территорию площадью 25 км^2, стоит порядка 40 тыс. руб. Спутниковые же системы, работающие в реальном масштабе времени съемки, являются чрезвычайно затратными.

Доступные спутниковые картографические Интернет-порталы Google Earth, SAS. Planet не удовлетворяют полностью пользователей в крупномасштабном спутниковом материале ввиду недостаточно быстрого его обновления.

Всех этих недостатков лишена лазерная сканирующая съемка и съемка с борта беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Высокоточные лазерные сканирующие системы, позволяющие получать за одну секунду от нескольких десятков до сотен тысяч отсчетов, очень дороги и не обладают достаточной оперативностью в противовес аэрокосмическим системам из-за трудоемкой обработки большого количества исходных материалов.

Промежуточное положение между наземной и аэрокосмической съемкой в целях локального мониторинга территорий по критерию «эффективность – стоимость» занимает съемка на базе дистанционно управляемого БПЛА, обеспечивающего проведение работ на сверхмалых высотах и существенно более экономичного по сравнению с традиционными аэрокосмическими носителями.

В Селенгинском среднегорье, в бассейнах рр. Куйтунка, Тарбагатайка и Куналейка, зафиксировано большое число овражных образований. Легкий гранулометрический состав лессовидных покровных отложений, ливневый тип атмосферных осадков и значительная расчлененность рельефа Селенгинского среднегорья являются ведущими

факторами оврагообразования в регионе [1]. Наряду с природными факторами – климатическими, геоморфологическими и почвенно-растительными – значимым фактором выступает человеческая деятельность. В этих условиях требуется разработка эффективных противоэрозионных мероприятий, которая возможна только при наличии качественной и количественной характеристики эрозионных процессов. Выполнить эту задачу невозможно без длительных стационарных наблюдений.

В статье представлены результаты количественной оценки пространственно-временной изменчивости границ модельного оврага с помощью современных средств и методов съемки с борта БПЛА. В летне-осенние периоды 2016–2017 гг. проведен ряд полевых экспедиций на овраг Буланка [4]. Для оценки динамики оврагообразования созданы высокоточные разновременные ортофотопланы и цифровые модели рельефа (ЦМР) оврага. Определены границы, площади смещения бровки и изменения объемов оврага.

Территория исследования

Падь Нижняя Буланка представляет собой межгорное понижение в восточных отрогах хребта Цаган-Дабан с абсолютными высотами в пределах днища от 750 м в верхней части пади до 680 м в устьевой ее части. Абсолютные высоты хребтов, отделяющих падь от долины р. Куналейка, составляют 950–1000 м. Протяженность пади с запада на восток – 6,1 км, ширина по бортам – от 700 м в верхней части до 1,5 км в устьевой. Падь асимметричная – правый борт протяженный и пологий (углы наклона поверхности в пределах 25–30°), левый борт крутой (уклоны до 45°). В днище пади расположен овраг, сформированный деятельностью временных русловых водотоков. В верховьях оврага имеется постоянный водоток – ручей Буланка. Овраг находится в 2 км севернее с. Большой Куналей Тарбагатайского района Республики Бурятия.

В качестве объекта мониторинга выбран отвершек оврага Буланка (рисунок). Координаты устьевой части: 107° 35′ 14′′ в. д., 51° 28′ 16′′ с. ш. Морфометрические параметры: длина – 139 м, высоты устьевой и вершинной частей – 698,7 и 700,6 м (Балтийская система высот) соответственно, уклон – 0,8°, максимальные глубина и ширина – 10 и 27 м соответственно.

Материалы и методы

1. *Беспилотный летательный аппарат.* Для создания разновременных ортофотопланов и ЦМР оврага использована съемочная аппаратура, смонтированная на борту квадрокоптера Phantom 3 Professional.



Рис. 1. Территория исследования

Данный БПЛА – это радиоуправляемая модель летательного аппарата, оборудованная гироскопической стабилизационной системой, GPS-приемником, автопилотом, цифровой ортонормированной камерой Sony Exmor FC300X (f = 3,61 мм) для съемки в видимом диапазоне с разрешением 12,4 мегапикселей. Полеты отслеживаются с помощью ПО наземного контроля на экране смартфона, соединенного через пульт управления по сети Wi-Fi с автопилотом и камерой. Максимальные полетные характеристики: скорость – 60 км/ч, высота – 500 м, продолжительность полета – 23 мин.

Для фотограмметрической обработки цифровых изображений и создания на их основе ЦМР использовано ПО AgiSoft PhotoScan. Проекция снимков – UTM, координатная система – WGS84. Форматы выходного файла – GeoTIFF и TIFF с файлом привязки (world-файлом), позволяющие работать со снимками в любой ГИС. В соответствии с рекомендациями руководства пользователя Agisoft PhotoScan обеспечено продольное и поперечное перекрытие снимков не менее 70 %.

Для выявления морфометрических показателей динамики линейной эрозии в ПО GNU Octave выполнен анализ разновременных объемных моделей оврага.

2. *Метеорологические данные.* Реанализ – один из наиболее эффективных и действенных способов получения метеорологической информации в необеспеченных ею местах.

В работе использованы метеорологические данные Интернет-сервиса анализа вегетации «ВЕГА-PRO» Института космических исследований РАН (Москва) [3]. Метеоданные основаны на модели реанализа NCEP/NCAR Reanalysis NOAA.

Ближайшая к территории исследования метеостанция с. Мухоршибирь расположена в 50 км по прямой. Более того, она расположена в соседней котловине, характеризующейся совершенно иными физико-климатическими условиями. В силу этого немаловажного факта пришлось задействовать данные реанализа сервиса «ВЕГА-RRO». В пределах прилегающей к оврагу территории получены осредненные значения количества атмосферных осадков, количества накопленных с начала года осадков, глубины снежного покрова, доли площади покрытия снегом за каждый день года в период с 2001 г. по настоящее время.

3. *Почвенные данные*. В исследуемом районе согласно климатическим показателям формируются настоящие степные ландшафты с черноземными и каштановыми почвами.

При обследовании оврага заложены 9 почвенных разрезов, проведен отбор образцов по генетическим горизонтам, выполнено их описание.

4. *Геоботанические данные.* Описание растительности оврага проведено общепринятыми методами геоботанических исследований. Собранный материал обработан в Интегрированной ботанической информационной системе IBIS [2]. Определен видовой состав, экологическая, биоморфологическая, географическая и ареалогическая структуры ценофлоры. Для оценки связей растительности с факторами среды каждому виду дан экологический статус методом градиентного анализа (ординации).

Общие закономерности распределения растительности прослеживаются в зависимости от местоположения по формам мезорельефа.

Результаты

Геоморфология и почвы. Современный рельеф пади Буланка является результатом длительного проявления экзогенных рельефообразующих процессов в позднеледниковье и голоцене. Смена климатических обстановок в Селенгинском среднегорье приводила к чередованию периодов аридизации и увлажнения. В эпохи аридизации в пределах пади и на окружающих наветренных склонах накапливались лессовидные отложения эолового генезиса, которые в периоды увлажнений перемещались временными водотоками в пониженные части и к днищу пади. Грубообломочный материал поступал преимущественно с левого борта и верховьев пади, где на дневную поверхность

выходят кристаллические коренные породы. Таким образом, овраг в пади Буланка, являющийся естественным водосбором территории, вскрывает многократно переотложенные породы, различные по гранулометрическому составу и генезису.

Активная часть донного оврага Буланка, не достигшая равновесия и продолжающая свое развитие, имеет слабо задернованные отвесные боковые стенки. В нижней части оврага обнажены плотные породы, сложенные плитняками. Поперечная форма данного оврага конусообразная. Нижняя и средняя части оврага, достигшие своей зрелости, находятся в стадии покоя. При этом днища и борта покрыты травянистой, кустарниковой растительностью и деревьями. Верховье оврага имеет вид каньона с отвесными стенками, а в устьевой части представлены трапецеидальной формой со слабо выраженными террасовидовыми формами с шириной дна около 6 м.

Одной из характерных черт оврага является наличие многочисленных отверший, которые формируются из-за антропогенного пресса (пахота) так и природного фактора (ливневые дожди).

Растительный покров. Исследуемый овраг образован в пади и является временным водотоком. Он условно разграничивает растительность окружающей территории на 2 флороценотипа. Слева на склонах каменистой гряды располагаются лесные фитоценозы, представленные преимущественно формациями соснового леса. Левый борт оврага более пологий и несет разные сукцессионные стадии лесовосстановления и лесообразования. Вершина борта имеет взрослый лес, срединная часть террасирована и покрыта кустарниковой растительностью, несущей закрепительную бортоукрепляющую функцию. Правый борт характеризуется резкими обрывистыми стенками с фрагментами степной растительности. К вершине борта вплотную прилегают склоновые сельскохозяйственные пашни, засеянные пшеницей. Края оврага сохранили степные сообщества дерновиннозлаково-типично степного флороценотипа. Дно – наиболее увлажненная часть оврага – покрыто луговой растительностью, сложенной преимущественно представителями бобовых, вследствие выноса ливневых стоков с сельскохозяйственных полей.

Анализ метеорологических параметров. В летне-осенний период 2016 г. в пределах оврага наблюдалось концентрированное выпадение ливневых осадков. Среднемноголетнее значение годового количества осадков для метеостанции с. Мухоршибирь равно 317 мм, а в пределах оврага для 2016 г. 459 мм. Стопроцентное покрытие снегом в 2016 г. наблюдалось вплоть до апреля, толщина снега достигала 60 см.

Ливневый характер и повышенное количество осадков способствуют активному развитию процессов водной эрозии.

Съемка с борта БПЛА. Созданы высокоточные разновременные ортофотопланы и ЦМР оврага на основе данных съемки с борта БПЛА. Даты съемки: 10.10.2016; 25.06.2017; 07.09.2017.

Для достижения высоких показателей пространственного разрешения и одинаковых условий съемки была задана одна высота – 30 м. Получены ортофотопланы и ЦМР с пространственным разрешением 3 см/пиксель.

Приблизительно за год изменение площади проекции бровки оврага на горизонтальную плоскость составило 47 м^2 (табл.).

Таблица

Морфометрические характеристики модельного участка оврага Буланка

Дата съемки	Площадь, м^2	Объем, м^3
10.10.2016	2395	9995,2
25.06.2017	2440	12276,0
07.09.2017	2442	12565,8

Так как модели рельефа получены в узлах регулярной сетки, объемы определены методом дискретного интегрирования значений высоты относительно дна оврага с последующим умножением на размерность пикселя. Овраг приблизительно за год увеличился в объеме на 2570,6 м^3 (см. табл.).

Заключение

Выполненные авторами исследования позволяют сделать нижеследующие выводы.

1. Овраг в пади Буланка, являющийся естественным водосбором территории, вскрывает многократно переотложенные породы, различные по гранулометрическому составу и генезису.

Активная часть донного оврага Буланка, не достигшая равновесия и продолжающая свое развитие, имеет слабо задернованные отвесные боковые стенки. Наличие экстремальных природных метеорологических явлений нарушает динамическое равновесие форм рельефа и определяет ускорение эрозии. Ливневый характер и повышенное количество осадков способствуют активному развитию процессов водной эрозии.

Продольный профиль участка оврага не выработан, его рост продолжается, особенно в вершинной части.

2. Определен видовой состав ценофлоры, ее экологическая, биоморфологическая, географическая и ареалогическая структуры.

Общие закономерности распределения растительности прослеживаются в зависимости от местоположения по формам мезорельефа.

3. При исследовании динамики оврагообразования оценены морфометрические характеристики исследуемого оврага. Анализ ортофотопланов и ЦМР, полученных в результате аэрофотосъемки, показал неуклонное увеличение площади и объема оврага.

Таким образом, создана новая методическая основа системы мониторинга процессов оврагообразования.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований IX.137.2 «Природные и социально-экономические процессы в зоне влияния Великого Шелкового и Чайного пути в условиях глобализации и изменения климата» Байкальского института природопользования СО РАН.

Список литературы

1. *Васильев Н. М., Тулохонов А. К., Волошин А. Л.* Динамика оврагообразования в Селенгинском среднегорье (по историко-картографическим материалам) // Геоморфология. 1988. № 4. С. 44–49.
2. *Зверев А. А.* Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
3. Использование спутникового сервиса ВЕГА в региональных системах дистанционного мониторинга / Е. А. Лупян, С. А. Барталев, В. А. Толпин, В. О. Жарко, Ю. С. Крашенинникова, А. Ю. Оксюкевич // Соврем. проблемы дистанцион. зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11, № 3. С. 215–232.
4. Оценка развития линейной эрозии на примере оврага в Селенгинском среднегорье / А. К. Тулохонов, Б. З. Цыдыпов, Б. В. Содномов, Б. О. Гуржапов, А. А. Аюржанаев, Э. А. Батоцыренов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2018. Т. 62, № 3. С. 327–336.

УДК 551.482.6:551.459(571.54)

Исследование байкальских побережий в устьях рек

Е. А. Ильичёва (lenail3663@mail.ru)[1,2], М. В. Павлов (maksimpavlov_v@mail.ru)[1], Д. В. Кобылкин, (agrembrandt@inbox.ru)[1], И. Ю. Амосова (irinaamosova_83@mail.ru)[1], М. Ю. Опекунова (opek@mail.ru)[1], С. Р. Чалов (srchalov@geogr.msu.ru)[3], К. Е. Вершинин (278908@gmail.com)[4], А. П. Рогачёв (arogachov25@gmail.com)[2], А. А. Гаврилова (gavryusha.dipsi@mail.ru)[5]

[1] Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск; [2] Иркутский государственный университет, г. Иркутск; [3] Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва; [4] Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск; [5] Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация. Рассматриваются параметры субаэральных и субаквальных частей устьев и акваторий в различные годы водности, выделяются морфодинамические типы устьевых систем и их связь с морфометрическими характеристиками бассейна, геолого-геоморфологическими типами берегов, представлены результаты исследований донных осадков, режимов седиментогенеза за последние две тысячи лет и речного стока на современном этапе.

Ключевые слова: устье, конус выноса, эстуарий, дельта, экзогенные процессы, рельефообразование, гидроклиматический цикл, уровенный режим, абразия, эрозия, аккумуляция.

Введение

В настоящее время, в условиях активного антропогенного воздействия в бассейне оз. Байкал, исследования морфогенеза побережий Байкала становятся важным направлением и имеют практическое значение. Особую актуальность этот вопрос приобретает на сегодняшний день в рамках «фундаментальных исследований для сохранения природы бассейна озера Байкал» на рубеже смены этапов гидроклиматического цикла. Смена гидроклиматического цикла и техногенное преобразование Байкальской природной территории сопровождается многоводными и маловодными периодами, в которые и происходи переформирование берегов Байкала и перестройка устьевой гидросети притоков.

В работе рассматриваются фундаментальные вопросы рельефообразования устьев Байкальских притоков: смена сукцессионного ряда ведущих процессов и факторов морфогенеза в последних вековых и внутривековых гидроклиматических ритмах и под техногенной нагрузкой; выявление современного этапа экзоморфолитогенеза; моделирование и прогноз их развития при задаваемых параметрах. Устья притоков Байкала, являясь открытыми динамическими эрозионно-аккумулятивными системами, развиваются под действием факторов, определяющих и лимитирующих ход, скорость и направление ведущих и подчиненных им групп процессов. Смена ведущих факторов обусловливает новый этап развития систем. Наложение последнего гидроклиматического ритма и техногенного повышения уровня Байкала, создает новые условия экзоморфолитогенеза устьев.

Результаты

На основе анализа материалов обработки SRTM на побережье Байкала насчитывается 470 устьев, из них 230 постоянных водотоков, 30 % составляют временные водотоки, около 20 % эпизодические пади и распадки, работающие только при экстремальном увлажнении.

Каждое устье является уникальной открытой геосистемой. В целом, устья рек западного берега озера Байкал прорезают ранее сформированные делювиально-пролювиальные или селевые конусы выноса, создавая разветвленную гидросеть,

внешне схожую с системой дельтовых водотоков – псевдо-дельтовые устьевые системы (рис. 1, 2). В Байкал впадают рукава простыми устьями, имеющими приустьевое расширение русла или аллювиальный выступ. Более половины стока рек западного и южного побережья осуществляется через толщи конусов выноса. В периоды высокой водности сток проходит в руслах и по поверхности конуса. Объемы собственно речных наносов недостаточны для создания аллювиально-дельтовых аккумулятивных форм. В случае закрытого устьевого взморья блокирующими косами или барами внешний край устьевой системы формирует биогенно-дельтовые берега, а при сильных вдольбереговых течениях и волновой активности в устьях возникают лагуны. Псевдо-дельтовые устьевые системы характерны для рек Голоустная, Бугульдейка, Сарма, Риты и др. за исключением эстуарно-дельтовой системы р. Анги. На южном побережье, также как и на западном, развиты конусы выноса с устьями рек Снежная, Хара-Мурин, Солзан, Утулик и др.

Верхняя Ангара и Кичера на северной оконечности озера Байкал создают лиманно-дельтовую устьевую систему с дельтой заполнения на отмелом взморье (5–10 м). Гидрографическая сеть устьевой системы представлена рукавами рек Верхняя Ангара и Кичера, множеством дельтовых озер и осложнена наложенным конусом выноса р. Холодная. Приустьевой лиман (сор) заперт блокирующей косой – о. Ярки, образованной вдольбереговым перемещением наносов.

На восточном берегу Байкала в основном развиты различные модификации эстуарных и малорукавных устьевых систем, за исключением дельты р. Селенги. Устьевая система р. Селенги относится к открытому типу с устьевым взморьем и лопастной дельтой выдвижения. Дельта сформирована длительным взаимодействием системы «оз. Байкал – р. Селенга» и представляет собой уникальную аккумулятивную равнину с рядом специфических природных характеристик. В экосистеме дельты Селенги фильтруется водный поток, поступающий со всего бассейна. Речной сток составляет около половины притока в озеро. Распределение стока по пространству дельты неравномерно, а также резко различается по сезонам. Общее направление стока носит унаследованный характер. Дельта, заливы Провал и Черкалов Сор ограничены подводными и надводными барами и косами, которые в совокупности создают современную лиманно-дельтовую устьевую систему.

Формирование современного рельефа береговой зоны озера Байкал связано с проявлением в кайнозое крупных тектонических движений, которые обусловили контрастный облик рельефа, северо-восточную ориентировку основных морфоструктур, а также высокую раздробленность коренной основы, проседание блоков по склонам котловин.

В территорию исследования входят следующие крупные орографические единицы (с юго-западной оконечности озера по направлению на восток) – это хребты (в скобках приведены максимальные высотные отметки в пределах территории иссследования) Хамар-Дабан (г. Ханула – 2371 м), Приморский (г. Анай – 2055 м), Байкальский (2201 м), Баргузинский (2841 м). Геоморфологические единицы более низкого ранга – Приольхонское плато, южная часть Олхинского плоскогорья (975 м), которое занимает треугольник, ограниченный долинами рек Иркут, Ангара и побережьем озера Байкал. Горемыкско-Тыйское плато, Приольхонское плато. Незначительную площадь занимают равнинные участки – Утуликско-Солзанская и Култукско-Слюдянская низменности, западная оконечность Танхойской равнины (предгорная террасированная равнина хребта Хамар-Дабан), прибрежная полоса наклонных равнин озерных террас западного побережья вдоль Приморского и Байкальского хребтов, Усть-Селенгинская и Усть-Баргузинская впадины, устьевая равнина р. Верхней Ангары.

В геоморфологическом отношении по интенсивности проявления экзогенных процессов выделяется три крупных региона с подразделением на участки побережья (см. рис. 1, 2).

Долины рек и устьевые системы с высокой активностью проявлений экзогенных процессов:долины рек Байкальского хребта от р. Елохина до р. Хейрем (1); Кругобайкальский (2) (порт Байкал – пос. Култук); Хамар-Дабанский. (3) – прибрежная полоса от г. Слюдянки до п. Утулик.

Долины рек и устьевые системы со средней активностью проявлений экзогенных процессов: долины рек Приморского хребта (4); долины рек Байкальского хребта от р. Кочерикова до р. Замы (5); район Приольхонского плато (6); Максимихинский (7); устьевые системы и речные долины хребта Морской (8); полуостров Святой Нос (9); Черемшанский (10); Баргузинский (11); Северобайкальский район (12).

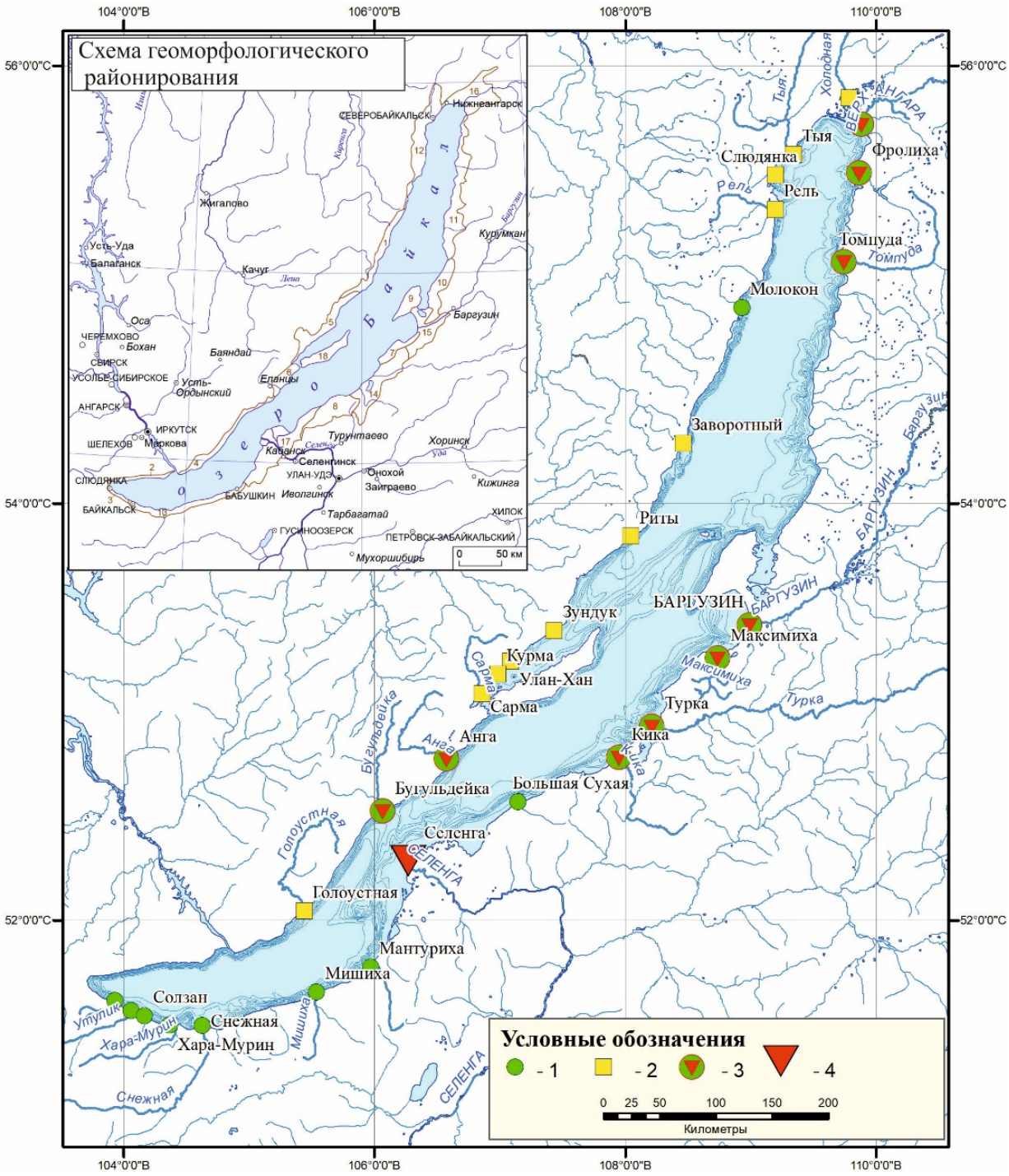


Рис. 1. Геоморфологическое районирование и морфогенетические типы устьевых систем:
1 – малорукавные с русловым расширением или с аккумулятивным выступом; 2 – многорукавные с фитогенно-дельтовым берегом выдвижения (на конусе); 3 – эстуарно-дельтовые (дельты заполнения, лиманно-дельтовые, лагунно-дельтовые; 4 – дельты выдвижения лопастные на мелководном взморье

№	Речная система	Площадь водосбора, км^2	J,°	H, м н.у.м.	H_{max}, м н.у.м	∑l, км	Коэффициент эрозионного расчленения, км/км^2	Уклон водной поверхности, °	Qср, м^3/с	Qmax пабл, м^3/с	ГМК, км·с/м^3	Полный эрозионный врез (объем речного бассейна по экстремумам, Wext), км^3		Современный объем горных пород объем по средним высотам, км^3		Qmax расч, м^3/с	Порядок речной системы по Хортону-Стралеру	Порядок РС по Шайдеггеру	Генетический тип устьевой системы*	Площадь устьевой системы, км^2	Геоморфологический район	Группы по интенсивности проявления экзогенных процессов
												Полный	Единичный	Полный	Единичный							
1	Риты	42,9	21,1	1463	1971	25,9	0,6	11,0				54	1,251	14	0,317		3	4,322	2	5,2	1	Долины рек и устьевые системы с высокой активностью проявлений экзогенных процессов
2	Заворотный																2		2	3,9	1	
3	Солзан	155	22,0	1307	2172	98,7	0,64	8,65									3		1	2,1	3	
4	Утулик	980	41,3	1263	2381	658	0,67	19,8	16,8	1300	39	1679	1,713	224	0,228	8788	5	8,801	1	2,1	3	
5	Бугульдейка	1729	16,7	749	1254	1146	0,66	8,81	5,38	111	213	1207	0,698	120	0,069	414	6	9,758	3	0,7	4	Долины рек и устьевые системы со средней активностью проявлений экзогенных процессов
6	Голоустная	2284	8,52	779	1164	1536	0,67	4,19	9,51	308	162	1527	0,669	174	0,076	920	5	10,214	2	7,8	4	
7	Сарма	770	19,5	959	1729	493	0,64	10,4	5,35	54,8	92	832	1,081	81	0,105	136	5	8,755	2	7,4	5	
8	Улап-Хап																3		1	1,1	5	
9	Курма	54,9	11,1	1081	1502	38,3	0,70	7,46				46	0,838	7	0,128		3	4,907	2	7,2	5	
10	Зундук	65,0	10,7	1021	1547	39,0	0,60	5,75									2		2	3,75	6	
11	Макисмиха	452	6,25	582	1297	350	0,77	2,12	1,64								3		3	0,9	7	
12	Б. Сухая	376	13	899	1715	240	0,27	4,63	3,89	37,3	62	386	1,028	53	0,141	88	5	7,392	1	0,4	8	
13	Томпуда	1822	19,3	1292	2627	1286	0,71	5,86	43,3	728	30	3500	1,921	412	0,226	1111	5	9,775	3	14	11	
14	Фролиха	674	17,8	1030	1881	478	0,71	5,66									5		3	1	11	
15	Рель	564	15,8	1124	2129	397	0,70	5,11	12,9	317	31	870	1,543	116	0,205	1352	4	8,170	2	2,7	12	
16	Тыя	2613	25,1	1001	2272	1718	0,66	8,78	39,8	638	43	4318	1,653	450	0,172	1404	6	10,297	2	3,9	12	
17	Слодянка (север)	545	16,3	1012	21,84	359	0,66	5,02									5		2	2	12	
18	Молокоп	128	23,3	1398	2442	91,7	0,72	8,07									4		1	2,1	12	
19	Безымянная	212	22,1	1107	2063	136	0,64	7,89	5,57	22,7	24	301	1,418	46	0,216	38	4	6,615	1	0,4	13	Устьевые системы и долины рек равнинно-низменных участков
20	Хара-Мурин	1185	19,1	1335	2334	752	0,63	6,53	24,2	1460	31	2105	1,777	273	0,231	2615	5	9,185	1	1,2	13	
21	Снежная	3009	17,1	1302	2384	1954	0,65	5,54	46,9	1900	42	5489	1,824	583	0,194	2996	5		1	2,1	13	
22	Мишиха	889	15,1	1034	2053	573	0,64	5,49									4		1	1,2	13	
23	Мантуриха	560	25,7	847	1470	355	0,63	13,4	52,9								4		1	0,6	13	
24	Кика	2028	8,6	851	1763	1412	0,70	3,10	105	168	13	2508	1,236	249	0,123	582	5	10,077	3	8,1	14	
25	Турка	5852	18,2	939	2017	3954	0,68	7,48									5		3	4,5	14	
26	Баргузин	21174	17,59	870	2797	13791	0,65	5,27	125	1110	110	45946	2,170	4254	0,201	2577	7	13,255	3	9,3	15	
27	Ангa	1170	12,1	766	1640	812	0,69	5,58	2,63	64,2	309	1218	1,041	84	0,072	585	5	9,418	3	3,1	15	
28	Холодная	1101	15,8	1128	2466	729	0,66	5,00	20,2	456	36	1992	1,809	239	0,217	898	5	9,050	2	11,4	16	
29	В. Ангара	20639	19,8	863	2600	14820	0,72	7,00	268	1860	55	42579	2,063	3932	0,190	3756	6	13,283	3	109**	16	
30	Селенга	458649	11,7	1199	3539	351418	0,77	3,94	883	8900	398	102138	0,223	9659	0,021		7		4	600	17	

*1 - малорукавные с русловым расширением или с аккумулятивным выступом;

2 - многорукавные с фитогенно-дельтовым бергом выдвижения (на конусе);

3 - эстуарно-дельтовые;

4 - дельты выдвижения лопастные на мелководном взморье;

** (Потемкина, 2017)

Рис. 2. Матрица-экспликация генетических типов устьевых систем

Долины рек равнинно-низменных участков: реки прибрежной полосы западной оконечности Танхойской равнины участок рр. Хара-Мурин – Снежная (13); Котокельско-Туркинский (14); район Усть-Баргузинской впадины(15); Нижнеангарский (16) район; устьевые системы и долины Усть-Селенгинской депрессии (17); устьевые системы и речные долины острова Ольхон (18).

Пространственно-временные границы современного этапа экзоморфолитогенеза для речных устьев, как объемных геологических тел, формирующихся в открытой динамической системе определяются посредством бурения донных осадков лагун, лиманов и старичных озёр.

Озёра дельты р. Селенги представлены лагунами тектонического происхождения, лагунно-лиманного типа, старичными и гривовыми озёрами пойм. Старичные озера дельты развиты повсеместно на отметках 457–459,5 метров. Различаются сезонные, пойменные и старицы высоких террас и в понижениях гривового рельефа на внутренних участках излучин. На поверхности Кабанской террасы (460–465 м) старичные озера образованы в понижениях палеопроток и вееров блуждания. Здесь отмечаются подпрудные озера, образованные эоловыми пересыпями и гравитационно-склоновыми процессами, перегораживающими небольшие водотоки. Вдоль протоки Левобережная встречаются озера, образованные берегоукрепительной дамбой и выходом грунтовых вод. Современные тектонические проявления в Среднеустьевском секторе выявляются по результатам продольного профилирования проток дельты (2006–2017 гг.) и отражаются в выполаживании уклонов русел и смещении береговой линии сектора вглубь дельты, увеличении площади озер, что может говорить о медленном опускании этого участка дельты Эрозионно-аккумулятивная деятельность проток дельты активизируется в периоды экстремальных значений водности. В многоводные годы наблюдаются резкие изменения плановых положений русел, образование новых проток и отмирание старых. Особое место среди стариц дельты занимают озера на высоких островах (до 3 м), сохранившихся в центральной части. Группа островов (Солдатский, Березовый, Горбун, Бурлаков) разбивает основной поток р. Селенги на Лобановское и Селенгинское. Абсолютные отметки на островах в пределах 459–460 м. На поверхности островов сохранились веера блуждания, гривовый рельеф, и палеорусла относительно древней русловой сети дельты, угадываемые по кустарниковой растительности. Некоторые русла используются современной речной сетью в периоды большой водности. Озеро Хлыстов Затон имеет 650 м в длину и 60 м в ширину и вытянуто полумесяцем с юга на север. Глубина озера около 1–2 м. Озерные осадки, представлены илом с разной степенью разложения органических остатков с прослоями песка мелкозернистого. Озерные отложения перекрывают гравийно-галечную русловую фацию на глубине 329 см. Контакт озерной и русловой фаций расположен на 1,7 м ниже дна современной протоки (рис. 3).

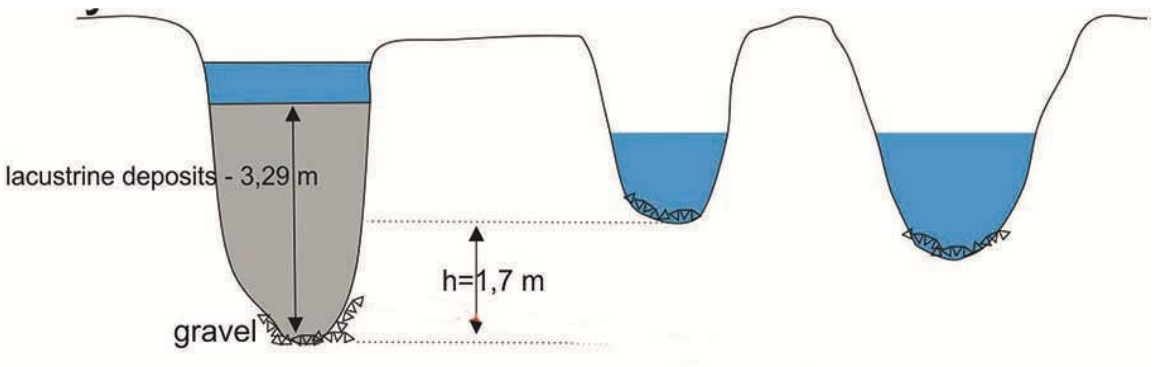


Рис. 3. Геоморфологическое положение озера Хлыстов Затон и современной русловой сети

Толщу озерных осадков подстилает русловой аллювий, представленный мелкой и средней галькой хорошей окатанности с гравием и илом. Калиброваный возраст (календарный) основания керна 1940±100 кал. лет. Таким образом, на островах сохранились реликты русловой сети, существовавшей около 2000 л. н. В целом динамика различных генетических типов дельтовых озер является естественным индикатором гидролого-климатических условий, тектонических проявлений и возраста субаэральной дельты.

Проведенный спорово-пыльцевой анализ донных отложений оз. Хлыстов Затон показал, что в составе спорово-пыльцевых спектров (СПС) отмечается значительное преобладание пыльцы древесных, что соответствует основному типу растительного покрова территории – лесному. В группе древесных абсолютно доминирует сосна (до 74 % в горизонте 290–303 см), велико и содержание пыльцевых зерен лиственницы (до 2,3 %). Содержание пыльцы сложноцветных отражает региональный тип степных ландшафтов Забайкалья, а также осоковых и злаков, как автохтонный элемент растительного покрова при формировании отложений.

В настоящее время при недостаточном хронологическом обеспечении исследовании территории, возможно, предположить, что формирование толщ в интервале от 205–210 до 266–277 см происходило во время Малого ледникового периода (МЛП). Этому интервалу соответствует падение количества пыльцы в группе древесных, повышение количества пыльцы кустарников и кустарничков (B. sect. Nanae, видов p. Salix, представителей Ericales), а также злаков, осок, водных растений и споровых. Отмечено общее сходство кривых SFI и концентрации спорово-пыльцевого материала, при этом наибольшее сходство отражает вероятную аридизацию и похолодание в период МЛП (горизонты от 205–210 до 266–277 см, а также эпизод формирования отложений от 50–54 до 70–75 см). Полученные результаты следует считать предварительными. В дальнейшем данные будут дополнены колонками с рядом таксонов травянистых растений (преимущественно мезофитов). Будет также проведено зонирование с использованием системы анализа CONISS.

Произведено описание береговых разрезов, отобраны образцы на геохимический анализ, спорово-пыльцевое и радиоуглеродное датирование.

Разрез «Воробьиха 2» находится на левом берегу одноименной протоки в привершинной части дельты р. Селенги и представляет собой типичные отложения высоких (3 и более м) поздне-голоценовых речных террас дельты (рис. 4). Сложен переслаиванием русловых и пойменных фаций с палеопочвенными горизонтами. В основании разреза вскрываются несогласно залегающие сцементированные бурые пески и гравий Манзурской свиты неогенового возраста. Произведено датирование палеопочвенных горизонтов.

Ниже по течению неогеновая свита, видимо, залегает ниже современно уреза. В разрезе «3/1» (рис. 5) вскрываются отложения острова в главном узле бифуркации, представленные снизу вверх русловым и пойменным аллювием, перекрытым одним палеопочвенным горизонтом, выше которого незначительной мощностью залегают эоловые пески и современный почвенный горизонт.

Проведена аэрофотосъемка беспилотным летательным аппаратом на ключевые участки: дельта р. Селенги, устье р. Сармы, по материалам которых созданы ортофотопланы (рис. 6 –8).

Заключение

Дана геоморфологическая характеристика побережий озера Байкал в устьях рек и их прибрежных акваторий. Определены границы форм, отложений и направления развития процессов. Возрастающая техногенная нагрузка на Байкальский регион в целом, ЦЭЗ БПТ, планы строительства гидротехнических сооружений и многие проблемы природопользования определяют необходимость изучения природных процессов и во-

просов экологически ориентированного природопользования, в частности обоснования водоохранных зон оз. Байкал. При решении этих и других вопросов развития и сохранения БПТ фундаментальные научные исследования Байкальского побережья приобретают огромное значение. Решаются вопросы возраста рельефа и верхней толщи отложений, сформированных в известных условиях хода гидроклиматического ритма, что позволит прогнозировать сценарии развития устьев, берегов и акваторий при заданных параметрах (уровень водоема, сток воды и наносов и др). Полученные результаты имеют междисциплинарный характер, и показывают значимость комплексного подхода к изучению устьевых систем Байкальских притоков в рамках фундаментальных исследований для сохранения природы бассейна озера Байкал и дают возможность моделирования и прогноза природных и природно-антропогенных процессов.

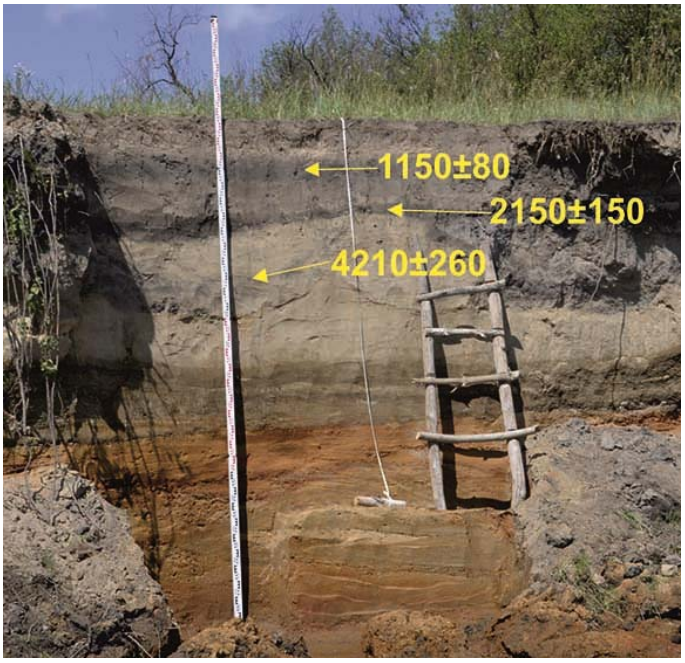


Рис. 4. Разрез «Воробьиха 2» с результатами датирования палео-почвенных горизонтов



Рис. 5. Разрез «3/1»

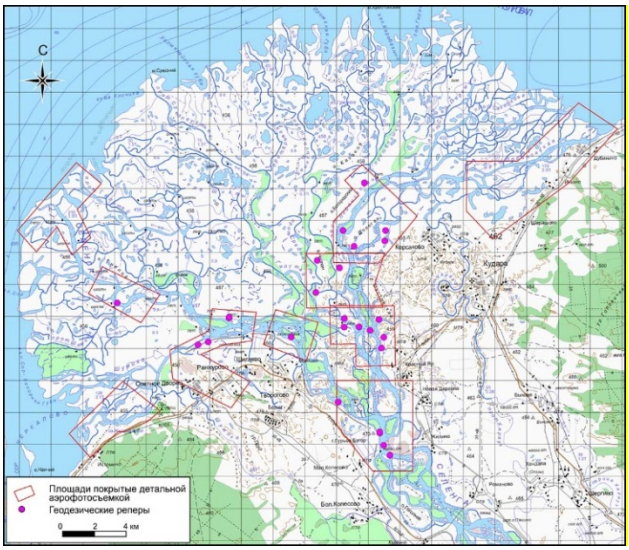


Рис. 6. Площади покрытия района дельты р. Селенги детальной аэрофотосъемкой с помощью БПЛА и положение новых геодезических реперов

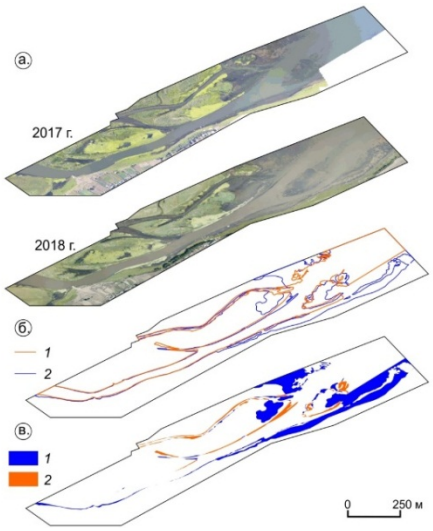


Рис. 7. Примеры ортофотопланов (а), результаты обработки (б), динамика (в): 1-участки затопления, 2 – участки аккумуляции

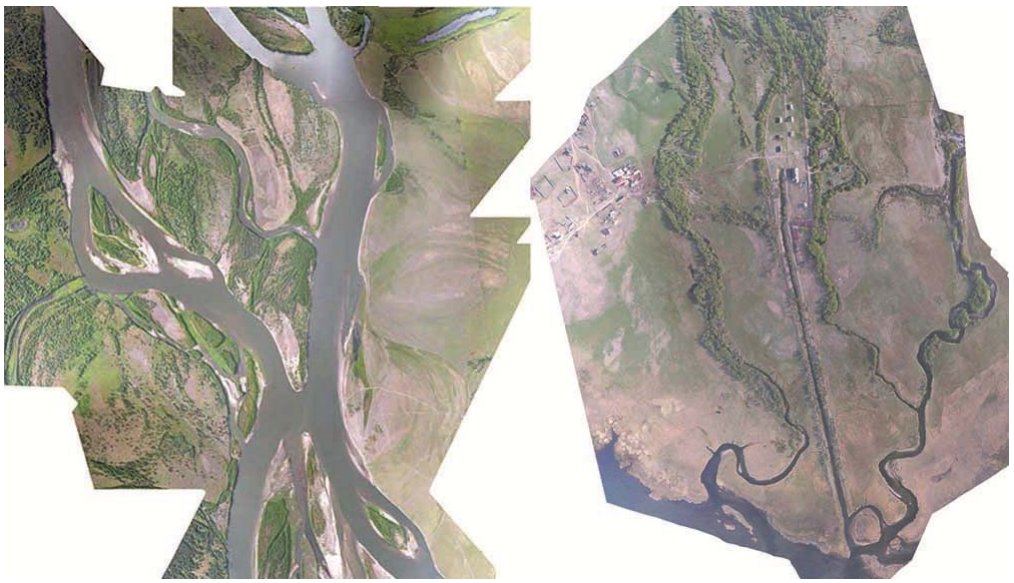


Рис. 8. Примеры ортофотопланов: слева направо: участок дельты р. Селенги, устье р. Сармы

Исследования проводятся при финансовой поддержке гранта РФФИ 17–29–05052 офи_м «Экзоморфолитогенез устьев Байкальских притоков на современном этапе гидроклиматического цикла: моделирование и прогноз»

УДК 556.114.6(571.53)

Анализ пространственно-временной динамики содержания тяжелых металлов в первые годы существования Богучанского водохранилища

И. В. Кольцов (ivan_kolcov@mail.ru)[1,2], Г. Ю. Ямских (yamskikh@mail.ru)[1]

[1]Сибирский федеральный университет, г. Красноярск; [2]ФГУ «Енисейрегионводхоз», г. Красноярск

Аннотация. Дается описание сети гидрохимических мониторинговых наблюдений ФГУ «Енисейрегионводхоз» в 2012–2017 гг. Приведены основные результаты гидрохимических исследований воды и донных отложений на Богучанском водохранилище произведенных авторами. Проведен анализ динамики содержания тяжелых металлов.

Ключевые слова: Богучанское водохранилище, гидрохимия, тяжелые металлы, качество воды, донные отложения.

В результате строительства гидроэлектростанций на реке Ангара был сформирован каскад крупных водохранилищ. Последним нижним, построенным в каскаде является Богучанское водохранилище. В настоящем докладе проводится краткий обзор основных мониторинговых наблюдений на Богучанском водохранилище в период его существования. А также, более детально рассматриваются гидрохимические наблюдения, проводимые ФГУ «Енисейрегионводхоз» в 2012–2017 гг. и результаты, полученные в результате наблюдения.

Наполнение Богучанского водохранилища происходило с апреля 2012 г. по 16 июня 2015 г. За это время уровень воды в водохранилище повысился на 66 м.

Морфометрические характеристики сформировавшегося водохранилища: длина – 375 км; средняя ширина –6200 м; глубина макс. –70 м; площадь – 2326 км^2; полный объем – 58,0км^3; протяженность береговой линии – 2430 км.

В зоне затопления оказались значительные, территории, на которых располагались объекты промышленности и населенные пункты, значительные объемы древесно-кустарниковой растительности (до 9,5 млн м^3) [1], различные типы грунтов и горных пород. Все это может оказывать значительное влияние на качество воды, как в самом водохранилище, так и в нижнем течении р. Ангары.

Возможно поступление в водохранилище таких загрязнителей как тяжелые металлы как из затопленных или размываемых грунтов и горных пород, так и вместе с водой из расположенных выше по течению водохранилищ и притоков.

Водные ресурсы Богучанского водохранилища используются в основном для: гидроэнергетики, водного транспорта, санитарных попусков в нижний бьеф гидроузла.

Берега Богучанского водохранилища в большинстве своем крутые.

На этапе предшествующем формированию водохранилища и в первые годы его существования велись мониторинговые работы такими организациями как Среднесибирское УГМС, Иркутское УГМС, ФГБУН Институт геохимии им. А. П. Виноградова [2], ФГУ «Енисейрегионводхоз», ФГУ «Эксплуатации Богучанского водохранилища».

Сотрудниками ФГУ «Енисейрегионводхоз» проводились наблюдения за состоянием дна, берегов и акватории водохранилища, а также качеством воды и донных отложений. В рамках наблюдения за качеством воды Богучанского водохранилища осуществлялся отбор проб воды и донных отложений для проведения количественного химического анализа. За весь период наблюдений отбор проб осуществлялся в 7 пунктах (9 створов) распределенных по протяженности водохранилища (рис. 1).

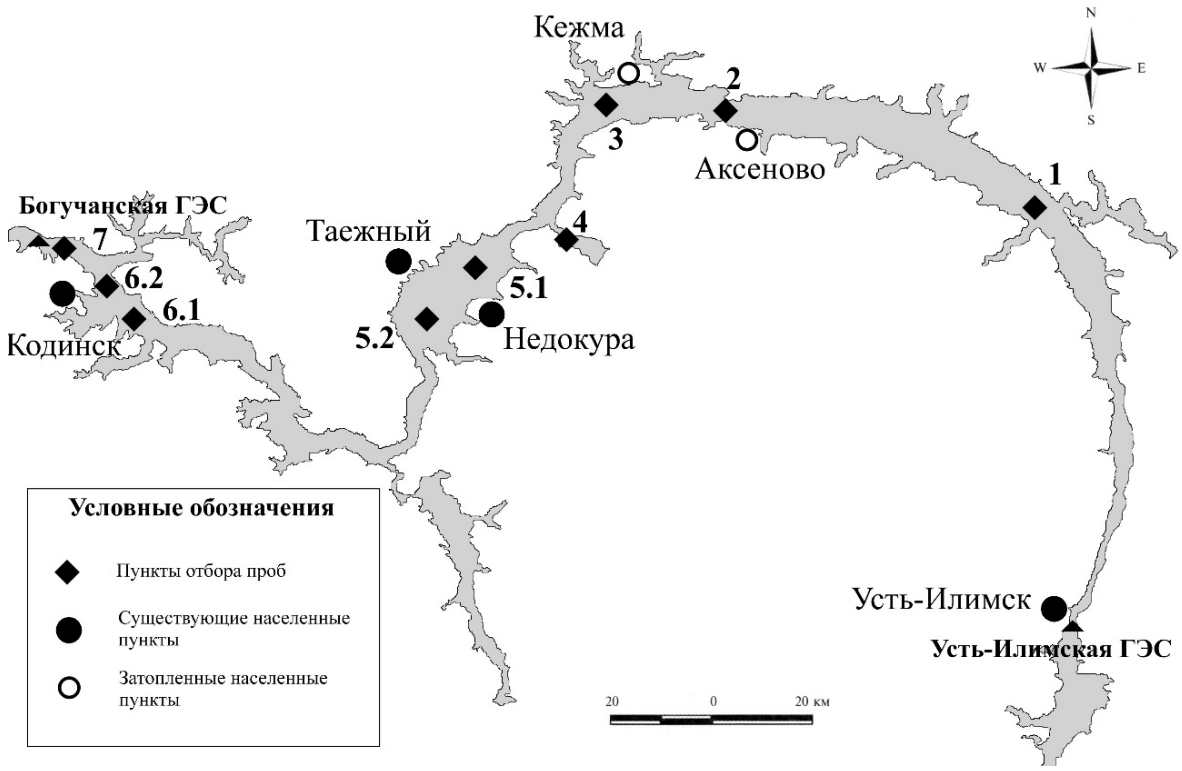


Рис. 1. Схема размещения пунктов наблюдения на Богучанском водохранилище (по автору)

Наибольший объем данных накоплен в пунктах наблюдений на границе Иркутской области и Красноярского края, и створе в 2 км выше плотины Богучанской ГЭС. Отбор проб воды в этих пунктах наблюдений проводился в поперечных створах по всей ширине водохранилища (0,1; 0,5; 0,9 ширины) и на различных глубинах (от поверхностного до придонного слоя).

Менее объемные наблюдения проводились ниже бывших населенных пунктов Аксеново и Кежма, в заливе реки Парта, выше и ниже населенных пунктов Недокура и Таежный, выше и ниже устья Проспихинского залива (на берегу которого расположен г. Кодинск).

Наблюдения за качеством воды проводились по 21–28 показателям согласно аккредитации гидрохимической лаборатории. В зависимости от полученных на первоначальном этапе результатов перечень наблюдаемых показателей корректировался.

На данный момент, основными наблюдаемыми показателями из группы тяжелых металлов являются: железо общее, медь, цинк, никель, марганец, свинец.

Качество донных отложений определялось по 8–9 показателям, перечень которых также корректировался за период наблюдений. Сейчас в донных отложениях определяются следующие показатели из группы тяжелых металлов: марганец, медь, цинк, никель, свинец, железо, кадмий.

Отбор проб воды проводился три раза в год (в июне, августе и октябре).

Все отобранные пробы воды были проанализированы на содержание в них растворенных форм металлов.

Сведения о концентрации тяжелых металлов в воде Богучанского водохранилища по результатам проведенных ФГУ «Енисейрегионводохоз» наблюдений приведены в (табл. 1).

По всем наблюдаемым элементам, в первые, 2–3 года существования водохранилища в пробах воды, наблюдался значительный рост концентраций тяжелых металлов, относительно уровня 2012 г.

По железу и никелю максимум содержания отмечены в 2013 г. Среднее содержание железа общего в воде в 2013 г. составило 0,022 мг/дм^3. Максимальные значения по железу достигали 2,6 предельно допустимых концентраций, установленных для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК); средняя концентрация никеля за 2013 г. 0,00083 мг/дм^3. Случаев превышения ПДК по никелю выявлено не было.

По марганцу, меди и цинку максимумы средних концентраций достигались в 2014 г.: марганец – 0,0066мг/дм^3, медь – 0,0017, цинк – 0,02 мг/дм^3. Максимальные концентрации в 2014 г. достигали: марганец – 7,3 ПДК, медь – 17 ПДК, цинк – 12 ПДК.

По свинцу наибольшие среднегодовые значения получены 2015 г. – 0,001 мг/дм^3 (0,7 ПДК). Максимальное содержание свинца в одиночной пробе выявлено в 2014 г. и находилось на уровне 1 ПДК.

В последующие годы по происходило постепенное снижение средней концентраций до уровней, примерно соответствующих 2012 г.

В 2017 г. отмечен повторный рост содержания железа и марганца. По марганцу вновь достигнуты значения, соответствующие максимуму 2014 г.

При анализе полученных за период наблюдений данных установлено, что наиболее часто в пробах воды из Богучанского водохранилища встречаются превышения ПДК по меди, марганцу, цинку (рис. 2).

Превышения по этим показателям выявлялись во всех пунктах наблюдений.

В некоторых случаях прослеживается пространственная динамика загрязнителей как в виде стратификации по горизонтам отбора проб, так и вдоль оси водохранилища.

Отбор проб донных отложений проводился, начиная с 2013 г. в одном створе (2 км выше Богучанской ГЭС)

В связи с отсутствием утвержденных нормативов ПДК для донных отложений были проанализированы концентрации загрязняющих веществ в отобранных пробах донных отложений. Проанализированные значения имеют большую дисперсию. Что в сочетании с небольшим количеством отобранных на данное время проб не позволяет делать заключения о содержании тяжелых металлов в донных отложениях (табл. 2).

Всего за 2012–2017 гг. на Богучанском водохранилище силами сотрудников ФГУ «Енисейрегионводхоз» выполнено 18 комплексных обследований, в ходе которых отобрано для проведения количественного химического анализа 704 проб воды и 15 проб донных отложений.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в воде Богучанского водохранилища 2012–2017 гг.

Год	Статистический показатель	Железо (раств.), мг/л	Марганец (раств.), мг/л	Медь (раств.), мг/л	Никель (раств.), мг/л	Свинец (раств.), мг/л	Цинк (раств.), мг/л	Кадмий (раств.), мкг/л
2012	Минимум	<0,01	<0,001	<0,0001	<0,0002		<0,001	<0,00001
	Максимум	0,05	0,0095	0,0019	0,0015		0,0078	0,00005
	Среднее с «0»	0,012463	0,003195	0,000283	0,000095		0,00232	0,000001
	Среднее с «порогом обнаружения»	0,015241	0,00338	0,000305	0,000473		0,002543	0,000010
2013	Минимум	<0,01	<0,001	<0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,001	
	Максимум	0,26	0,036	0,0062	0,004	0,0028	0,04	
	Среднее с «0»	0,018317	0,003302	0,000867	0,000533	0,00013	0,010877	
	Среднее с «порогом обнаружения»	0,022127	0,004611	0,000869	0,00083	0,000575	0,012083	
2014	Минимум	<0,01	<0,001	0,00023	<0,0002	<0,0002	<0,001	
	Максимум	0,13	0,073	0,017	0,0067	0,0058	0,12	
	Среднее с «0»	0,013557	0,005743	0,001733	0,000405	0,000283	0,019039	
	Среднее с «порогом обнаружения»	0,017246	0,006563	0,001733	0,000696	0,000668	0,019989	
2015	Минимум	<0,01	<0,001	0,00041	<0,0002	<0,0002	<0,001	
	Максимум	0,043	0,012	0,0085	0,0039	0,0042	0,016	
	Среднее с «0»	0,012603	0,002783	0,001198	0,000147	0,00072	0,005956	
	Среднее с «порогом обнаружения»	0,01554	0,003835	0,001198	0,000571	0,001029	0,00675	
2016	Минимум	<0,01	<0,001	<0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,001	
	Максимум	0,079	0,0079	0,0031	0,0021	0,0054	0,081	
	Среднее с «0»	0,003826	0,001479	0,001244	0,000225	0,000345	0,00466	
	Среднее с «порогом обнаружения»	0,011652	0,00187	0,001247	0,000569	0,000751	0,004762	
2017	Минимум	<0,01	0,0023	0,00011	<0,0002	<0,0002	<0,001	
	Максимум	0,057	0,063	0,0035	0,005	0,00062	0,0084	
	Среднее с «0»	0,008957	0,00633	0,000634	0,000127	0,000067	0,003642	
	Среднее с «порогом обнаружения»	0,013522	0,00633	0,000634	0,00028	0,000229	0,003657	

* При вычислении среднего, значения показателей находящиеся ниже нижнего порога определения установленного методиками определения принимались равными нулю для вычисления статистического показателя Среднее с «0» и принимались равными порогу обнаружения при вычислении Среднее с «порогом обнаружения». Таким образом, истинное значение среднего находится в диапазоне между этими показателями.

** Во всех отобранных в 2012 г. пробах содержания кадмия было ниже установленного методикой порога определения. В последующие годы определение содержания кадмия в воде не проводилось. Определение содержания свинца в воде начато с 2013 г.

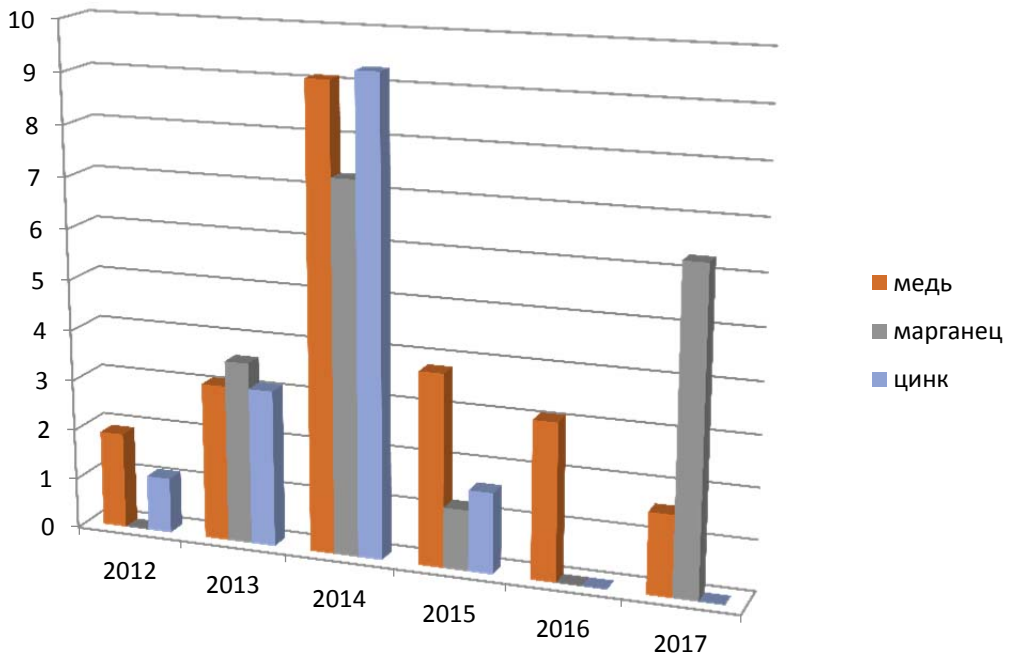


Рис. 2. Максимальные выявленные значения характерных для Богучанского водохранилища тяжелых металлов, доли ПДК

Таблица 2

Средние значения тяжелых металлов в донных отложениях Богучанского водохранилища

Год	2013	2014	2015	2016	2017
Железо общее (подвижные формы), мг/кг	1340	379	1353	236	
Кадмий (валовое содержание), мг/кг	<1	<1	<1		
Марганец (валовое содержание), мг/кг	101	455	701	651	451
Медь (валовое содержание), мг/кг	10	34,3	56,6	22	39,3
Никель (валовое содержание), мг/кг	<50	<50	56	<50	62
Ртуть (валовое содержание), мг/кг					0,026
Свинец (валовое содержание), мг/кг	<10	<10	<10	<10	20,2
Цинк(валовое содержание), мг/кг	24,5	42	42	49,7	52,9

В последующие годы ФГУ «Енисейрегионводхоз» запланировано продолжение данных работ, а также планируется, совместно с Сибирским Федеральным Университетом, более детально изучить пространственную и временную динамику распространения загрязнителей в Богучанского водохранилище. Исследовать механизмы поступления, транспортировки и накопления загрязняющих веществ в воде и донных отложениях.

Список литературы

1. *Корпачев В. П., Пережилин А. И., Андрияс А. А.* Прогноз всплывающей древесной массы, оставленной под затопление в ложе водохранилища Богучанской ГЭС // Лесн. вестн. МГТУ им. Баумана. 2010. № 6–5.
2. Биогенные элементы и кислородный режим Богучанского водохранилища в период его заполнения / В. И. Полетаева, М. В. Пастухов, В. А. Бычинский, П. Г. Долгих // Проблемы регион. экологии. 2016. № 5–7.

УДК 574.587

Мониторинг водоемов парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское»

О. Г. Кузнецова[1], С. Д. Балюк[2]

[1] Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, [2]МБОУ лицей № 4, г. Чехов

Аннотация. Проведен мониторинг водоемов парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское» на основе биотического индекса Вудивисса. Определены структурные характеристики зообентоса и класс качества воды, экологическое состояние водоемов. Даны рекомендации по использованию парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское» – памятника садово-паркового искусства XVIII–XIX вв. федерального значения.

Мониторинг водных объектов представляет собой систему регулярных наблюдений, оценки и прогноза изменений водных систем. Мониторинг водных объектов особенно актуален как показатель качества среды всего водосбора. Водные системы способны к аккумуляции поллютантов, так как находятся гипсометрически выше всего водосбора. Кроме того, тонкодисперсные фракции ила дня водоемов способствуют связыванию многих тяжелых металлов, ионов.

Население гидросферы (гидробиос) играет огромную роль. Населяя разнообразные водоемы, гидробионты благодаря различным способам питания участвуют в очистке воды от органических загрязнителей [2]. Как известно, беспозвоночные являются универсальным индикатором экологического состояния водоема, так как имеют высокую «чувствительность» к загрязнениям [3]. По состоянию аквальных экосистем можно судить о степени антропогенной нарушенности по всему водосбору. Так как аквальные экосистемы аккумулируют загрязняющие вещества, поступающие из атмосферы, током воды и веществ из расположенных гипсометрически выше ландшафтов[4].

Цель исследования: выявление экологического статуса прудов парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское».

В ходе исследования решались следующие задачи:

1. Изучить эколого-географические особенности района исследования
2. Выявить разнообразие беспозвоночных зообентоса прудов парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское».
3. Провести биоиндикацию качества вод на основе индекса Вудивисса.
4. Разработать рекомендации по устойчивому развитию исследуемой территории.

Район исследования согласно адмистративно-территориальному подразделению относится к южной части Подмосковья, Чеховскому району, г. Чехову. Климат района исследования умеренно континентальный с умеренно-холодной зимой и тёплым влажным летом. Среднеянварская температура составляет около −8 С, среднеиюльская – +20,5 С. Средняя продолжительность безморозного периода – около 200 дней.

Парк усадьбы «Лопасня-Зачатьевское» является памятником садово-паркового искусства XVIII–XIX вв. федерального значения.

Парк расположен на правом берегу р. Лопасня, охватывая примерно в равных долях начало водораздельной равнины, склон и припойменную террасу и равняется около 6 га. Основной достопримечательностью этого парка является обилие водных пространств искусственного и естественного происхождения [5].

Преобладающий тип почвы – слабоподзолистая, среднесуглинистая, тяжелеющая по мере углубления.

Гумусовый горизонт в верхней части склона мощный, до 50 см. Почвы слабокислые – до нейтральных (pH 5,5–5,0). Несмотря во многом на искусственное происхождение древостоя, в значительной мере сохраняет черты коренной лесной структуры с преобладанием липы. Коренная древесина этого парка – широколиственные леса. Коренной тип леса верхних плакоров – липняк волосистоосковый или зеленчуковый с примесью дуба [5].

Большие пруды-копани занимают площадь, соответственно, 1,1 и 0,6 га. Они расположены на условно ровной 1-й речной террасе и окружены дамбой 6-метровой ширины. Оба водоема питаются напорными подземными водами и, частично, стоками с выше расположенных прудов. Преобладание известняка в донном грунте обеспечивает прудам надежное глубинное водное питание. Площадь небольших водоемов, занимающих мягкий северо-восточный склон к большому водоему, составляет 0,9 га, из них 2/3 – водных. Все водоемы – копани глубиной около 2,5 м. Основное водное питание происходит за счет напорных грунтовых вод и, лишь в небольшой мере, водами поверхностного стока. Явный источник, в виде родника, только один – на южной границе верхнего пруда.

Исследования велись на протяжении полевых сезонов 2016–2018 гг.. Общее количество собранных беспозвоночных животных составило более 250 экземпляров Методики сбора беспозвоночных стандартная [7], методика определения биотического индекса Вудивисса изложена в [Дмитриенко В. П., Сотникова Е. В. и др., 2014].

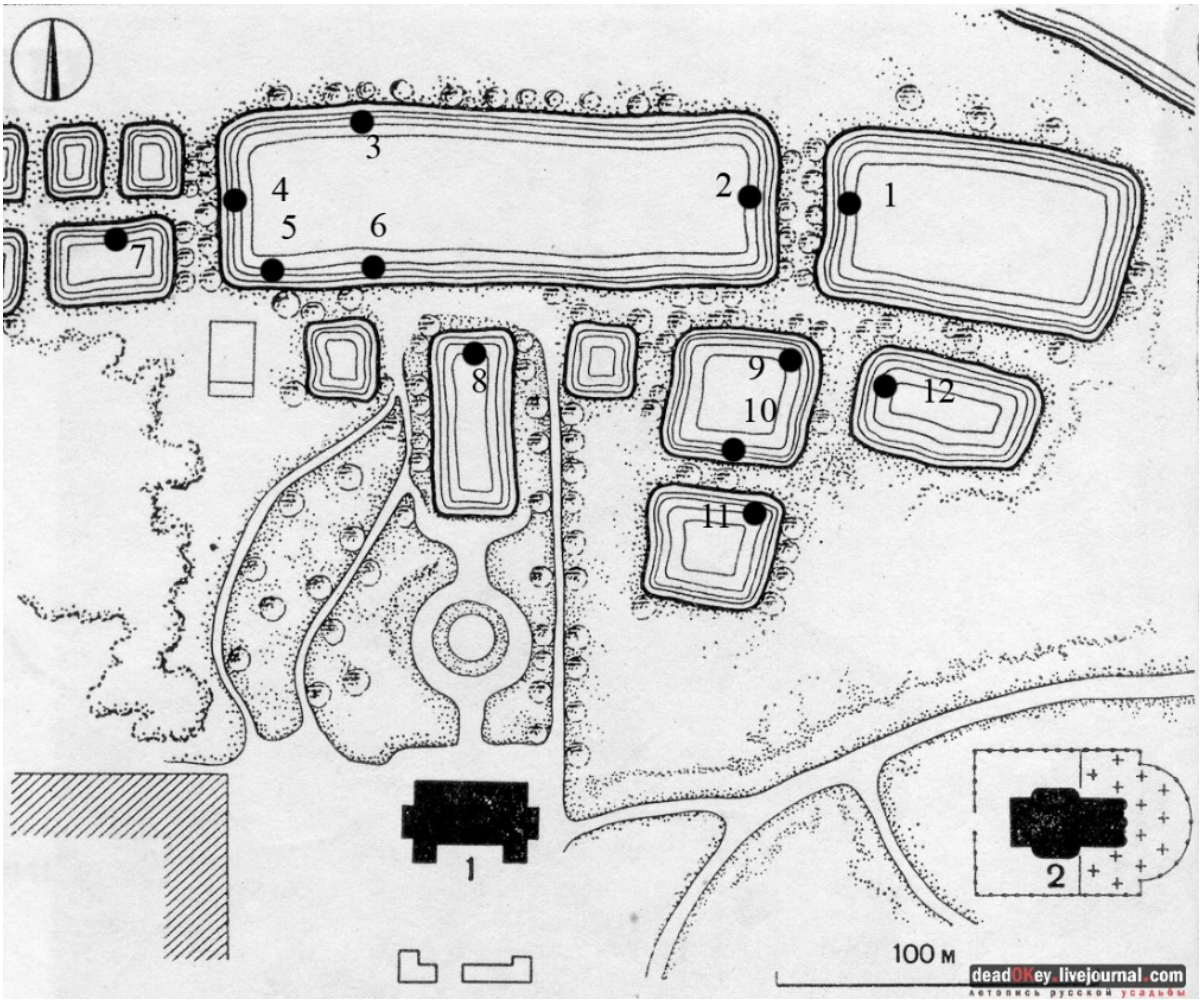


Рис. 1. Схема прудов парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское»
(точками показаны основные места взятия проб)

Для исследований брались качественные пробы зообентоса. Определены беспозвоночные из девяти групп: класс Hirudinea (Малая ложноконская-Erpobdella sp. и Улитковая пиявки-Glossiphonia complanata), тип Mollusca (сем. Катушки-Planorbidae, сем. Прудовики-Planorbidae), класс Crustacea (Водяной ослик-Asellus aquaticus), отр. Ephemeroptera, отряд Trichoptera (Limnophilus sp., Halesus sp.), отряд Coleoptera (Плавунец окаймленный-Dytiscus marginalis), отряд Hydracarina, отряд Hemiptera (сем. Водомерки – сем. Gerridae), отряд Odonata (сем. Настоящие стрекозы-сем. Libellulidae). Пре-

валировали в количестве экземпляров тип Mollusca и отряд Hemiptera. В единичных экземплярах встречались отр. Ephemeroptera, отряд Coleoptera, отряд Hydracarina, отряд Odonata [6].

Согласно определенному нами биотическому индексу Вудивисса большой прудкопань с точками отбора № 2–6 определены как умеренно-загрязненные, класс качества воды равен 3–4. Небольшие пруды с точками отбора № 7 зарегистрирован как умеренно-загрязненный, класс качества воды равен 3. Пруд с точкой отбора № 8 определен как загрязненный, класс качества воды равен 4. Пруды с точками отбора № 1,11,12,9,10 диагностированы как очень грязные, класс качества вод равен 6. Вода в них не пригодна ни питьевого, ни хозяйственно-бытового предназначения.

Таким образом, особое внимание при планировании реконструкции парка усадьбы «Лопасня-Зачатьевское» следует уделить прудам, диагностированным как «очень грязным». В прудах диагностирован процесс сильной этерификации. Это обусловлено попаданием органических отходов из канализационных стоков. В связи с этим, необходимо устранить попадание органики в воды прудов, провести очистку прудов от органических веществ.

Необходимо укрепить конструкции опоры прудов, провести очистку водоемов, для предотвращения эвтрофикации прудов повысить биоразнообразие, замкнуть цепи питания, для снижения антропогенной нагрузки рекомендуется продумать системы троп (предотвращение уплотнения почвы), организовать мостки, спуски к водоемам в установленных местах, увеличить количество мусорных урн, высадить разнообразные виды растительности.

Список литературы

1. *Дмитриенко В. П., Сотникова Е. В., Черняев А. В.* Экологический мониторинг техносферы : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2014. 368 с.
2. *Кириллова В. И., Кольцова О. В., Горшкова О. Г., Петрова Н. В.* Комплексное исследование водоемов г. Чебоксары //Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды : сб. тр. II междунар. конф. Минск ; Нарочь, 2003. С. 37–41.
3. *Константинов А. С.* Общая гидробиология : учеб. для биол. специальностей ун-тов. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 1979. 480 с
4. *Перельман А. И., Касимов Н. С.* Геохимия ландшафта : учеб. пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. М. : Астрея, 2000. 768 с.
5. Оценка биоценотической устойчивости природной системы усадьбы «Лопасня-Зачатьевское»// «Альманах». с. Мелихово,2013. С. 332–351.
6. Полевой определитель пресноводных беспозвоночных / Ю. В. Петерсон, А. В. Тихомиров, Д. А. Алексеев, Е. Д. Сабо, Б. В. Тимофеев. М., 2006. 16 с.
7. *Федорова А. И., Никольская А. Н.* Практикум по экологии и охране окружающей среды : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. М. : Владос, 2001. 288 с.

УДК 579.695+546.85+502.55+661.63

Возможность обезвреживания загрязнений белым фосфором при помощи культур микроорганизмов

А. З. Миндубаев (mindubaev-az@yandex.ru)[1], Э. В. Бабынин (edward.b67@mail.ru)[2], А. Д. Волошина (microbi@iopc.ru)[1], Е. К. Бадеева (ybadeev. 61@mail.ru)[1], С. Т. Минзанова (minzanova. salima@yandex.ru)[1], Л. Г. Миронова (mironoval1963@gmail.com)[1], Х. Р. Хаяров(khayarov.kh@gmail.com)[2]

[1] *Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН, г. Казань,*
[2] *Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань*

Аннотация. Впервые произведены посевы микроорганизмов различных таксономических групп (грибов, стрептомицетов и бактерий) в синтетические культуральные среды, содержащие белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. В данных средах микроорганизмы росли и не испытывали фосфорного голодания. Это первый известный пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. Самая высокая концентрация, примененная в данном исследовании, соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 5000 раз. Впервые показан рост устойчивости культур в результате направленной селекции. Сравнение последовательностей рибосомных генов гриба, устойчиво метаболизирующего белый фосфор, с последовательностями базы данных GenBank, позволило идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм *Aspergillus niger*, которому был присвоен номер *A. niger* AM1. Белый фосфор не проявляет токсических свойств в отношении этого штамма. Замедленный рост последнего в среде с белым фосфором объясняется не токсичностью P_4, а труднодоступностью его в качестве источника биогенного элемента фосфора. В представленной работе SOS-lux тест с использованием индикаторного штамма *Salmonella typhimurium* впервые продемонстрировал генотоксичность белого фосфора при отсутствии токсичности по тесту Эймса. Проведен поиск метаболитов белого фосфора и предложен путь его метаболизма.

Ключевые слова: биодеградация, белый фосфор, рост устойчивости, генотоксичность.

Введение

Биодеградация становится одним из наиболее популярных и часто применяемых на практике методов обезвреживания промышленных стоков, обогащенных неприродными веществами самых разнообразных классов, зачастую очень токсичных [1]. Главное преимущество биодеградации, по сравнению с многочисленными иными методами обезвреживания стоков, заключается в том, что при ее использовании в окружающую среду не вносятся новые химические загрязняющие агенты. В основе метода лежит удивительная способность микроорганизмов адаптироваться к самым неблагоприятным условиям существования. Достаточно вспомнить сообщение об обнаружении бактерий с мышьяком и супермутагеном 5-хлорурацилом в составе ДНК [104 9].

Целью проведенного нами исследования являлась переработка при помощи микроорганизмов белого фосфора – одного из самых опасных веществ, применяемых в крупнотоннажном химическом производстве [13]. В литературных источниках не найдены сведения о доказанных примерах биологической деградации белого фосфора. Между тем у элемента фосфора есть уникальное качество: будучи сильнейшим ядом в виде простого вещества, в окисленном состоянии он абсолютно необходим для всех форм жизни. Таким образом, возможна его полная детоксикация. Предыдущие работы нашего коллектива [24 3; 5] позволили пролить свет на практически неизученный вопрос токсичности белого фосфора для прокариот. Нами впервые произведен посев устойчивой микрофлоры в искусственную культуральную среду, содержащую в качестве единственного источника фосфора белый фосфор, и наблюдался рост в этой среде. То есть наблюдалось включение белого фосфора в природный круговорот этого элемента. Кроме того, наблюдалась адаптация микроорганизмов к возрастающим концентрациям белого фосфора в средах.

Материалы и методы

Посевы производились в модифицированную среду Придхем-Готлиба. Классическая среда Придхем-Готлиба не содержит источники углерода: в качестве таковых выступают нефтепродукты. Наша модификация включает глюкозу, но не содержит источники фосфора (в качестве такового выступает белый фосфор). Посев *Aspergillus niger*, споры которого были внесены вместе с белым фосфором, производили в среду, содержащую белый фосфор в концентрации 0,01 и 0,05 % по массе. В контрольные среды К (+) вносился фосфат. В контрольные среды К (–) источники фосфора не вносились. Произвели посев выросших *A. niger* в контрольные среды К (+) и К (–). Второй пересев *A. niger* произведен в среды аналогичного состава, третий – в среды с увеличенной концентрацией белого фосфора: 0,05; 0,1 и 0,2 % по массе. Аналогично был произведен посев *Streptomyces* sp. *Streptomyces* sp. A8, описанному в работе [4]. Четвертый пересев проводился в среды с концентрацией белого фосфора 0,1; 0,5 и 1 % по массе. В этом посеве, помимо аспергилла и стрептомицета, высевался гриб *Trichoderma asperellum* F-1087, любезно предоставленный кафедрой биохимии ИФМиБ КФУ. Посев проводился в среды с концентрацией белого фосфора: 0,5; 0,1 и 0,2 % по массе. Пересев *S.* sp. был произведен через 28 суток (одновременно с четвертым посевом аспергилла) в среды с концентрацией белого фосфора: 0,5 и 1 % по массе. Пятый и шестой пересевы были произведены в среды с теми же самыми концентрациями P_4. Одновременно с шестым пересевом был произведен третий пересев *Streptomyces* sp. и *S.* sp. A8. Посев проводился в среды с концентрацией белого фосфора 0,2 %, а также 0,5 % по массе, в которой стрептомицеты ранее не росли. Также одновременно с ними был произведен третий пересев *Trichoderma asperellum* F-1087, аналогично предыдущему. Аспергилл был посеян в среду с 1 % белого фосфора, в которой ранее не рос. Седьмой пересев *A. niger* был произведен в среды с теми же самыми концентрациями P_4, что и в предыдущем. Одновременно был произведен четвертый пересев *S.* sp. и *S.* sp. A8. Посев проводился в среды с концентрацией белого фосфора 0,5 % по массе, а также 1 % по массе, в которой стрептомицет ранее не рос. Также одновременно с ними был произведен четвертый пересев *T. asperellum* F-1087.

Бактерии *Pseudomonas alcaliphila* высевали на среды идентичного состава, содержащие 0,01 и 0,05 % белого фосфора, на чашки Петри и в плоскодонные колбы на 50 мл с целью создания накопительных культур. Оптическая плотность измерялась на фотоэлектроколориметре АР-101 (Apel, Япония) при длине волны 540 нм. Второй посев той же культуры *P. alcaliphila* был произведен через 42 дня.

Генетический анализ проводился следующим образом. Образцы ДНК из культуры гриба *A. niger* AM1 выделялись по методике, описанной в [11]. Фрагмент ITS1 и ITS2 амплифицировали с помощью праймеров LR1 5’- GGTTGGTTTCTTTTCCT-3’ и ITS1 5’- TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3’. Нуклеотидную последовательность полученного фрагмента определяли по методу Сэнгера [12]. Полученную последовательность сравнивали с аналогичными последовательностями в базе данных GenBank с помощью программы BLAST.

Далее проводилась полимеразная цепная реакция (ПЦР) полученных фрагментов ДНК. Для генетической идентификации микромицета, устойчиво метаболизирующего белый фосфор и по морфологическим признакам отнесенного к виду *A. niger*, была определена нуклеотидная последовательность его регионов ITS1 и ITS2 (Internal Transcribed Spacer, между 18Sи 25S рибосомальными генами, включающий 5.8S ген): транскрибируемые спейсеры между генами 18S – 5,8S, и 5,8S – 28S генами рРНК, соответственно.

Посев *A. niger* AM1 в четыре варианта сред был произведен аналогично вышеописанным. Однако эксперимент был усложнен по сравнению с предыдущими. Культура *A. niger* AM1 выращивалась в чашках Петри с подложкой из фильтровальной бумаги над агаризованной средой, как описано в работе [4]. При этом посев производился

не в трех, а в четырех вариантах: модифицированная среда Придхем-Готлиба без источников фосфора, с фосфатом, с 0,2 % белого фосфора и, четвертый вариант – с 0,2 % P_4 и с фосфатом (в той же концентрации, что во втором варианте). Такая схема посева позволяет получить больше информации об экспрессии генов при росте в разных условиях. Все четыре варианта посева произведены в трех повторах.

SOS-тест на генотоксичность был выполнен, как описано в работе [7]. Делали серию разведений среды, содержащей вначале 0,2 % белого фосфора (2000 мкг/мл). Сначала смешивали пополам с культурой сальмонелл, при этом концентрация падала до 1000 мкг/мл. С этой концентрации начинали измерение общей токсичности и генотоксичности. В конце серии разведений доводили концентрацию P_4 до 1 мкг/мл (0,0001 %). Ночную культуру штамма, выращенную в питательном бульоне с ампициллином (100,0 мкг/мл), вносили в планшеты по 0,1 мл в лунку и добавляли в каждую раствор среды с P_4 в различных концентрациях. В качестве позитивного контроля использовали митомицин С. Определяли интенсивность биолюминесценции с помощью микропланшетного ридера Infinite F200 Pro, Tecan (Австрия). Для каждой концентрации в каждой точке времени брали три пробы. Интенсивность биолюминесценции измеряли в относительных световых единицах (OCE) рассчитанных как число световых единиц в секунду, деленное на оптическую плотность клеточной культуры (OD) при 550 нм.

Для наблюдения за переработкой P_4 был использованы ЯМР спектрометр высокого разрешения Avance 400 (Bruker). Для поиска метаболитов белого фосфора спектры ^{31}P ЯМР снимались с отфильтрованной культуральной среды.

Результаты и обсуждение

В посеве с *Aspergillus niger* на следующие сутки отмечалось образование черного осадка, предположительно, фосфидов, который на пятые сутки полностью исчез. Следует учесть, что среда Придхем-Готлиба богата ионами переходных металлов, в присутствии которых белый фосфор неустойчив и легко диспропорционирует до нерастворимых фосфидов и водорастворимых солей кислородсодержащих кислот фосфора [4]. По всей видимости, споры плесневого гриба попали в среды с навесками белого фосфора: перед внесением в среды он не подвергался стерилизации в автоклаве при 120 ºС по причине высокого риска работы с этим веществом, особенно при нагреве. В средах с 0,01 % белого фосфора выросло множество мелких колоний *A. niger*, а в средах с 0,05 % – меньшее число колоний, но более крупных. По всей видимости, это означает, что в среде с большей концентрацией ксенобиотика не все споры смогли прорасти.

На пятые сутки пересеяли культуру *A. niger*, выросшую на 0,05 % белого фосфора, в контрольные среды К (+) и К (–). Через шесть суток после посева наблюдалась следующая картина (рис. 1). В среде К (+) с фосфатом выросло 49 сравнительно мелких колоний: это означает, что большинство спор проросло, что естественно в благоприятных условиях. В среде К (–) без источников фосфора колонии выросли немногочисленные, в количестве 33, занимающие сравнительно большую площадь, но очень слабые (практически прозрачные, с неразвитым мицелием и отдельными конидиеносцами, выглядящими, как россыпь черных точек, а не сплошное черное поле). По всей видимости, сказалась нехватка фосфора: агар, используемый для приготовления среды, содержит примесь фосфата, но недостаточную для полноценного роста грибов. Известно, что растения и мкроорганизмы в природных условиях часто испытывают фосфорное голодание, и вырабатывают к нему ряд адаптаций. Причем, согласно [8], микроорганизмы выдерживают более жесткий дефицит фосфора, что и наблюдалось нами. Любопытно, что в среде с 0,05 % белого фосфора колоний выросло меньше, чем в К(+), всего 11, однако они производят впечатление совершенно нормальных, не испытывающих дефицит питательных веществ. Отсюда следует вывод, что в среде с белым фосфором вы-

живают не все споры гриба, но выжившие обладают способностью использовать в качестве источника фосфора либо сам белый фосфор, либо продукты его химических превращений. Значительный размер колоний, выросших в присутствии P_4, объясняется менее жесткой конкуренцией между немногими адаптировавшимися культурами.

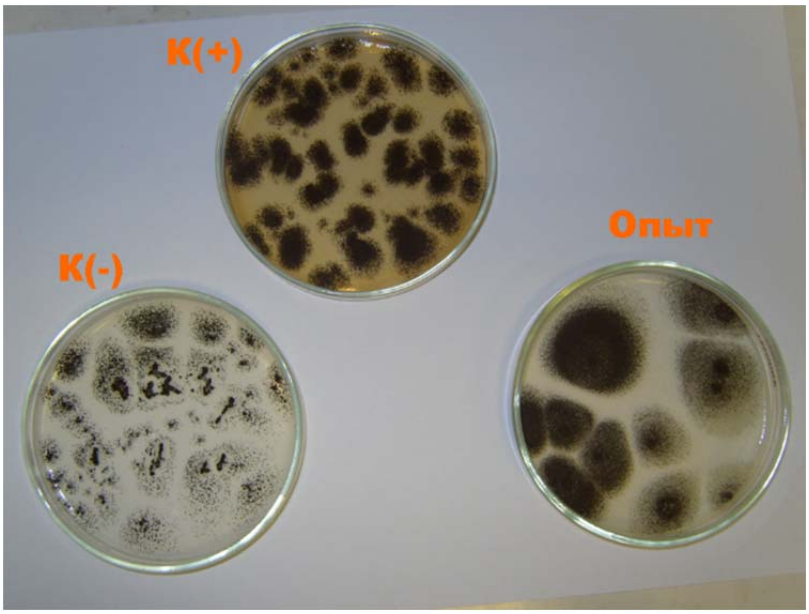


Рис. 1. Первый пересев устойчивых грибов *A. niger*. К(+) – среда с фосфатом: наблюдался рост 49 спорообразующих колоний *A. niger*. К(-) – среда без источника фосфора: на ней наблюдался рост 33 ослабленных колоний. Опыт – среда с 0,05 % белого фосфора: наблюдался рост 11 крупных спорообразующих колоний *A. niger*. Чашки сфотографированы через шесть суток после пересева

После второго пересева, произведенного через 63 дня после первого посева, наблюдается интенсивный рост аспергилла в среде, содержащей 0,01 и 0,05 % белого фосфора. Судя по всему, среда с 0,01 % белого фосфора более благоприятна для роста грибов: на четвертый день после посева колонии уже приобрели характерную черную окраску, свидетельствующую о спороношении. В среде с 0,05 % P_4 колонии на четвертый день еще только приступают к размножению и имеют светлую окраску. Поскольку черный цвет *A. niger* придают споры, светлая окраска свидетельствует о пониженной фертильности плесневого гриба, растущего на высокой концентрации P_4.

Очередной (третий) пересев на 84 день после первого посева, был произведен в среды с более высокой концентрацией белого фосфора, с целью адаптации гриба к ней. Были выбраны концентрации 0,05; 0,1 и 0,2 % P_4. Последняя, самая высокая, концентрация ранее нами никогда не использовалась. Согласно [6], она соответствует тысячекратному превышению ПДК белого фосфора в сточных водах! Тем не менее, даже при столь высоком содержании белого фосфора в среде наблюдался интенсивный рост колоний гриба. На четвертый день после посева на всех трех концентрациях белого фосфора наблюдалось начало спороношения, но при 0,1 и 0,2 % P_4 грибы отставали в развитии по сравнению с 0,05 %. Результаты посева позволяют заключить, что черный аспергилл легко переносит присутствие белого фосфора в среде даже в концентрации 0,2 %.

Четвертый пересев аспергилла (и второй стрептомицетов) был произведен через 112 суток после первого посева. Концентрацию белого фосфора в среде снова увеличили до 0,5 и 1 % по массе. При внесении столь большого количества P_4 среды издают сильный специфический запах белого фосфора даже спустя несколько суток после посева. Через четверо суток в среде с содержанием белого фосфора 0,5 % наблюдался рост мелких колоний аспергилла, имеющих еще белый цвет (т. е. рост сильно замедлен). В средах с 1 % белого фосфора через четверо суток после посева рост не наблюдался.

По-видимому, выпавший черный осадок фосфидов перевел в нерастворимую форму микроэлементы, присутствующие в среде и необходимые для роста микроорганизмов. Следует отметить, что по [6], концентрация белого фосфора 0,5 % соответствует 2500 ПДК! Кроме того, был посеян гриб *Trichoderma asperellum* F-1087, предоставленный кафедрой биохимии КФУ [4], на концентрации 0,1; 0,5 и 1 %. Через четверо суток в среде с самой малой концентрацией выросла одна крупная колония триходермы, т. е. данный гриб тоже способен усваивать белый фосфор. Грибы развиваются очень медленно. По-видимому, данные концентрации белого фосфора близки к предельным, при которых еще возможен рост грибов. Рост стрептомицетов при 0,5 % не наблюдается и спустя 19 суток после посева. На восьмые сутки на поверхности колоний аспергилла наблюдается россыпь спор, т. е. гриб сохранил способность к размножению! На восьмые же сутки наблюдается рост колонии триходермы на белом фосфоре в концентрации 0,5 %. В средах с 1 % P_4 рост триходермы стал наблюдаться только на 11 сутки после посева. В случае триходермы прослеживается четкая зависимость: чем выше концентрация белого фосфора в субстрате, тем медленнее растет гриб. На 12 сутки после посева в среду с 0,1 % белого фосфора гриб уже спороносит и имеет розовую окраску, при 0,5 % колония еще бесцветная, но уже сформировала воздушный мицелий, а при 1 % колония еще на стадии субстратного мицелия.

Тем не менее, триходерма *T. asperellum* F-1087 проявила бóльшую устойчивость к белому фосфору, чем *A. niger* и тем более стрептомицеты. На восемнадцатые сутки после посева приобрела окраску и начала спороносить триходерма при 0,5 % белого фосфора. Следует особо подчеркнуть, что триходерма адаптировалась к таким высоким концентрациям белого фосфора сразу, без предварительного культивирования с рядом пересевов. Ранее данный штамм гриба никогда не выращивался в присутствии белого фосфора. Напомним о том, что концентрация белого фосфора 1 % это превышение ПДК в сточных водах в 5000 раз!

Третий пересев *Streptomyces* sp. впервые продемонстрировал рост устойчивости микроорганизмов к белому фосфору в процессе селекции. На 22 сутки после посева наблюдался рост стрептомицета в среде, содержащей 0,5 % белого фосфора! В предыдущих посевах *S.* sp. рос при концентрациях не более 0,2 %. Разумеется, рост начался после длительной задержки. Даже на 20 сутки после посева признаки роста были неочевидными. На 22 сутки стрептомицет представлял собой субстратный мицелий. В среде с 0,2 % белого фосфора рост происходил значительно быстрее – уже на 13 сутки колонии имели воздушный мицелий, т. е. микроорганизм готовился к спороношению. На 27 сутки *S.* sp. при 0,2 % белого фосфора уже приступил к спороношению, а при 0,5 % студенистая колония занимает значительную часть объема среды. На 27 сутки после шестого посева *A. niger* наблюдается начало роста гриба в среде с 1 % белого фосфора. В предыдущих посевах максимальная концентрация белого фосфора, на которой рос аспергилл, составляла 0,5 %. То есть *A. niger*, как и стрептомицет, после нескольких пересевов выработал значительно большую устойчивость по сравнению с изначальной. *T. asperellum* F-1087, в среде с 1 % белого фосфора тоже начал расти на 27 сутки. При меньших концентрациях белого фосфора аспергилл и триходерма уже интенсивно растут. На 44 сутки аспергилл и триходерма уже сформировали значительный по объему субстратный мицелий в среде с 0,5 % белого фосфора: он имеет вид бесцветной хлопьевидной массы в толще среды. К формированию воздушного мицелия и спороношению они еще не приступили. В среде с 1 % белого фосфора грибы на 44 сутки тоже сформировали субстратный мицелий, но заметно меньшего размера (налицо отставание в развитии). *S.* sp. в среде с 0,5 % белого фосфора на 44 сутки к спороношению еще не приступил.

Четвертый пересев стрептомицетов продемонстрировал дальнейший рост устойчивости. На четвертые сутки рост стрептомицетов наблюдался в среде с 1 % белого фосфора! Колонии еще мелкие и имеют белый цвет, т. е. еще не приступили к споро-

ношению. А в среде с 0,5 % белого фосфора колонии стрептомицета уже имели более крупный размер и темную окраску, т. е. уже приступили к размножению. Следовательно, устойчивость стрептомицетов заметно возросла по сравнению даже с предыдущим посевом. Грибы развиваются заметно медленнее, тем не менее, в средах с более низким содержанием P_4 рост более интенсивный. На одиннадцатые сутки наблюдается спороношение у стрептомицетов в среде с 1 % белого фосфора.

Итак, наилучшую приспособляемость к белому фосфору проявили именно стрептомицеты. Через пять последовательных посевов их устойчивость возросла пятикратно. Грибы растут и адаптируются медленнее (у аспергилла после восьми посевов устойчивость выросла вдвое), однако их устойчивость изначально была выше, чем у актиномицетов, особенно у триходермы [4] (рис. 2).

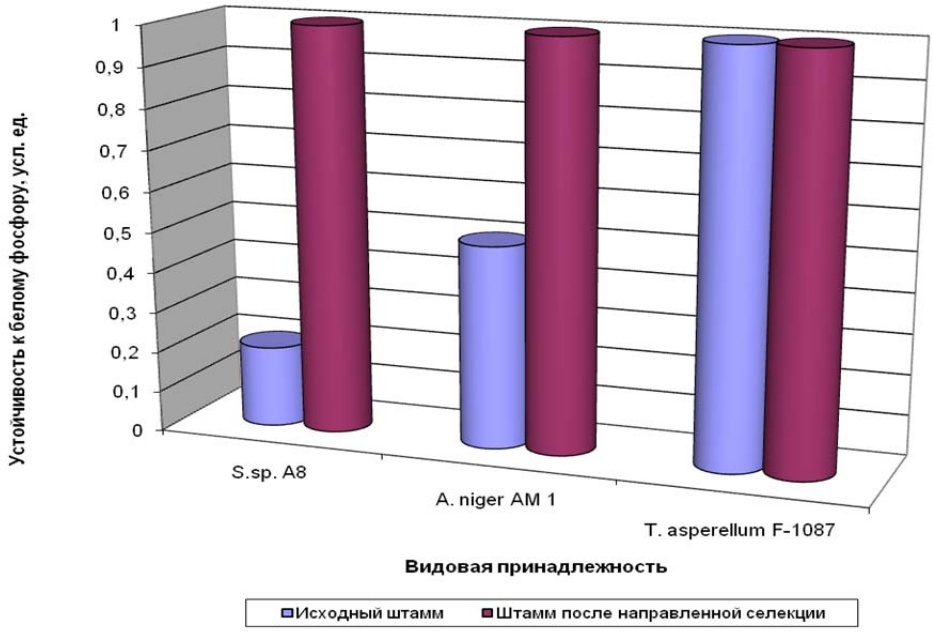


Рис. 2. Адаптация и рост устойчивости микроорганизмов к белому фосфору после направленной селекции

Результаты двух посевов псевдомонад продемонстрировали, что эти бактерии, в отличие от грибов, не растут в средах, содержащих белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. Если справедлива гипотеза о том, что организмы из разных таксономических групп имеют различную устойчивость к белому фосфору, то это является серьезным аргументом в пользу того, что он разлагается под воздействием ферментных систем, а не только за счет абиотического окисления. Очень интересен ответ на вопрос о роли микроорганизмов в самом первом этапе превращений, затрагивающем непосредственно белый фосфор: подвергается ли он ферментативным реакциям, или его деградация обусловлена сдвигом химического равновесия микроорганизмами, потребляющими продукты абиотического распада белого фосфора? Если верен первый вариант, то это – обнаружение нового вида ферментативной активности.

Для дальнейшей, более углубленной работы с выделенным устойчивым к белому фосфору штаммом гриба, была необходима его идентификация с привлечением методов генетического анализа. Ставилась цель определить видовую принадлежность плесневого гриба, по морфологическим признакам предварительно отнесенного к виду черный аспергилл (*Aspergillus niger*), а также зарегистрировать полученный нами новый штамм (к тому же один из первых, устойчивых к белому фосфору) в международной базе нуклеотидных последовательностей GenBank. GenBank – международная база данных, содержащая аннотированные последовательности ДНК и РНК. В настоящий момент она содержит информацию о генетических последовательностях сотен тысяч

живых организмов, и эта цифра постоянно продолжает расти. Сравнивая нуклеотидные последовательности генов рибосом исследуемого нами устойчивого к белому фосфору аспергилла с представленными в базе последовательностями описанных штаммов, мы однозначно установили его видовую принадлежность как черный аспергилл *Aspergillus niger*, являющийся новым штаммом, которому мы присвоили номер АМ1.

Сравнение полученной последовательности с последовательностями базы данных GenBank с помощью системы BLAST, выявила 99 % гомологию с ITS1 и ITS2 регионами описанных штаммов *Aspergillus niger* NJA-1(Acc. KJ365316.1) и KAML02 (KC119204.1), что позволяет идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм *Aspergillus niger*. Ему мы присвоили номер *A. niger* АМ1. Нуклеотидная последовательность штамма опубликована в базе данных GenBank, где ей присвоен номер KT805426.

На 12 сутки после посева *A. niger* АМ1 в четыре варианта среды, наблюдалась следующая картина (рис. 3). В средах без источников фосфора рост практически не наблюдается (одна-две крошечные колонии без спороношения на чашку) (рис. 3, вариант 1). В средах с фосфатом аспергилл хорошо растет и спороносит, однако культура не чистая. В ней, помимо черных колоний аспергилла, присутствуют колонии других микроорганизмов кремового и зеленого цветов (рис. 3, вариант 2). В средах с 0,2 % белого фосфора колонии аспергилла имеют бледно-серый цвет (пониженная фертильность) (рис. 3, вариант 3). Очень интересный результат показал четвертый вариант посева – с белым фосфором и фосфатом (рис. 3, вариант 4). Колонии растут очень хорошо, даже более развитые, чем в среде с фосфатом, причем в двух случаях из трех выросла чистая культура (в одном появилась кремовая колония неизвестного вида). То есть медленный рост аспергилла в среде с белым фосфором объясняется не токсичностью последнего для данного штамма, а исключительно его труднодоступностью как источника фосфора! Судя по всему, P_4 нетоксичен для данного гриба. А конкуренция с другими видами сильнее тормозит рост (как видно на рис. 3), чем присутствие белого фосфора. Следует отметить, что на 14 сутки после посева стал наблюдаться рост аспергилла и в среде без источников фосфора, за счет очень незначительного количества фосфата, присутствовавшего в агаре.

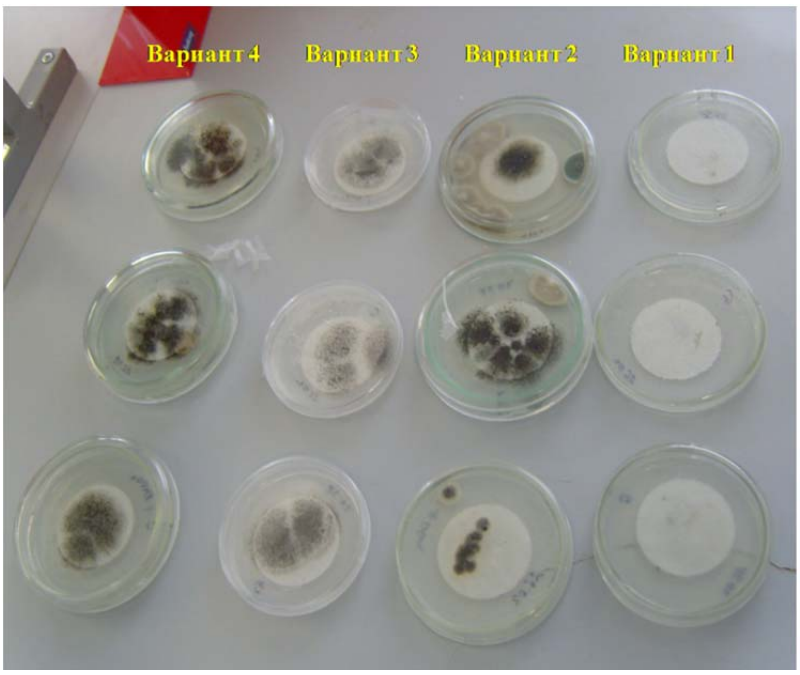


Рис. 3. Первый пересев устойчивых A. niger АМ1
Варианты: 1 – среда без источников фосфора; 2 – с фосфатом;
3 – с белым фосфором (0,2 %); 4 – с 0,2 % P_4 и фосфатом

В представленной работе SOS-lux тест продемонстрировал генотоксичность белого фосфора [4]. Несмотря на то что величина ДНК повреждающей активности оказалась низкой, этот результат получен впервые – во всех найденных нами источниках сообщается об отсутствии генотоксических свойств у белого фосфора. Показано, что у смеси белого фосфора и перекиси водорода генотоксичность резко возрастает по сравнению с одним белым фосфором, т. е. продукты окисления P_4 пероксидом, по-видимому, обладают большей генотоксичностью по сравнению с исходным веществом. Наибольшую ДНК повреждающую активность белый фосфор проявляет в диапазоне концентраций 25–250 мкг/мл.

В опытном спектре ^{31}P ЯМР, снятом с водной фазы, проявились сигналы в области 0,3; 3,7 и 6,2 ppm, соответствующие фосфиту и гипофосфиту. Таким образом, он соответствует соединениям, которые, предположительно, являются метаболитами белого фосфора, т. е., является подтверждением предполагаемого нами метаболического пути. Спектр, снятый с контрольного образца одновременно с опытным, на том же приборе и в тех же условиях, не содержит аналогичные сигналы. Это служит доказательством того, что обнаруженные соединения действительно являются метаболитами белого фосфора.

Итак, если объединить информацию, полученную из наших экспериментальных данных и из рассмотренных литературных источников, посвященных метаболическому восстановлению и окислению фосфора, то можно изобразить следующую схему предполагаемого метаболизма белого фосфора [3] (рис. 4).

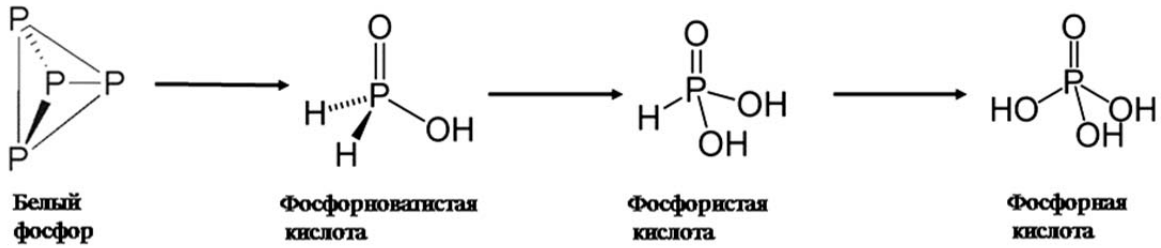


Рис. 4. Предполагаемый метаболический путь белого фосфора

Список литературы

1. *Миндубаев А. З.* Кто съел полиэтилен? // Наука и жизнь. 2018. № 4. С. 32–38.
2. О разложении белого фосфора осадком сточных вод / А. З. Миндубаев, Й. А. Акосах, Ф. К. Алимова, Д. М. Афордоаньи, Ч. Болормаа, Р. М. Кагиров, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, Д. Г. Яхваров // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2011. Т. 153. кн. 2. С. 110–119.
3. Микробиологическая деградация белого фосфора / А. З. Миндубаев, А. Д. Волошина, Э. В. Бабынин, Е. К. Бадеева, Х. Р. Хаяров, С. Т. Минзанова, Д. Г. Яхваров // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 1. С. 33–37.
4. Обезвреживание белого фосфора посредством микробиологического разложения / А. З. Миндубаев, А. Д. Волошина, Э. В. Бабынин, Ш. З. Валидов, К. А. Сапармырадов, Х. Р. Хаяров, Е. К. Бадеева, Т. А. Барсукова, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, Й. А. Акосах, Д. Г. Яхваров // Бутлеров. сообщения. 2017. Т. 52. № 12. С. 87–118.
5. Биодеградация белого фосфора / А. З. Миндубаев, А. Д. Волошина, Ш. З. Валидов, Д. Г. Яхваров // Природа. 2017. № 5. С. 29–43.
6. *Barber J. C.* Processes for the disposal and recovery of phossy water. Патент US5549878, заявл. : 24 мая 1995, выдан: 27 авг. 1996.
7. *Cooper D. L., Lovett S. T.* Toxicity and tolerance mechanisms for azidothymidine, a replication gap-promoting agent, in *Escherichia coli* // DNA Repair (Amst). 2011. Vol. 10, N 3. P. 260–270.
8. *Kulakovskaya T.* Phosphorus storage in Microorganisms: Diversity and Evolutionary Insight // Biochem Physiol. 2015. Vol. 4. N 1. e130. P. 1–4.
9. Chemical Evolution of a Bacterium's Genome / P. Marlière, J. Patrouix, V. Döring, P. Herdewijn, S. Tricot, S. Cruveiller, M. Bouzon, R. Mutzel // Angew. Chem. Int. Ed. 2011. Vol. 50, N 31. P. 7109–7114.
10. Absence of Detectable Arsenate in DNA from Arsenate-Grown GFAJ-1 Cells / M. L. Reaves, S. Sinha, J. D. Rabinowitz, L. Kruglyak, R. J. Redfield // Science. 2012. Vol. 337, N 6093. P. 470–473.

11. *Sambrook J., Russell D. W.* Molecular Cloning: A Laboratory Manual, Vol. 1, 2, 3 // Cold Spring Harbour Laboratory Press, Cold Spring Harbour, New York, 2001. P. 2001–2344.
12. *Sanger F., Nicklen S., Coulson A. R.* DNA sequencing with chain-terminating inhibitors // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 1977. Vol. 74, N 12. P. 5463–5467.
13. . Toxicological profile for white phosphorus / U. S. Department of health and human services. USA, 1997. 248 p.

УДК 51-7

Статистический анализ данных загрязнения диоксидом кремния прибрежных вод в районе береговой станции Опасное

А. А. Полозок (polozok.umi@gmail.com)[1],
П. В. Полозок (fomina-polina@mail.ru)[2]

[1] Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, [2]Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова», г. Севастополь

Аннотация. Проведен статистический анализ рядов данных химического загрязнения диоксидом кремния прибрежных вод в районе береговой гидрометеорологической станции Опасное. Описана динамика значений химического загрязнения за 2010–2012 гг. Выполнен регрессионный анализ, в результате которого выявлены взаимозависимости и взаимосвязи между рядами данных, полученными на морских станциях 6 и 7.

Ключевые слова: химическое загрязнение, регрессионный анализ, диоксид кремния, статистический анализ, Опасное.

Актуальность исследования

Оценка уровня химического загрязнения акватории морей и заливов позволяет выявить общие тенденции роста-снижения показателей содержания в водах загрязнителя [1; 2]. Подобные исследования дают возможность разработать наиболее эффективные очистные мероприятия, необходимы для рационального планирования и ведения хозяйственной деятельности.

В прибрежных водах вблизи береговой гидрометеорологической станции Опасное периодически фиксируются высокие показатели химического загрязнения диоксидом кремния. В условиях сокращения финансирования на проведение соответствующего мониторинга появляется необходимость выявления корреляционных и регрессионных взаимосвязей между получаемыми рядами. Благодаря этим взаимосвязям сохранится возможность оценивать уровень загрязнения на недействующих станциях по данным активных станций.

Постановка задачи

Главная цель данной статьи – оценка степени взаимосвязи и взаимозависимости между полученными на морских станциях Керченского пролива данными химического загрязнения прибрежных вод диоксидом кремния. Оцененные корреляционные и регрессионные взаимосвязи позволят прогнозировать уровень загрязнения прибрежных вод в районе береговой станции Опасное, что весьма актуально в связи с плановым сокращением в 2016 – 2018 гг. количества морских станций.

Полученные научные результаты

В выполненной работе проводится статистический анализ полученных на станциях Керченского пролива рядов данных загрязнения прибрежных вод диоксидом кремния (рис. 1).

Для расчета показателей описательной статистики использованы сопоставимые по срокам ряды значений химического загрязнений за 2010–2012 гг. Общая длина подготовленного по каждой станции ряда составляет 74 значения.

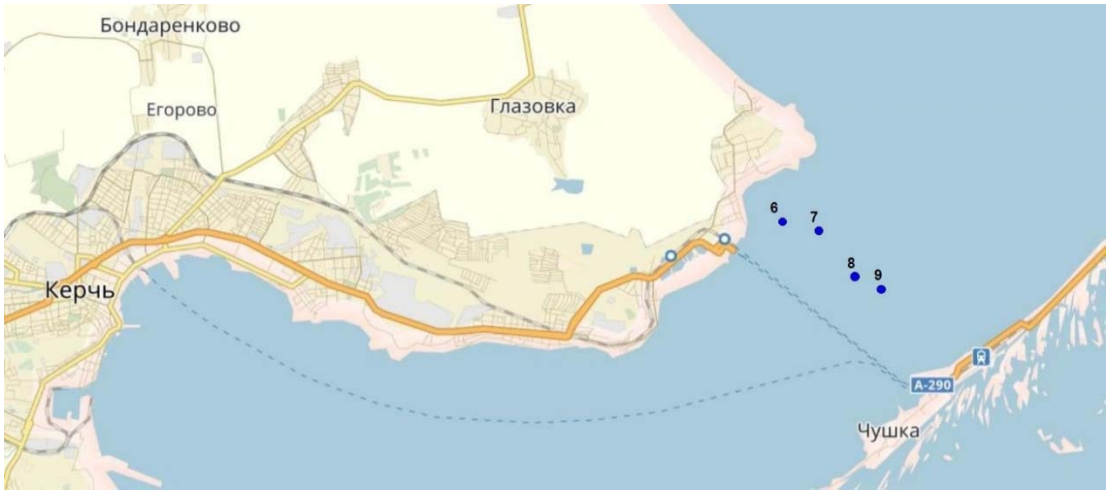


Рис. 1. Станции Керченского пролива

В табл. 1 представлены основные статистические характеристики исследуемых рядов химического загрязнения по станциям 6 и 7.

Таблица 1

Описательная статистика данных химического загрязнения диоксидом кремния в районе станций 6 и 7 за период 2010–2012 гг.

Показатель, мкг/л	Станция 6	Станция 7
1. Среднее значение вариационного ряда	511,1	424,1
2. Стандартное отклонение	307,4	281,2
3. Минимальное значение	69	31
4. Медиана	400	325
5. Мода	320	200
6. Максимальное значение	1480	1140
7. Значение первого квартиля	300	207,5
8. Значение третьего квартиля	680	552,5

Динамика значений химического загрязнения диоксидом кремния прибрежных вод в районе гидрометеорологической станции «Опасное» представлена на рис. 2.

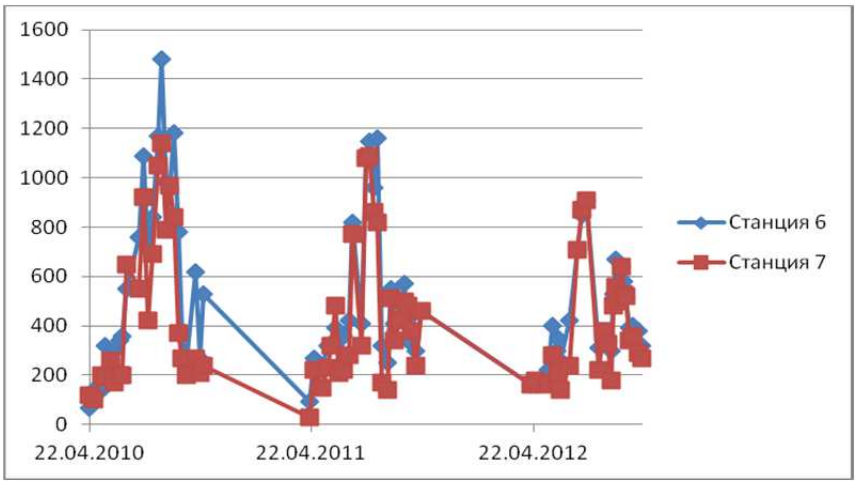


Рис. 2. Динамика значений химического загрязнения диоксидом кремния прибрежных вод в районе гидрометеорологической станции «Опасное» за период 2010 – 2012 гг.

На рис. 2 заметно, что между полученными на станциях 6 и 7 данными загрязнения диоксидом кремния прослеживается достаточно устойчивая взаимосвязь. В то же время ряд значений станции 7 характеризуется более сглаженными пиками и меньшими показателями загрязнения. Это подтверждают и величины статистических показателей из табл. 1. Так, полученный на станции 6 ряд данных характеризуется на 20,5 % большим средним значением вариационного ряда, на 122 % большей величиной минимального уровня загрязнения, на 44,5 % большим значением первого квартиля. Подобная ситуация вполне логична, ведь станция 6 находится значительно ближе к берегу, чем станция 7, которая удалена в сторону к. Чушка.

На рис. 3 и 4 представлен трендовый анализ данных химического загрязнения диоксидом кремния акватории в районе станций 6 и 7. Выбранная для оценки модель экспоненциального роста обеспечивает минимальные ошибки прогноза по сравнению с величинами ошибок при применении линейной, а также квадратической модели.

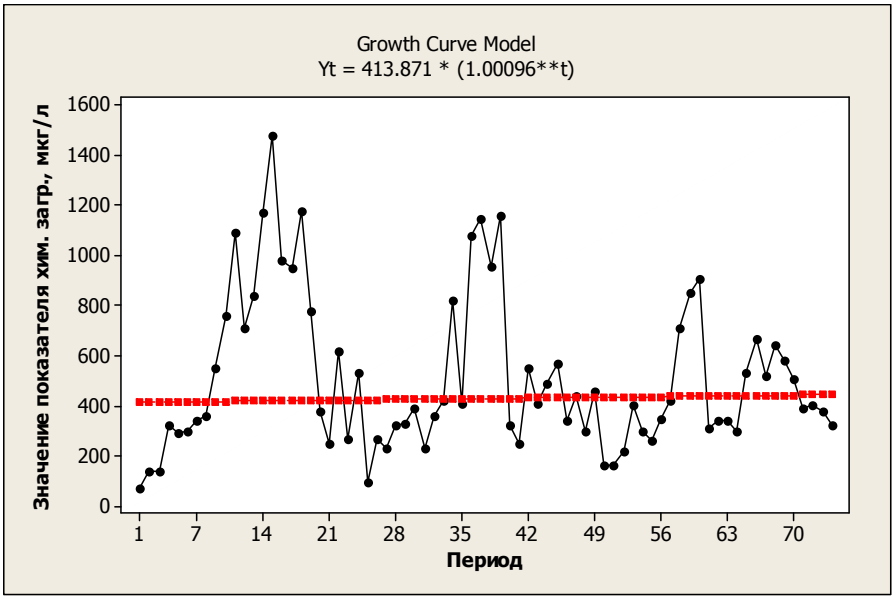


Рис. 3. Трендовый анализ рядов значений химического загрязнения диоксидом кремния акватории в районе станции 6

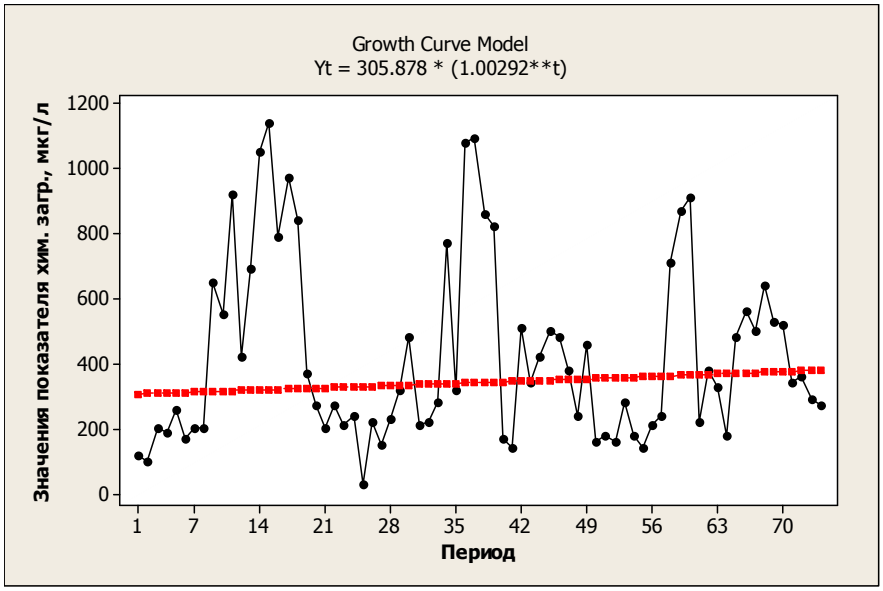


Рис. 4. Трендовый анализ данных химического загрязнения диоксидом кремния акватории в районе станции 7

Несмотря на то что рассчитанные ошибки достаточно большие, и полученные прогнозные значения не являются максимально достоверными, общие тенденции изменчивости показателей загрязнения заметны достаточно отчетливо. Видна незначительная динамика роста уровня загрязнения.

По данным табл. 1 можно сделать вывод, что среднее значение уровня загрязнения, зафиксированное в районе морской станции 6 в 2010–2012 гг., составило 511,1 мкг/л (примерно 0,5*ПДК). Изменчивость данных весьма большая, а максимальные значения за рассматриваемый период 7 раз превышают ПДК.

Анализ значения моды для ряда по станции 6 позволяет сделать вывод, что значительная часть данных находится на уровне 300–320 мкг/л. На рис. 5 изображена диаграмма частот значений. 20 значений из 74 находятся в пределах 250–350 мкг/л, 14 значений больше 350 и меньше 450 мкг/л.

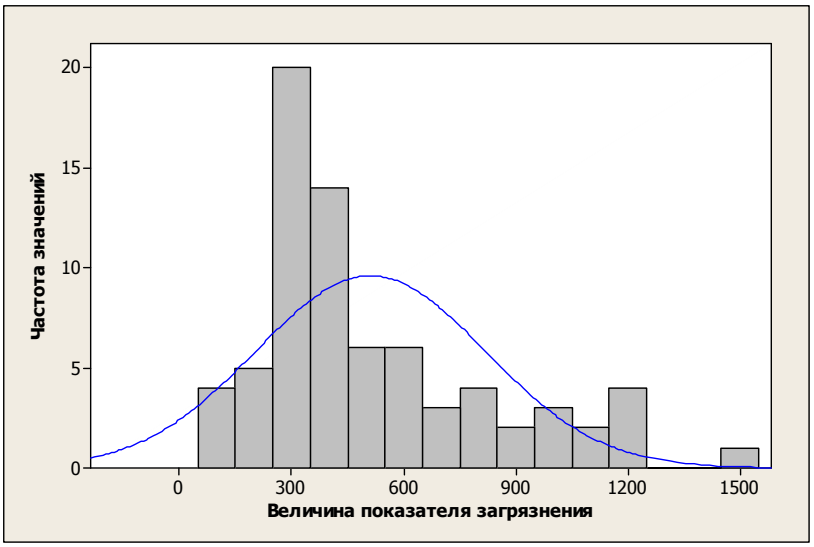


Рис. 5. Гистограмма частот загрязнения диоксидом кремния акватории в районе станции 6

Полученные по данным станции 6 значения 1 и 3 квартиля показывают, что 25 % данных не больше 300 мкг/л, а 75 % значений не превышают 680 мкг/л. При сохранении выявленных при трендовом анализе тенденций эти показатели будут постепенно увеличиваться.

На рис. 6 представлена гистограмма частот химического загрязнения диоксидом кремния акватории в районе станции 7.

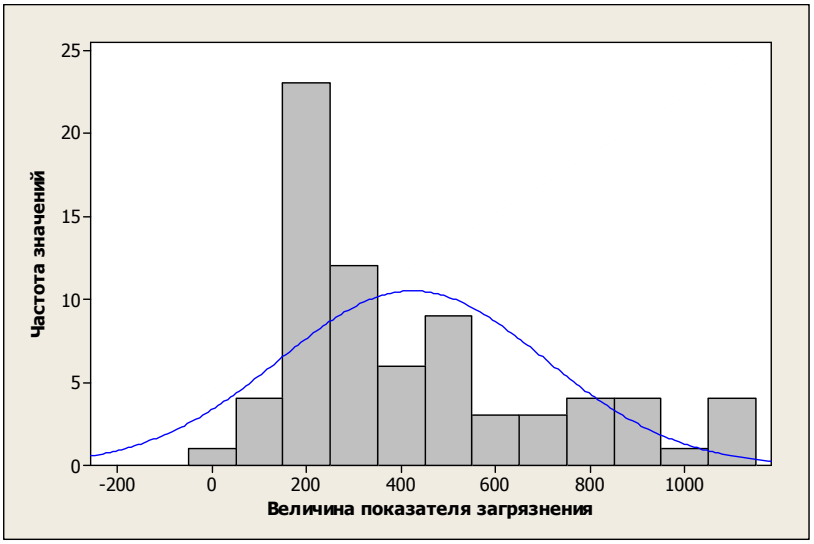


Рис. 6. Гистограмма частот химического загрязнения диоксидом кремния акватории в районе станции 7

Как видно на рис. 6, в пределах 150 – 250 мкг/л находится 23 значения химического загрязнения, больше 250 и меньше 350 мкг/л 12 значений. Показатели 1 и 3 квартиля свидетельствуют о том, что 25 % данных не превышает 207,5 мкг/л, а 75 % данных не больше 552,5 мкг/л.

В исследуемых за 2010 – 2012 гг. по станции 7 данных 4 раза зарегистрировано превышение ПДК. Максимальное превышение предельно допустимой концентрации составило 14 %.

Наличие устойчивых взаимозависимостей продемонстрировал регрессионный анализ данных загрязнения. В случае, когда находится зависимость данных загрязнения на станции 6 от соответствующих значений загрязнения по станции 7, построенное уравнение регрессии выглядит следующим образом (1):

$$C1 = 76.3 + 1.03 * C2, \quad (1)$$

где С1 – концентрация загрязнения диоксидом кремния прибрежных вод в районе морской станции 6; С2 – концентрация загрязнения диоксидом кремния прибрежных вод в районе морской станции 7.

Стандартная ошибка коэффициента регрессии 22,7 мкг/л. Получено относительно небольшое ее значение, что говорит о высокой точности регрессионной модели.

t-значение для вычисленной регрессии составляет 22,94. Оно свидетельствует о том, что регрессионная зависимость отслеживается уже при уровне значимости 1 %.

Значение стандартной ошибки оценки 107,38 показывает, что обычно значения химического загрязнения в районе станции 6 отклоняются от построенной прямой регрессии на 107,38 мкг/л. Вычисленная прямая регрессии объясняет 88 % изменчивости данных.

Выводы по работе

В результате выполнения работы удалось сделать следующие выводы:

- проведенный анализ данных загрязнения диоксидом кремния на морских станциях 6 и 7 в районе МГ «Опасное» за 2010 – 2012 гг. показал, что на каждой из станций неоднократно фиксировались случаи превышения ПДК;
- исследуемые ряды данных характеризуются схожими тенденциями изменчивости, имеют хорошую сопоставимость;
- анализ описательной статистики продемонстрировал, что, несмотря на достаточно близкое расположение станций по отношению друг к другу, имеются существенные различия в величинах уровня загрязнения, в том числе в районе станции 7 средние и максимальные показатели существенно ниже;
- прямая регрессии показала устойчивую взаимосвязь между данными химического загрязнения на станциях 6 и 7, в том числе регрессионная зависимость объясняет 88 % изменчивости данных.

Список литературы

1. *Полозок П. В., Полозок А. А.* Проблемы прогнозирования химического загрязнения акватории заливов и морей // Ломоносовские чтения 2017 года : сб. материалов науч. конф. 22 марта 2017 г., г. Севастополь. Севастополь : Фил. МГУ имени М. В. Ломоносова в г. Севастополе, 2017. С. 15–16.
2. *Полозок П. В., Фомина И. Н., Полозок А. А.* Обоснование методики получения прогноза загрязнения нитритами поверхностных вод в районе МГ «Ялта» // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017 : сб. ст. по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017». 11–15 сент. 2017 г. / под ред. Ю. А. Омельчук, Н. В. Ляминой, Г. В. Кучерик. Севастополь : СевГУ, 2017. С. 1063–1066.

УДК 551.510.42

Оценка влияния добычных работ на кормовую базу р. Обь в Новосибирской области

Л. Л. Поротникова, А. С. Дельва, А. В. Цапенков, С. Е. Байльдинов

ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Новосибирск

Аннотация. Представлена характеристика реки Обь. Приведены данные по численности и биомассе зоопланктона и зообентоса.

Ключевые слова: река Обь, добычные работы, зоопланктон, зообентос, список литературы.

Обь – одна из крупнейших рек, третья по водоносности в России. Образуется слиянием рек Бия и Катунь на Алтае, протекает с юга на север по территории Западной Сибири и впадает в Обскую губу Карского моря. Длина реки 3650 км, с истоком Иртыша 5410 км. Площадь водосборного бассейна 2990 тыс. км^2. По этой характеристике река занимает первое место в Российской Федерации. Большая часть водосбора (примерно 85 %) находится на Западно-Сибирской равнине. Значительная часть бассейна покрыта лесами и занята болотами. Река пересекает несколько климатических зон.

Верхний участок бассейна расположен в горах, здесь река имеет хорошо разработанную долину с множеством пойменных террас. До устья р. Чарыш р. Обь течёт в низких берегах, русло изобилует протоками, перекатами, островами. Ближе к г. Барнаул пойма и долина расширяются. От г. Барнаул до г. Камень-на-Оби долина реки расширяется до 10 км, имеет асимметричный профиль с крутым левым и пологим правым склонами. Широкая пойма изрезана протоками, старицами и озёрами. У г. Камень-на-Оби долина и пойма реки сужаются. В русле встречаются участки с каменистыми выступами.

В южной части г. Новосибирска река перегорожена плотиной, образовавшей водохранилище. После г. Новосибирска долина значительно расширяется и к устью р. Томь достигает 20 км. Глубина составляет 6 м.

Ниже устья р. Томи и Чулыма р. Обь становится большой полноводной рекой. Долина имеет ширину до 50 км с поймой, покрытой густой сетью проток. Глубина до 8 м. В районе с. Перегребное и г. Салехарда сужается до 4—8 км.

Наиболее крупные притоки Кеть, Томь, Чулым, Тым, Тромъеган, Вах, Лямин, Назым, Шегарка, Чая, Васюган, Парабель, Большой Юган, Большой Салым, Иртыш.

Река Обь является рыбохозяйственным водотоком высшей категории (наличие ценных и особо ценных видов рыб: осетровые, сиговые).

Обь в пределах г. Новосибирска имеет необходимые условия для прохождения всех этапов жизненного цикла рыб: размножения, нагула, миграции и зимовки.

Ихтиофауна р. Обь в пределах Новосибирской области представлена 15 видами промысловых рыб, относящихся к различным систематическим группам. Это ценные полупроходные виды – осетр (занесен к Красную книгу РФ), нельма, муксун (занесены в Красную книгу Новосибирской области) и пелядь, производители которых поднимаются из низовьев Оби и Обской губы для нереста и зимовки и туводные рыбы – стерлядь (занесена в Красную книгу Новосибирской области), язь, плотва, елец, окунь, щука, налим, караси (серебряный и золотой), а также акклиматизанты – лещ и судак. Немногочисленны такие виды, как пескарь, линь, сазан, таймень, верховка.

Подстилающие грунты дна р. Обь на многих участках состоят из песка и песчано-гравийных смесей, которые широко используются в строительной отрасли. Ежегодно из р. Обь, протекающей по территории Новосибирской области, добывается более 2 млн м^3 этого природного сырья. Строительство является одним из ускорителей экономического развития регионов, вовлекая в свою орбиту различные отрасли промышленного производства и транспорта, так или иначе связанные с ним.

Добычные работы песчано-гравийных смесей ведутся гидромеханизированным и механизированным способами. Для добычи песка из русла реки применяются землесосные снаряды.

При добычных работах происходит неизбежное нарушение целостности грунтов русловых и пойменных частей водотока, что приводит к изменению донного ценоза и, как следствие, к ухудшению кормовой базы для рыб. За счет взмучивания донных отложений также страдают и планктонные организмы в связи с тем, что жесткие частицы и песчинки засоряют их фильтрационный аппарат. Высокие концентрации взвесей вызывают гибель зоопланктеров. Таким образом, разработка грунта в русле приводит к подрыву кормовой базы рыб, также разрушительно воздействует на нерестилища, может привести к гибели икры и молоди рыб. Добыча песка и песчано-гравийной смеси в русле зачастую приводит к подмыву берега. Снижение уровня воды в реке ведет к незалитию мест нереста рыб-фитофилов.

В местах разработки месторождений песчано-гравийных смесей научно-исследовательскими организациями, как правило, проводятся мониторинговые исследования, позволяющие оценить степень негативного влияния добычных работ и предложить рекомендации для устранения их последствий. На основании этого в 2017 г. в протоке Луговая р. Оби проводились мониторинговые работы, позволяющие оценить состояние кормовой базы рыб в районе разработки месторождения песка – «Чаус-2».

Месторождение строительных песков «Чаус-2» расположено в Колыванском районе Новосибирской области на 747,0–748,0 км лоцманской карты реки Обь, в протоке Луговая, в 1,5 км к востоку от д. Чаус.

Долина реки в этом районе довольно широкая, берега покрыты лесом и кустарником. Основная пойма расположена вдоль левого берега. Форма русла сложная, многорукавная, с большим количеством островов.

На отметке 746 км р. Обь разделяется на два рукава. Правый рукав судоходный, левый рукав мелководный несудоходный – Луговая протока. Общая протяженность протоки около 8 км, ширина 125–200 м, глубина изменяется от 0,3–5,0 м. Средняя скорость течения р. Оби в районе месторождения от 0,5–0,6 м/сек в межень до 1,2–1,4 м/сек в половодье.

Грунт русла протоки преимущественно песчано-илистый. Месторождение расположено в верхней части и представляет собой часть пластообразной залежи, вытянутой вдоль протоки, протяженностью 1100 м, шириной 100–190 м, общей площадью 0,159 км^2, приурочено к современным русловым отложениям реки Оби.

В районе исследований в качественном составе зоопланктона было обнаружено 25 видов, относящихся к трем систематическим группам: 7 видов – ветвистоусые (Cladocera), 12 видов – веслоногие (Copepoda), 6 видов – коловратки (Rotifera). Наиболее часто встречающимся видом был веслоногий рачок – *Mesocyclops leuckarti* Claus.

По материалам гидробиологических исследований наибольшие показатели численности представленных групп зоопланктона были отмечены в летний период, наименьшие – весной. В среднем основу численности на исследуемом участке создавали веслоногие ракообразные. Средняя численность планктонных организмов исследуемого участка реки Обь в районе месторождения «Чаус 2» составила 2955 экз. /м^3. Основу биомассы составляла группа веслоногих ракообразных. Средняя биомасса организмов зоопланктона за период исследований на участке реки Обь в районе месторождения «Чаус 2» составила – 0,0806 г/м^3 (табл. 1). Этот показатель почти в 15 раз ниже, чем в русле р. Обь, где аналогичные добычные работы не проводились, и составляет 1,166 г/м^3 [1].

В составе донной фауны было отмечено 11 видов, относящихся к 3 группам зообентоса (*Chironomidae, Oligochaeta* и прочие).

Наибольший таксономический состав имела группа хирономид (*Chironomidae*) – 9 видов. Наиболее часто встречающимися видами во все периоды исследований были:

Cricotopus algarum Kief., *Polypedilum breviantennatum* Klif., *Polypedilum convictum* Walk., относящится к группе хирономид.

Таблица 1

Численность и биомасса зоопланктона в протоке Луговая р. Обь в районе месторождения «Чаус-2» в 2017 г.

Группа	Весна	Лето	Осень	Средняя численность	% от общей численности
Коловратки	-	2130 0,0018	-	710 0,0006	24,0 0,8
Ветвистоусые ракообразные	15 0,0013	1664 0,057	794 0,0318	824 0,0300	27,9 37,2
Веслоногие ракообразные	264 0,0300	3647 0,1067	353 0,0126	1421 0,0500	48,1 62,0
Всего	279 0,0313	7441 0,1655	1147 0,0444	2955 0,0806	100 100

Примечание: в числители – численность, экз. /м^3, в знаменателе – биомасса, г/м^3.

На большинстве участков дна протоки по численности доминировали личинки хирономид, занимающие на разных биотопах от 80 до 100 % общей средней численности бентоса. Средняя численность донных животных составила 404,1 экз. /м^2. По биомассе, также как и по численности, доминировала группа хирономид, занимая от 52 до 97 % общей биомассы бентоса на разных биотопах. Средняя биомасса донных животных составила 0,41 г/м^2 (табл. 2). Показатель биомассы зообентоса в протоке ниже в 9 раз по сравнению со значениями в русле р. Обь, где добычные работы не проводились и составляют 3,75 г/м^2 [1].

Таблица 2

Численность и биомасса зообентоса в протоке Луговая р. Обь в районе месторождения «Чаус-2» в 2017 г.

Группа	Весна	Лето	Осень	Средняя численность, экз. /м^2	% от общей численности
Chironomidae	123 0,15	361 0,23	590 0,73	358 0,35	88,6 85,4
Oligochaeta	-	28 0,02	34 0,02	20,1 0,03	5,0 7,3
Прочие	17 0,04	61 0,05	-	26 0,03	6,4 7,3
Итого	140 0,19	450 0,30	624 0,75	404,1 0,41	100 100

Примечание: в числители – численность, экз. /м^2, в знаменателе – биомасса, г/м^2.

По развитию зоопланктона и зообентоса протока Луговая р. Обь в 2017 г., согласно классификациям Пидгайко М. Л. и др. (1968) и Китаева С. П. (1986) относилась к малокормным ультраолиготрофного типа водоемам, самого низкого класса продуктивности.

Таким образом, работы по добыче песка на месторождении «Чаус-2» в протоке Луговая р. Обь носят отрицательный характер. При добычных работах происходит неизбежное нарушение целостности грунтов, что приводит к изменению донного ценоза, снижению продуктивности фауны толщи воды и дна водоема, т. е. зоопланктона и зообентоса, и, как следствие, к ухудшению кормовой базы для рыб.

Список литературы

1. *Визер А. М.* Влияние гидрологического режима на развитие зообентоса Верхней Оби // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования. Томск, 2011. С. 170–173.
2. *Китаев С. П.* О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // V съезд Всерос. гидробиол. о-ва : тезисы. Куйбышев, 1986. С. 254–255.
3. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР / М. Л. Пидгайко [и др.] // Известия ГосНИОРХ. 1968. Т. 67. С. 205–228.
4. Районы и города Новосибирской области (природно-экономическая характеристика). Новосибирск, 1996. 516 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. Т. 15, вып. 2. Л. : Гидрометиздат, 1986. 430 с.

УДК 551.48+556

Многолетние колебания годового стока рек Белгородской области

В. С. Решетников (244312@bsu. edu.ru), А. Г. Корнилов (kornilov@bsu.edu.ru), М. Г. Лебедева (lebedeva_m@bsu.edu.ru)

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Аннотация. Динамика изменения стока рек на территории Белгородской области и ее существующие прогнозные количественные оценки требуют периодического уточнения и детализации по мере накопления новых данных и получения результатов дополнительных исследований. В этой связи особую значимость имеет изучение и оценка многолетних колебаний годового стока р. Северский Донец, р. Оскол и р. Ворскла как крупнейших речных артериях Белгородской области. В результате проведенного исследования выявлены тренды на снижение годового стока р. Северский Донец и р. Оскол на фоне прогрессирующего дефицита поверхностного и подземного питания вод в регионе, обусловленного влиянием климатических и антропогенных факторов.

Ключевые слова: годовой сток, гидрологический режим, климатические факторы, антропогенное влияние.

Введение

Положение Белгородской области на границе лесостепной и степной зон определяет многообразие природных условий и специфичность факторов формирования стока. Кроме того, геологические и почвенно-растительные условия территории внесли свои коррективы в образование стока рек [5]. Водный режим рек региона в зависимости от физико-климатических условий носит различный характер. Изменение стока рек оказывает прямое воздействие на гидрологические характеристики более крупных водотоков, притоками которых они являются. В этой связи выявление многолетних колебаний годового стока рек имеет высокую актуальность. На примере Белгородской области анализу был подвергнут многолетний сток р. Северский Донец, р. Оскол и р. Ворскла.

Основная часть

Объектом исследования явились годовой сток р. Северский Донец, р. Оскол и р. Ворскла, как самых значимых рек бассейнов р. Дон и р. Днепр, протекающих на территории Белгородской области, до гидрометрических створов. Исходными материалами для работы послужили многолетние данные о среднем годовом стоке рек по действующим гидрологическим постам на водотоках Белгородской области (табл. 1).

Таблица 1

Гидрологические посты на значимых водотоках Белгородской области

Название водного объекта	Местоположение (название) поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км^2	Отметка нуля поста		Открыт, дд. мм. гг	Принадлежность поста
				Высота, м	Система высот		
Бассейн р. Дон							
р. Северский Донец	с. Киселево	1014	740	120,08	БС	01.10.1960	Росгидромет
р. Оскол	р. п. Раздолье	212	8640	79,89	БС	01.08.1929	Росгидромет
Бассейн р. Днепр							
р. Ворскла	с. Козинка	348	1870	119,29	БС	22.08.1914 (01.09.1947)	Росгидромет

Для анализа климатических условий, влияющих на поверхностное питание рек, использовались данные авиационной метеорологической станции АМСГ Белгород (для р. Северский Донец) и метеорологических станций М-2 Валуйки (для р. Оскол) и М-2 Готня (для р. Ворскла). [4].

В табл. 2 приводятся сводные характеристики рассматриваемых рек по данным государственного водного реестра.

Таблица 2

Сводные характеристики р. Северский Донец, р. Оскол и р. Ворскла по данным государственного водного реестра

Река	Северский Донец	Оскол	Ворскла
Местоположение	218 км по пр. берегу р. Дон	580 км по лв. берегу р. Северский Донец	514 км по лв. Берегу р. Днепр
Впадает в	р. Дон в 218 км от устья	р. Северский Донец в 580 км от устья	р. Днепр в 514 км от устья
Речной бассейн	Дон (российская часть бассейна)		Днепр (российская часть бассейна)
Длина водотока	1053 км	472 км	464 км
Водосборная площадь	98900 км²	14800 км²	14700 км²

Особенности многолетней динамики климатических характеристик территорий протекания рассматриваемых рек и степень соответствия данных характеристик климатическим нормам [2] отражены в табл. 3.

Таблица 3

Среднемесячные и среднегодовые показатели температуры и осадков по данным АМСГ Белгород, М-2 Валуйки и М-2 Готня (1951–2016 гг.)

Параметр	Месяцы												Год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
АМСГ Белгород, Температура воздуха, °С													
Климатическая норма (1961–1990)	–8,0	–6,8	–1,8	7,6	14,8	17,8	19,4	18,7	13,2	6,6	0,3	–4,1	6,5
Фактическое значение	–6,9	–6,5	–1,3	8,1	14,9	18,5	20,1	19,2	13,3	6,7	0,1	–4,3	6,8
Отклонение от нормы	+1,1	+0,3	+0,5	+0,5	+0,1	+0,7	+0,7	+0,5	+0,1	+0,1	–0,2	–0,2	+0,3
М-2 Валуйки, Температура воздуха, °С													
Климатическая норма (1961–1990)	–7,7	–6,5	–1,0	8,8	15,4	18,7	20,0	19,0	13,4	6,8	0,9	–3,8	7,0
Фактическое значение	–6,5	–6,1	–0,5	8,8	15,4	19,1	20,8	19,6	13,7	7,1	0,7	–3,8	7,4
Отклонение от нормы	+1,2	+0,4	+0,5	-	-	+0,4	+0,8	+0,6	+0,3	+0,3	–0,2	-	+0,4
М-2 Готня, Температура воздуха, °С													
Климатическая норма (1961–1990)	–8,2	–7,1	–1,8	7,4	14,5	17,6	18,8	17,9	12,7	6,2	0,1	–4,6	6,1
Фактическое значение	–7,1	–6,6	–1,5	7,6	14,5	18,1	19,7	18,7	12,9	6,4	–0,1	–4,5	6,5
Отклонение от нормы	+1,1	+0,5	+0,3	+0,2	-	+0,5	+0,9	+0,8	+0,2	+0,2	–0,2	+0,1	+0,4

Окончание табл. 3

Параметр	Месяцы												Год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
АМСГ Белгород, Осадки, мм													
Климатическая норма (1961–1990)	52	40	36	46	48	67	72	53	49	40	52	50	605
Фактическое значение	42,8	34,8	34,6	36,9	49,2	60,3	67,0	48,5	49,3	44,7	42,9	46,3	557,3
Отклонение от нормы	–9,2	–5,2	–1,4	–9,1	+1,2	–6,7	–5,0	–4,5	+0,3	+4,7	–9,1	–3,7	–47,7
М-2 Валуйки, Осадки, мм													
Климатическая норма (1961–1990)	44	35	30	39	42	68	64	51	48	37	50	50	558
Фактическое значение	45,1	36,6	33,0	39,0	46,0	63,9	63,9	48,8	45,3	40,1	44,8	48,7	555,1
Отклонение от нормы	+1,1	+1,6	+3,0	-	+4,0	–4,1	–0,1	–2,2	–2,7	+3,1	–5,2	–1,3	–2,9
М-2 Готня, Осадки, мм													
Климатическая норма (1961–1990)	44	34	37	44	51	58	78	64	50	43	54	55	612
Фактическое значение	42,8	34,8	34,6	36,9	49,2	60,3	67,0	48,5	49,3	44,7	42,9	46,3	557,3
Отклонение от нормы	–1,2	+0,8	–2,4	–7,1	–1,8	+2,3	–11,0	–15,5	–0,7	+1,7	–11,1	–8,7	–54,7

На территориях протекания рек зафиксирован рост средних многолетних температур воздуха. Для территории бассейна р. Северский Донец средний многолетний прирост показателя температуры воздуха составил +0,35°С с амплитудой отклонений от среднегодовой нормы по месяцам от –0,2°С до +1,1°С. Для территории бассейна р. Оскол средний многолетний прирост данного показателя составил +0,36°С с амплитудой отклонений от среднегодовой нормы по месяцам от –0,2°С до +1,2°С. Для территории бассейна р. Ворскла средний многолетний прирост показателя температуры воздуха составил +0,38°С с амплитудой отклонений от среднегодовой нормы по месяцам от –0,2°С до +1,1°С.

Наглядно динамика изменения температур по АМСГ Белгород и М-2 Валуйки представлена на рис. 2–3.

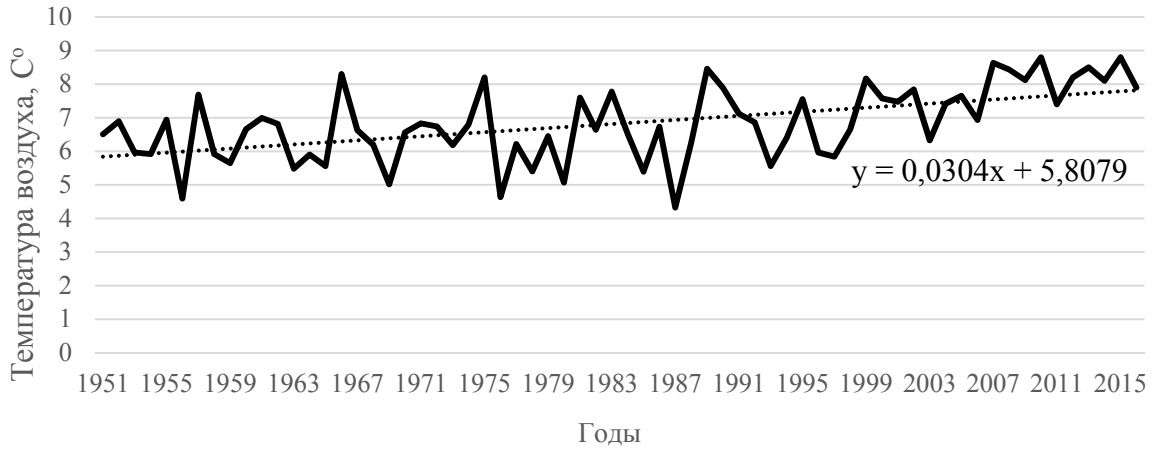


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха по АМСГ Белгород (1951–2016 гг.)

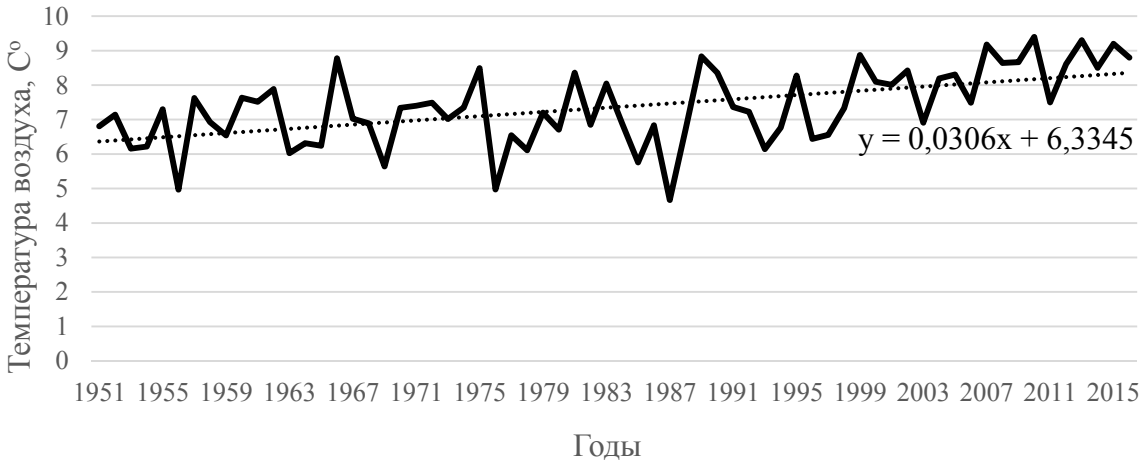


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха по М-2 Валуйки (1951–2016 гг.)

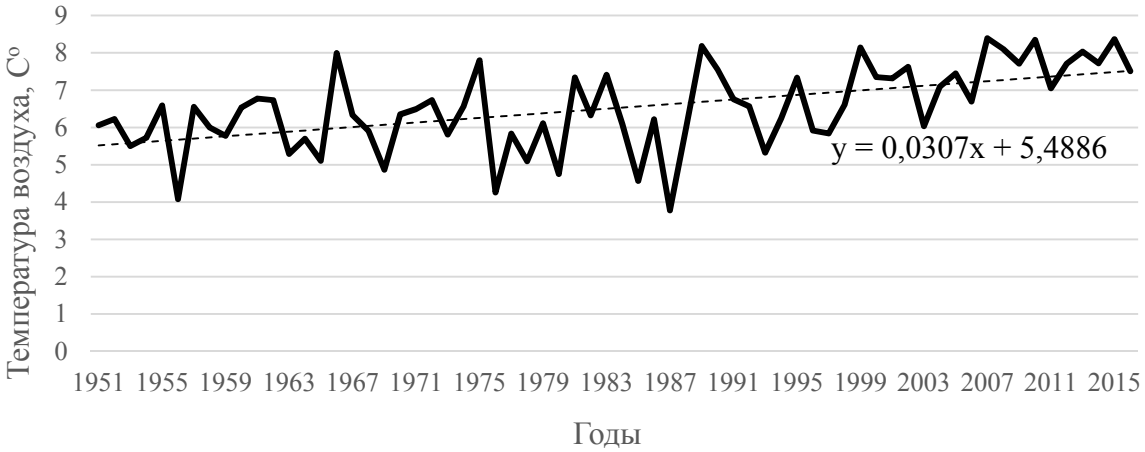


Рис. 3. Среднегодовая температура воздуха по М-2 Готня (1951–2016 гг.)

Территория водосбора рассматриваемых рек имеет близкие характеристики температуры воздуха, однако при этом территория водосбора р. Оскол имеет отличную от р. Северский Донец и р. Ворскла динамику количества осадков в рассматриваемый период с 1951 по 2016 г. Для территории бассейна р. Северский Донец при среднемесячном отклонении от нормы в –3,9 мм суммарное среднегодовое отклонение от климатической нормы составило –7,8 %. Для территории бассейна р. Оскол при среднемесячном отклонении от нормы в –0,24 мм суммарное среднегодовое отклонение от климатической нормы составило всего лишь –0,5 %. Для территории бассейна р. Ворскла при среднемесячном отклонении от нормы в –4,6 мм суммарное среднегодовое отклонение от климатической нормы составило –8,9 %. При этом тренд атмосферных осадков по территории бассейна р. Северский Донец и р. Ворскла не имеет ярко выраженной тенденции к изменениям, а аналогичный тренд по бассейну р. Оскол имеет видимую тенденцию к росту количества осадков, что наглядно демонстрируют графики на рис. 4–5.

Графики отражают, что до 1990-х гг. кривые изменения количества осадков по всем трем метеостанциям имели схожую динамику. Очевидно, что тренды по АМСГ Белгород и М-2 Готня в дальнейшем изменились в силу видимого снижения количества осадков в период с 2003 по 2015 г., однако в 2016 г. сумма осадков по АМСГ Белгород превысила аналогичный показатель по М-2 Валуйки на 7 мм, а сумма осадков по метеостанции М-2 Готня – на 109,1 мм.

Наблюдаемая климатическая картина обусловливает изменения в стоках рек [2]. Наглядно данный процесс представлен на рис. 7–8.

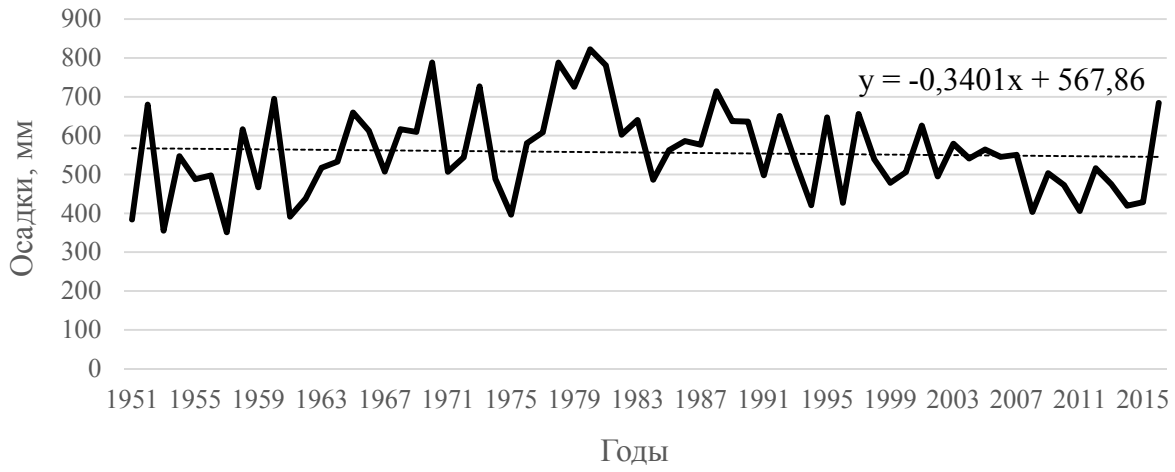


Рис. 4. Годовая сумма осадков по АМСГ Белгород (1951–2016 гг.)

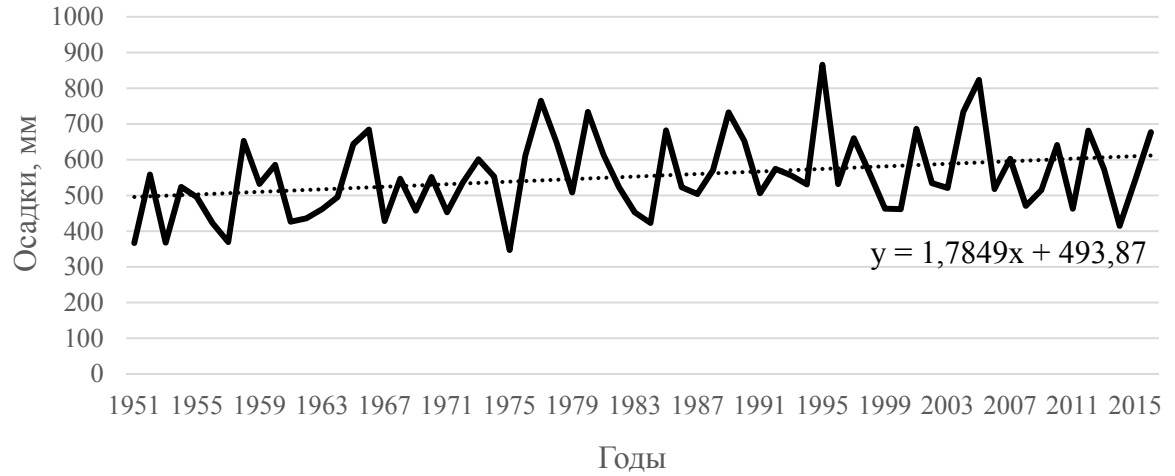


Рис. 5. Годовая сумма осадков по М-2 Валуйки (1951–2016 гг.)

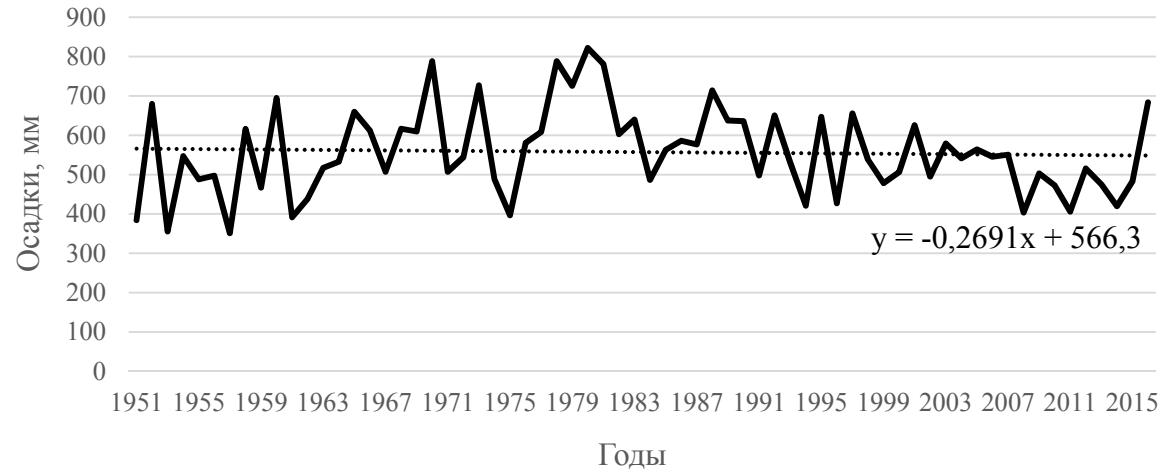


Рис. 6. Годовая сумма осадков по М-2 Готня (1951–2016 гг.)

Рассматривая сток изучаемых рек можно заметить, что сток рек бассейна р. Дон проявляет динамику к снижению, в то время как сток реки бассейна р. Днепр не имеют выраженного тренда к изменениям. Общий спад на всех представленных графиках заметен в период с 1971 по 1975 г. Именно на это время приходится массовый ввод в эксплуатацию новых ГТС на водотоках всех трех рассматриваемых рек, а также на их притоках [1].

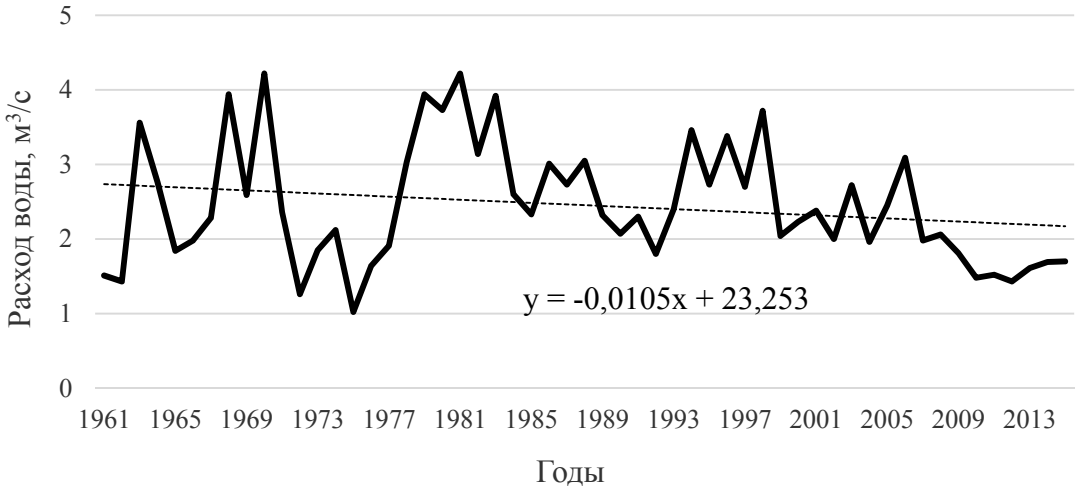


Рис. 7. Среднегодовой расход воды по р. Северский Донец (с. Киселево)

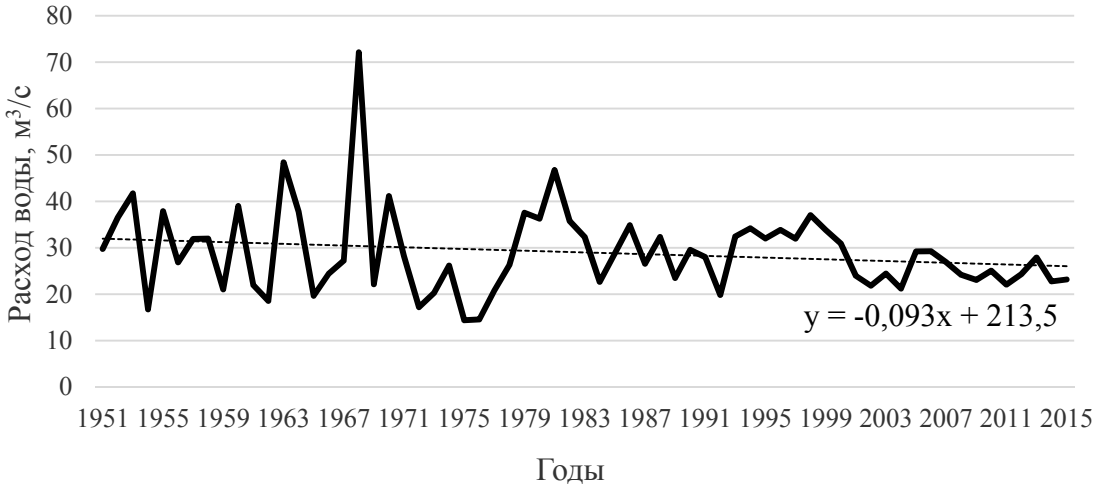


Рис. 8. Среднегодовой расход воды по р. Оскол (р. п. Раздолье)

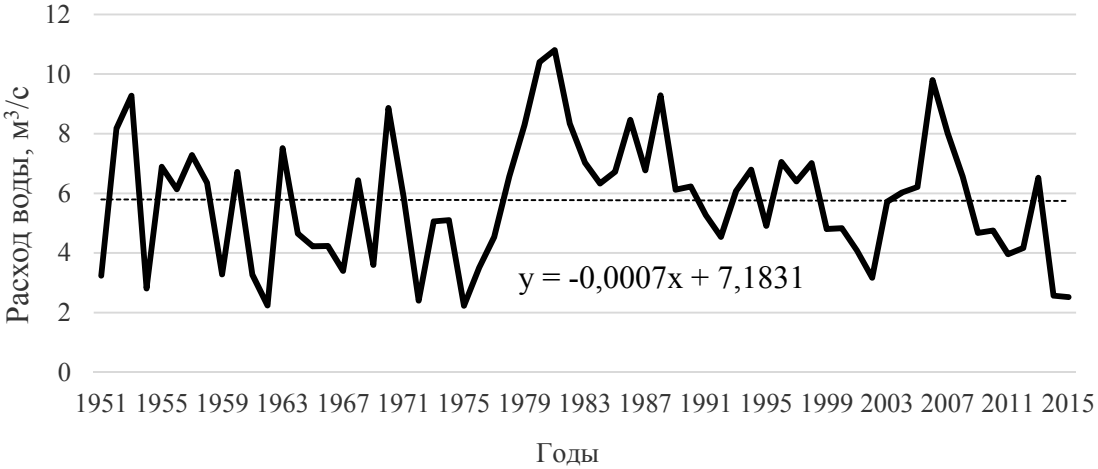


Рис. 9. Среднегодовой расход воды по р. Ворскла (с. Козинка)

Кратковременное повышение стока рассматриваемых рек в период с конца 1970-х до начала 1980-х обусловлено достаточно резким увеличением количества осадков в этот период на фоне некоторой рецессии в динамике роста среднегодовых температур воздуха.

Сток р. Северский Донец во многом обусловлен климатом территории. Показатель корреляции между среднегодовыми значениями температуры воздуха и величиной

стока р. Нежеголь составил –0,37, а показатель корреляции между годовой величиной осадков и величиной стока составил 0,53.

Сток р. Оскол, напротив, слабо зависит от климатических факторов. Показатель корреляции между среднегодовыми значениями температуры воздуха и величиной стока р. Нежеголь составил –0,12, а показатель корреляции между годовой величиной осадков и величиной стока составил 0,12. На сток р. Оскол оказывают высокое влияние попуски из Старооскольского водохранилища, расположенного выше гидрологического поста [3].

Показатель корреляции между среднегодовыми значениями температуры воздуха и величиной стока р. Ворскла составил –0,19. Показатель корреляции между годовой величиной осадков и величиной стока р. Ворскла составил –0,10. Эти значения указывают на то, что климатические факторы не оказывают определяющего влияния на сток р. Валуй, и позволяет говорить о значимости физико-географических параметров бассейна в формировании стока, а также антропогенном влиянии.

Выводы

В изменениях температуры и осадков исследуемых бассейнов рек в период с 1951 по 2016 г. прослеживаются отклонения от нормы. Отличительная черта указанных климатических характеристик – многолетние тенденции роста температур. Количество осадков наряду с незначительным отрицательным отклонением от климатической нормы на территории бассейнов р. Северский Донец и р. Ворскла не имеют ярко выраженных трендов к изменениям, а на территории бассейна р. Оскол даже имеет тенденцию к росту, который, однако не может компенсировать эффекта от роста температурного режима. За период 1951–2016 гг. среднегодовое значение температуры воздуха увеличилось на 0,3–0,4 °С. Годовая сумма атмосферных осадков на Западе и в центральной части региона отклонилась на 7,8–8,9 %. Подобная климатическая картина обусловливает тренды на сокращение стока рек. На Юго-Востоке Белгородской области это отклонение составило не более 0,5 %, благодаря чему динамика стока не имеет выраженного тренда к изменениям.

Вносит свое влияние на сток рек и антропогенная составляющая. С 1971 г. на кривых стока наблюдается общий серьезный спад. Именно на это время приходится массовый ввод в эксплуатацию новых ГТС на рассматриваемых водотоках, а также на их притоках.

Список литературы

1. *Дегтярь А. В., Григорьева О. И., Татаринцев Р. Ю.* Экология Белогорья в цифрах: монография. Белгород : КОНСТАНТА, 2016. 122 с.
2. *Корнилов А. Г., Лебедева М. Г., Гордеев Л. Ю.* Вклад атмосферных осадков теплого периода года в расходы воды в реках Белгородской области // Науч. ведомости БелГУ. Естеств. науки. 2012. № 20 (15). С. 151–155.
3. *Решетникова Л. К., Лебедева М. Г., Петина М. А.* Многолетняя динамика стока рек юга Центрально-Черноземного региона // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах : материалы IV междунар. науч. конф. М., Белгород. С. 316–321.
4. Фондовые материалы Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1951–2016 гг.
5. *Шикломанов И. А., Балонишникова Ж. А., Георгиевский В. Ю.* Гидрологические последствия изменений климата и их влияние на социально-экономические условия // Прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям : сб. пленар. докл. Междунар. конф. по проблемам гидрометеорол. Безопасностию г. Москва, 26–29 сент. 2006. М. : Гидрометцентр России, 2007. С. 295–311.

УДК 556.161+556.51(571.5)

Современные изменения стока р. Ушаковки

Е. Н. Сутырина (ensut78@gmail.com),
Д. В. Царенкова (tsarenkova.diana@yandex.ru)
Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Целью настоящего исследования является изучение современных тенденций изменения стока реки Ушаковки и ряда влияющих на речной сток климатических факторов, таких как осадки и температура воздуха.

Ключевые слова: река Ушаковка, тренд, расход воды, климатические факторы.

Актуальность

Объектом исследования является р. Ушаковка на юге Иркутской области, которая представляет собой правый приток р. Ангары. Длина Ушаковки составляет около 77 км, из которых 7 км в нижнем течении находится в пределах г. Иркутска [3]. Кроме г. Иркутска на р. Ушаковке (от истока к устью) находятся населённые пункты Горячие Ключи, Добролёт, Поливаниха, Кукша, Худяково, Пивовариха, много садоводств. В Иркутске на берегах реки располагаются предприятия и рынки. Размещение в начале прошлого века ремесленных мастерских и других производственных предприятий в прибрежной полосе привело к захламлению и замусориванию территорий. В пределах 5 км от устья реки ландшафт поймы подвергся сильному антропогенному воздействию: произведена отсыпка пойменных территорий и трансформировано русло р. Ушаковки [1].

Ширина русла р. Ушаковки в настоящее время, как правило, не превышает 20 м. В 1892 г. ширина реки составляла от 80 до 100 м [4]. Ширина устья р. Ушаковки сократилась с 600 (середина XIX в.) до 200 м (начало XX в.), в настоящее время – до 60 м [1]. По архивным данным, как минимум до середины XIX в. р. Ушаковка была судоходной [1], а имеющиеся ретроспективные изображения (рис. 1) позволяют получить представления, насколько существенно изменился внешний облик р. Ушаковки в районе Иркутска.



Рис. 1. Открытка «Мост через Ушаковку» [4]

Сток представляет собой сложный многофакторный природный процесс, обусловленный влиянием комплекса физико-географических факторов и хозяйственной деятельности. Действие различных природных факторов проявляется по-разному. Одни из них способствуют стеканию атмосферных осадков по земной поверхности, другие замедляют сток или вовсе исключают возможность его образования. Основными факторами стока, определяющими его развитие, являются климатические. Климат воздействует на сток не только непосредственно, но и через другие природные факторы: почву, растительность, рельеф [2]. Также внимание при изучении факторов формирования стока должно уделяться хозяйственной деятельности, оказывающей на водные ресурсы и режим рек влияние в двух направлениях: непосредственного изменения режима стока в руслах и изменения условий влагонакопления и расходования влаги в бассейне.

Река Ушаковка испытывает существенную антропогенную нагрузку, которая уже к началу XX в. привела к изменению ряда гидрологических характеристик данного водотока. Ситуация усугубляется возможным негативным влиянием современных изменений стокоформирующих климатических факторов. Таким образом, изучение современных тенденций изменения стока р. Ушаковки и ряда влияющих на речной сток климатических факторов, таких как осадки и температура воздуха, является актуальной задачей.

Материалы и методы исследования

В рамках настоящего исследования для изучения современных тенденций изменения стока были использованы ряды данных о среднегодовых расходах воды р. Ушаковки на посту г. Иркутск за 1938–1947, 1949–1955 и 1989–2016 гг. и посту пос. Добролет за 1954–1990 и 2003–2016 гг. Для удаления пробелов и восстановления рядов данных о среднегодовых расходах за весь период с 1938 по 2016 г. на обоих постах использован метод гидрологической аналогии. В качестве реки-аналога для р. Ушаковки на посту г. Иркутск выступил пост в пос. Добролет на данном водотоке и наоборот. Данные посты имеют ряд совместных наблюдений за 1989–1990 гг. и 2005–2016 гг., составляющий 14 лет, обладают сходством условий формирования стока, имеют размеры водосборных бассейнов одного порядка: 322 км² – на посту пос. Добролет и 829 км² – на посту г. Иркутск, а также очень тесную связь между среднегодовыми расходами на данных постах (рис. 2). Для восстановления информации о среднегодовых расходах в 1948 г. на обоих постах в качестве аналога использовалась информация об осадках в пределах водосбора по данным реанализа.

Для изучения современных тенденций влияющих на сток климатических факторов в пределах бассейна р. Ушаковки была использована информация об осадках и приземной температуре воздуха по данным реанализа NCEP/NCAR (The National Centers for Environmental Prediction / The National Center for Atmospheric Research) за период с 1948 по 2016 г.

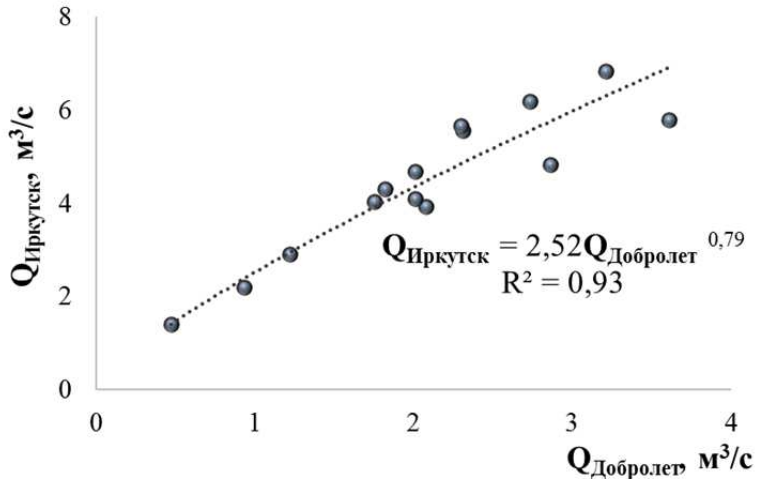


Рис. 2. Связь среднегодовых расходов воды р. Ушаковки на постах пос. Добролет и г. Иркутск

Полученные результаты

Для многолетнего периода с 1938 по 2016 г. были получены ряды без пропусков среднегодовых расходов воды р. Ушаковки на постах пос. Добролет и г. Иркутск и проанализированы современные тенденции их изменений. Установлено наличие отрицательных линейных трендов изменения среднегодовых расходов р. Ушаковки, который составили минус 0,095 и минус 0,153 (м³/с)/10 лет на постах пос. Добролет и г. Иркутск соответственно (рис. 3). Оценка значимости трендов с применением F-критерия показала уровень статистической надёжности около 90 %, что демонстрирует снижение среднегодовых расходов за период исследования с 1938 по 2016 г. на 31 и 24 % на постах пос. Добролет и г. Иркутск соответственно.

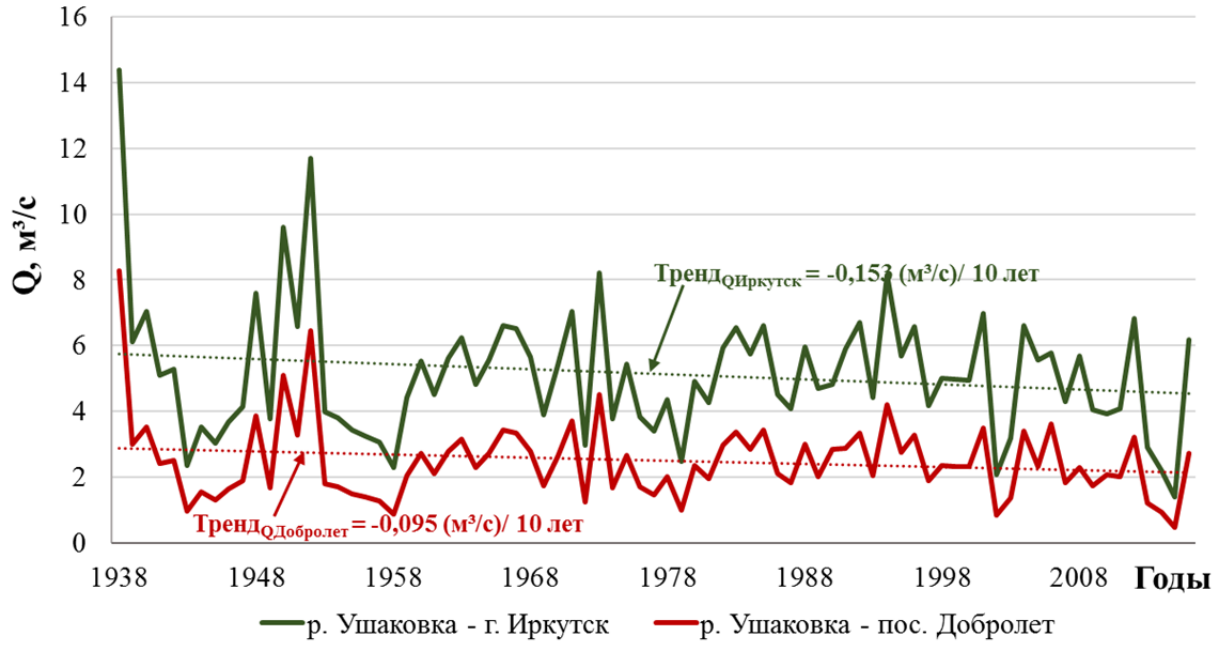


Рис. 3. Межгодовая изменчивость среднегодовых расходов воды р. Ушаковки на постах пос. Добролет и г. Иркутск и тренды их изменения

Также были проанализированы многолетние ряды осадков и приземной температуры воздуха по данным реанализа NCEP/NCAR за 1948–2016 гг. в пределах водосбора р. Ушаковки и были проанализированы их современные тенденции (рис. 4). В период с 1948 по 1970 г. в пределах рассматриваемого бассейна наблюдался отрицательный тренд температуры, который составил минус 0,8 °С/10 лет. В более поздний период (с 1971 по 2016 г.) тренд температуры воздуха был положительным 0,5 °С/10 лет. Уровень статистической надёжности трендов температуры составил более 95 % в период с 1948 по 1970 г. и более 99 % в период с 1971 по 2016 г. При этом известно, что вместе с ростом температуры должно происходить и увеличение зависящей от неё величины испаряемости, т. е. потенциально возможного, не лимитируемого запасами воды испарения в данной местности. Таким образом, происходит сокращение приходной части водного баланса изучаемого водосбора.

Статистически значимых трендов изменения годовых сумм осадков за период с 1948 по 2016 г. не выявлено.

Выводы

В ходе проведённого исследования выявлены существенные современные изменения стока р. Ушаковки, выражающиеся в снижении среднегодовых расходов с 1938 по 2016 г. на 31 и 24 % на постах пос. Добролет и г. Иркутск соответственно.

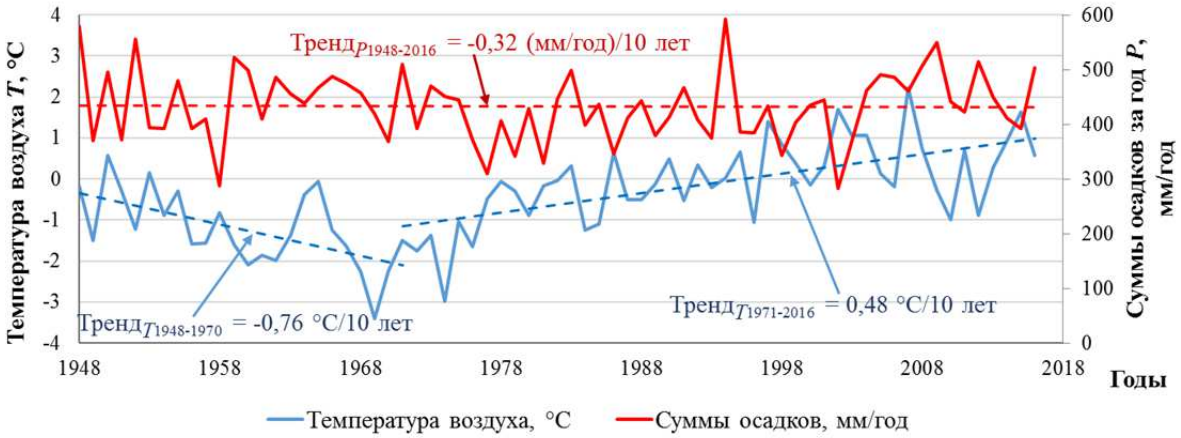


Рис. 4. Многолетняя изменчивость годовых сумм осадков и среднегодовых значений приземной температуры воздуха в пределах водосбора р. Ушаковки

В ходе исследовании показано, что осадки, определяющие приходную часть водного баланса водосбора реки не претерпели существенных изменений за период с 1948по 2016 гг. На увеличение расходной части баланса мог повлиять рост приземной температуры воздуха, отмечающийся с 1970 по 2016 г. и ведущий к росту испаряемости, т. е. потенциально возможного испарения.

Также к изменению водного баланса, а именно к увеличению его расходной части приводит ведущаяся в пределах водосбора р. Ушаковки без соблюдения необходимых экологических требований интенсивная хозяйственная деятельность. Так интенсивные вырубки лесов на территории водосбора р. Ушаковки ухудшают инфильтрационную способность почв и видоизменяют водный баланс. Постоянное снижение расходов воды также наблюдается вследствие, осушения торфяных болот для использования территорий под садовоогороднические нужды, бесконтрольной откачке подземных вод, имеющих гидравлическую связь с рекой и т. д. Более подробное внимание анализу влияния хозяйственной деятельности на сток р. Ушаковки будет уделено на следующем этапе исследования.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 17-29-05045, 17-29-05047.

Список литературы

1. *Кламер М., Дружинина И. Е., Глебова Н. М.* Особенности расположения реки Ушаковки в Иркутске и ее природный потенциал // Изв. вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость, 2017. Т. 7, № 2. С. 117–125.
2. *Комлев А. М.* Закономерности формирования и методы расчетов речного стока. Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 2002. 157 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 16. Вып. 2. Л. : Гидрометеоиздат, 1965. 224 с.
4. Ушаковка. URL: http://irkipedia.ru/content/ushakovka. (дата обращения: 31.08.2018)

УДК 544.473:547.322

Очистка и обезвреживание вод суши от фосфорорганических соединений

Г. О. Торосян (gagiktorosyan@seua. am)[1], М. З. Петросян[1], А. А. Симонян[1], В. А. Давтян (gexamahk@rambler.ru)[2], Н. С. Торосян (eurasia7am@yahoo.com)[3]

[1.] *Национальный политехнический университет Армении, (НПУА), г. Ереван, Армения,*
[2.] *Агентство по управлению водными ресурсами Министерства охраны природы Республики Армении, г. Ереван*
[3.] *Институт ОДКБ в Армении, г. Ереван*

Аннотация. Обсуждаются исследования по адсорбционной очистке фосфорорганических соединений из воды с целью их обезвреживания. Уделяется особое внимание регенеративным методам по выделению органических соединений, в частности сорбционным //адсорбционным/ методам очистки воды. Отмечается особенность адсорбционных методов очистки как наиболее доступных и простых в технологическом осуществлении, а также наиболее экономически выгодных, что предопределяет их применение в странах с различными экономическими и технологическими уровнями. Содержатся описания результатов исследований, выполненных в последние годы на кафедре хим-био и природоохранных технологий НПУА по извлечению фосфорорганических соединений из водных сред, на примере пестицида малатиона и лекарственного препарата армина.

Ключевые слова: очистка, обезвреживание, фосфорорганические соединения, воды суши, методы очистки, деструктивные, регенеративные методы, адсорбция, сорбенты, цеолиты, малатион, армин.

Введение

Одним из основных факторов антропогенного воздействия на окружающую среду, в большей степени на гидросферу, является увеличение использования органических соединений – нефтепродуктов, пестицидов, ПАВ, моющих средств, продуктов их распада и других токсичных, канцерогенных и мутагенных соединений. Очистка же от растворенных в воде органических веществ является одной из наиболее важных, одновременно и наиболее трудно решаемых задач. С одной стороны, многообразие соединений по химическому составу, условиям образования и существования, требует проведения индивидуальных исследований для каждого конкретного случая. С другой стороны, многие эффективные способы глубокой очистки сопряжены с большими экономическими и ресурсными затратами, с использованием дефицитных реагентов с последующей их регенерацией, с утилизацией или захоронением отходов [1].

Большим как по объемам, так и по огромным экологическим издержкам, является сельскохозяйственное производство, отличающийся от промышленного производства по ряду факторов, в том числе более высокой наукоемкостью. Последнее предопределяет применение высокоэффективных химических веществ для увеличения объемов производства – ядохимикатов, пестицидов. Пестициды популярны из-за их широкого распространения, простоты применения, эффективности и экономической отдачи. В то же время, загрязненная пестицидами вода приводит к серьезным проблемам со здоровьем населения, если их применять выше принятых допустимых предельных концентраций.

Для очистки сточных вод разработано много методов и технологий, позволяющих снижать антропогенную нагрузку на водные объекты. Методы очистки воды от находящихся или растворенных органических соединений условно разделяются на две группы – деструктивные и регенеративные [1]. Здесь приводятся результаты работ по адсорбционной – регенеративной очистки воды

Адсорбционная очистка

Возможность адсорбции [2] основана на различии в энергиях вандерваальсовского взаимодействия молекул растворенного вещества и растворителя с поверхностью твердого адсорбента (физическая адсорбция) или на образовании, (чаще всего, обратимом) химических связей между растворенным веществом и поверхностными группами адсорбента, а также связана как с развитой пористой структурой поверхности адсорбентов, так и с внутренним объемом пор доступного для адсорбции.

Для сорбции органических веществ применяют гидрофобные углеродные пористые материалы – активные угли, дробленые материалы различного органического происхождения: уголь, кокс, топливные шлаки, сорбенты на основе целлюлозы и резины, синтетические полимеры, а также модифицированные алюмосиликаты, в частности цеолиты. Необходимо отметить, что дешевые сорбенты, очищающие стоки от загрязнений, состоят из алюмосиликатов и им подобным веществам [2].

Высокую адсорбционную активность проявляют природные цеолиты, в частности клиноптилолит, морденит. Из природных цеолитов прочное место в практическом применении начинает завоевать клиноптилолитный туф [3].

На территории Республики Армении пригодные для промышленной разработки месторождения цеолитов встречаются в районе Иджевана (клиноптилолит) и на Ширакском плато (морденит). В природных условиях редко встречаются залежи цеолитов, не загрязненные иными минералами. Так, содержание цеолита в т. н. «цеолитовых туфах» составляет, как правило, около 50 % [3]. Поэтому получение сорбента со стабильными свойствами возможно лишь после предварительного обогащения природного цеолита.

Искусственные цеолиты, несмотря на большую стоимость, по сравнению с природными, обладают неоспоримыми преимуществами [4]. Прежде всего, это – отсутствие посторонних примесей существенно снижающих адсорбционную емкость природного сорбента.

Нами изучено насыщение цеолитов моноэтаноламином и его производными, а также катамином АБ – смесью четвертичных аммониевых солей- диметилбензилалкил //С10-С18/аммоний хлоридов [5]. Представляет значительный интерес использование в качестве ЧАС катамина АБ антисептического препарата, представляющего собой смесь четвертичных аммониевых солей. Выбор данного вещества обусловлено также его высокой экологичностью.

Такое стечение обстоятельств по адсорбции аминов следует объяснить строением изучаемых аминов, когда МЭА в силу своего строения и молекулярного объема // размеров/ образует более прочные водородные связи с поверхностью цеолита, а также возможным образованием N-O и O-H-O связей с поверхностью цеолита. Насыщение поверхности цеолита ЧАС-ами // или аминами с 2-гидросильной группой/ увеличивает сорбционную активность применяемого минерального сорбента.

Адсорбционную очистку воды можно проводить порошкообразными или зерненными адсорбентами в периодическом или непрерывном процессе [2] Наиболее распространена очистка воды порошкообразными адсорбентами [2]. Отработанный адсорбент либо регенерируют, либо утилизируют.

В нашей исследовательской группе проведены работы по выбору аппаратурно-технологического оформления адсорбционной водоочистки. Простейшим вариантом аппаратурно-технологического оформления адсорбционной водоочистки было принято использование блока из двух аппаратов – смесителя, в котором суспензия цеолита в очищаемой воде перемешивается до достижения адсорбционного равновесия, и отстойника, в котором отработанный адсорбент отделяется от очищенной воды [2].

В схемах с неподвижным слоем адсорбента предусмотрено несколько адсорберов, в каждом из которых в один и тот же момент времени протекает определенная стадия процесса [2]. При такой схеме адсорберы работают периодически, а очистка воды происходит непрерывно. Взвешенные вещества, задержанные в верхних слоях адсор-

бента, периодически удаляют при промывке водой, проходящей через слой активного угля снизу вверх. Перед этой стадией обычно проводят так называемую поверхностную промывку от мелкой механической примеси.

Значительно сократить расход адсорбента позволяет использование более совершенных схем аппаратурного оформления – перекрестно-ступенчатой или противоточной [2].

Было установлено, что адсорбционная емкость сорбента наиболее полно используется при противоточном взаимном перемещении адсорбента и очищаемой воды. Противоточная адсорбция осуществляется в виде как периодического, так и непрерывного процессов.

Как правило, противоточные схемы используют в высокопроизводительных установках непрерывного действия. Наряду с неоспоримыми преимуществами, такие установки имеют существенный недостаток – они требовательны к постоянству состава и концентрации загрязняющих примесей. Противоточно-ступенчатые установки периодического действия более громоздки, однако менее критичны по отношению к указанным факторам.

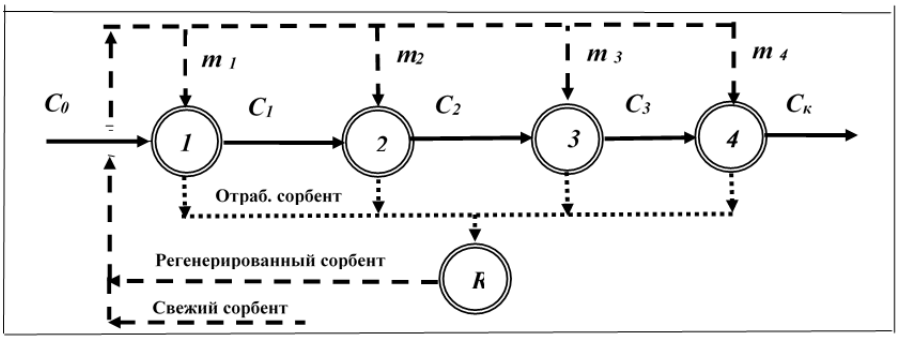


Рис. 1. Перекрестно-ступенчатая схема адсорбционной водоочистки
1–4 – агрегаты «смеситель – отстойник»; ***R*** – узел регенерации сорбента

Схема реализации периодического противоточно-ступенчатого процесса поясняется рис. 2. Адсорбент вносится в смеситель последней, по ходу воды, ступени (***k***), где, контактируя с частично очищенной водой (концентрация фенола C_{k+1}), поглощает органический загрязнитель до достижения удельной адсорбции ($a_к$), равновесной с заданной конечной концентрацией ($C_к$) его в воде.

Поскольку обе рассмотренных схемы содержат равное число основных аппаратов и, следовательно, практически идентичны по требуемым капитальным вложениям и эксплуатационным затратам, предпочтение, безусловно, следует отдать противоточно – ступенчатой схеме [2; 6].

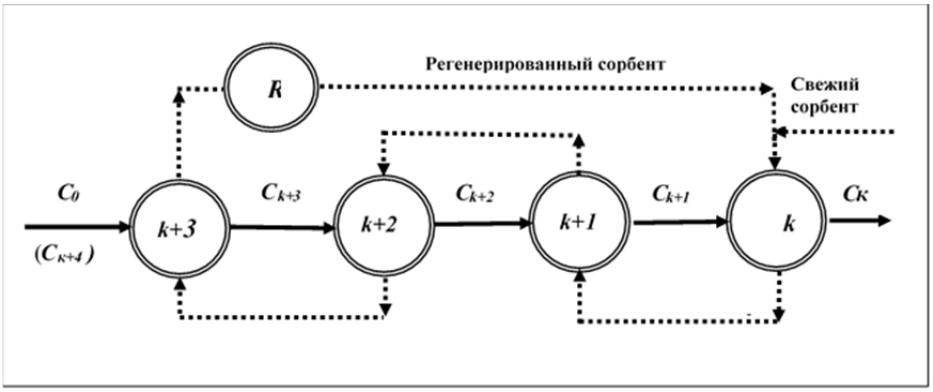


Рис. 2. Противоточная схема адсорбционной водоочистки **k, k+1, k+2, k+3** – агрегаты «смеситель-отстойник»; **R**- узел регенерации адсорбента.

Достоинством метода является высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также рекуперация этих веществ. Ассортимент сорбентов за последнее время значительно обогатился. На рынке имеются самые разнообразные сорбенты, как разных классов, так и в различных физических состояниях, что предопределяет технологическую схему. Так, адсорбцию на зерненном поглотителе можно проводить периодически и непрерывно. При периодическом процессе адсорбер, заполненный неподвижным слоем поглотителя, отключается от потока после отработки слоя, разгружается и вновь заполняется свежим или регенерированным сорбентом для нового цикла.

Адсорбционная очистка фосфорорганических соединений из водных сред

Фосфорорганические соединения (ФОС) широко используются в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями. Сильная токсичность и исключительно высокая биолого-физиологическая активность фосфорорганических соединений (ФОС) послужили основой для их применения в качестве отравляющих веществ [6].

Чрезмерное использование этих веществ создают и создавали ряд экологических проблем – загрязнение воздуха, водных и наземных экосистемах. Устойчивость пестицидов в окружающей среде в данном случае определяется физико-химическими свойствами соединений количеством и способом их применения, свойствами окружающей среды. Широко применяемые ФОС – карбофос (малатион- МЛТ), метафос, тиофос, хлорофос, фосфамид и другие — высокотоксичны для человека [6].

ФОС-ы обладают потенциальной способностью подвергаться гидролизу в водных растворах, тем самым разлагаются и полевых условиях, однако при разной длительности процесса [6]. Известно, что основными реакциями распада фосфорорганических пестицидов //ФОП/ в окружающей среде являются окисление и гидролиз. Такие результаты описаны на примере широко используемого пестицида из ряда ФОС-ов – МЛТ (торговые названия – *карбофос, сумитокс, фостион, цитион*, химическое название – *О,О-диметил-8-(1,2-бис-этоксикарбониэти)дитио-фосфат*) наиболее интенсивно использующийся пестицид во всем мире, что обусловлено как высокой активностью, так и низкой токсичностью и устойчивостью по сравнению с другими фосфорорганическими пестицидами [6; 7]. На скорость гидролиза МЛТ оказывают влияние следующие факторы: характер заместителей, изменение pH и температуры, присутствие различных катализаторов и растворителей. МЛТ стабилен при pH 5,0–7,0, в то время как распадается в щелочных средах – pH больше 7. Гидролиз главный путь деградации малатиона в щелочных условиях проходит через расщепление сложноэфирной связи. Половина МЛТ деградируется в этих условиях от 0,2 при pH 0,8 до 21 недели при pH 6,0.

МЛТ также окисляется с образованием малаоксона – более токсичного соединения [6]. Следует отметить, что детоксикация последних протекает быстрее дитиоаналогов. Например, деградацию МЛТ с целью детоксикации возможно рассмотреть с двух позиций:

1. Прямое расщепление соединения в водной среде,
2. Прямое расщепление после окисления в водной среде

Изучено расщепление МЛТ в водно-щелочной среде [6]. Согласно полученному после расщепления индивидуальному веществу диэтилового эфира малеиновой (фумаровой) кислоты, расщепление имеет место по отщеплению второго водородного атома от атома серы как гофмановское расщепление ониевых соединений. Проведением щелочного гидролиза МЛТ подвергается детоксикации, в частности, не образовывая более токсичный малаоксон.

Деградацию малатиона можно описать схемой:

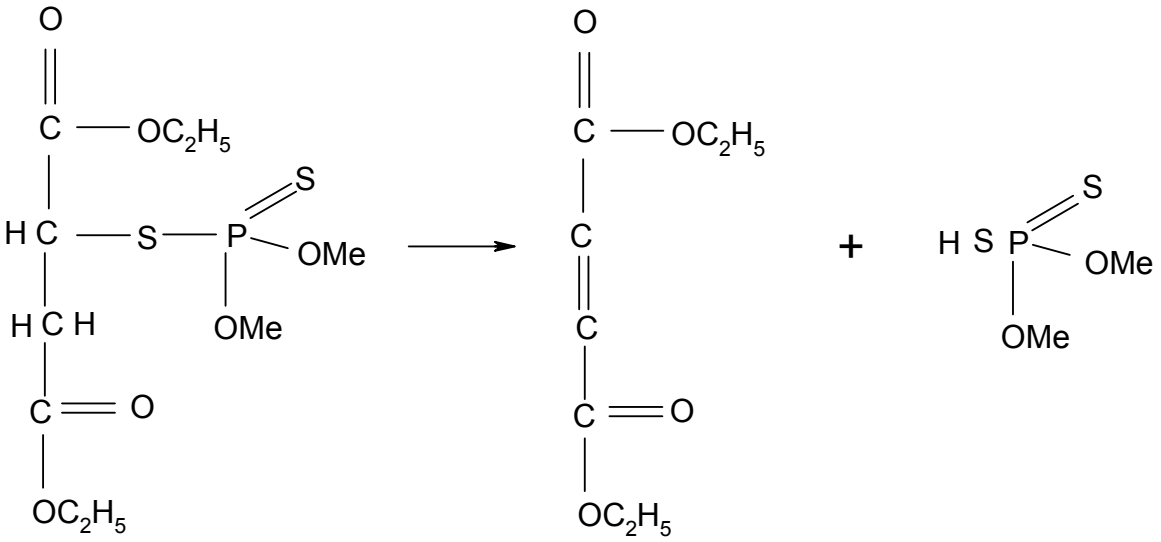


Рис. 3. Водно-щелочное расщепление малатиона

В нашей исследовательской группе проводятся также исследования по изучению адсорбции МЛТ из водных растворов, как модельных обьектов с целью дальнейшего применения на производственных сточных водах с использованием природных цеолитов и отходов сельскохозяйственной продукции, а также полученных из последних активированных углей. Адсорбция изучалась в статических условиях. Количество адсорбированного малатиона определено хроматографическим путем – разницей между концентрациями начального и конечного количества малатиона в водной среде. При расчетах остаточной концентрации учтено также поглощеное количество воды. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Адсорбция малатиона из 0,12 мг/л водных растворов

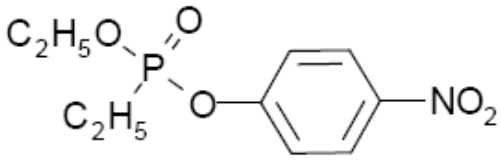
N	Скорлупа косточек плодов	Количество адсорбированного малатиона на грамм сорбента А г/г	Адсорбция малатиона %
1	Активированный уголь из скорлупы косточек сливы	0,083	60
2	Активированный уголь из скорлупы грецкого ореха	0,068	56
3	Активированный уголь из скорлупы фисташки	0,061	51
4	Катионит	0,035	29
5	Скорлупа грецкого ореха	0,086	62
6	Скорлупа миндаля	0,028	23
7	Скорлупа персика	0,033	28
8	Клиноптилолит модифицированный 6 N HCl	0,011	10
9	Природный клиноптилолит	0	0

Как видно из табл. 1 наибольшей активностью обладают сорбенты приготовленные из скорлупы грецкого ореха, а также активированные угли приготовленные из сливовых косточек и грецкого ореха. Из данных таблицы также видно, что адсорбция малатиона в случае активированного угля более высока чем в случае катионита или неактивированного сорбента.

Известно, что удельная поверхность неактивированного сорбента значительно уступает удельной поверхности активированного угля, а катионит вовсе не обладает пористой поверхностью. На основании этого предположено, что имеет место физическая адсорбция под воздействием ван дер ваальсовских сил, а адсорбционная активность сорбента повышается в зависимости от удельной поверхности и размера молекулы адсорбата. По всей вероятности, в данном случае адсорбционную активность проявляют мезопоры. Адсорбционная активность цеолитов крайне низкая, а при необработанных цеолитах равна почти нулю.

Эфиры фосфорной кислоты – интенсивно использующиеся ФОС, что обусловлено как их высокой активностью, так и более-менее низкой токсичностью, а также устойчивостью по сравнению с другими фосфорорганическими соединениями [7].

Здесь приводятся результаты исследований по химическому обезвреживанию медицинского препарата армина – этилового эфира пара-нитрофенилового эфира этилфосфоновой кислоты:



Следует указать, что создание лекарственных препаратов на основе ФОС почти в 1,5 раза опережает рост числа лекарств без фосфора, например, для лечения от глаукомы, транквилизатора, для местного лечения инфекционно-воспалительно-аллергических заболеваний кожи и слизистых оболочек, оказывающих на опухоль антимитотическое действие [7]. Некоторые производные ФОС проявляют антидепрессивное и ноотропное свойства [7].

Армин применяли в качестве миотического и антиглаукоматозного средства в виде глазных капель, а также одновременно с другими антиглаукоматозными лекарственными средствами. В настоящее время армин применяется в клинической практике с осторожностью, однако оно остается эталонным представителем антихолинэстеразных ФОС, а также сохраняет свое место в регистре лекарственных веществ и включен в учебную программму по фармакологии [7]. Более того, его используют в различных онкоцентрах мира, например, в медицинском центре “Ассита” (Израиль).

С целью нахождения активного сорбента для очистки вод от армина изучены следующие сорбенты, которые ранее показали более высокую активность при адсорбции органических веществ из водной среды [6].

Установлено, что адсорбция армина в случае АУ, более высока, чем в случае необугленных косточек. Адсорбционная способность Н-цеолитов более высокая.

Такое протекание процесса связано с тем, что удельная поверхность неактивированного сорбента значительно уступает удельной поверхности активированного угля. Данные физико-химических параметров сорбентов приведены в [2; 6]. На основании полученных данных было также сделано предположение, что имеет место физическая адсорбция под воздействием ван дер ваальсовских сил, а адсорбционная активность сорбента повышается в зависимости от удельной поверхности и размера молекулы адсорбата.

Для выведения изотерм адсорбция из водных растворов армина проводилась при разных концентрациях (табл. 2). При адсорбции армина наблюдается повышение активности с увеличением концентрации, но ближе к пределу растворимости адсорбционная активность падает.

Таблица 2

Адсорбция армина на сорбентах

Конц.армина, *мг/л*	Адсорбция армина на углях, *мг/г*					
	Косточки абри	Косточки хурмы	АУ от АК	АУ от КХ	Н-клиноптилолит	Н-морденит
0,25	0,002	0,003	0,009	0,012	0,019	0,022
0,50	0,004	0,006	0,035	0,038	0,064	0,071
1,25	0,010	0,015	0,060	0,072	0,120	0,142
2,50	0,018	0,023	0,120	0,164	0,185	0,232

Определение малатиона в водной среде жидкостной хроматографией и масс- спектрометрическим анализом

МЛТ подвижное вещество и в окружающей среде распространяется очень быстро, из почвы в воду или на оборот.

Для решения указанной проблемы был использован высокоэффективной жидкостной хроматографии, а также масс-спектрометрического анализа. Такой подход дал возможность для дальнейшего применения в практике метода высокоэффективной жидкостной хроматографии тандемной с масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС). В последние годы этот метод стал инновационной аналитической технологией в большей частью, применяемой в медицинской практике и в фармацевтике. С развитием метод начинает приобрести практическое приложение и в других отраслях человеческой жизнедеятельности [8].

Наличие МЛТ в водной фазе было определено газовым хроматографом GC/MS Varian-3900 насыщенным детектором Varian Saturn 2100T и капиллярной колонкой Varian Silica CP-Sil 8, а также было уточнено ВЭЖХ с “С – 18” колонками – 4,6мм х 25см. ВЭЖХ было более эффективным для малаоксона – кислородого аналога МЛТ с использованием ультрафиолетового детектора, методом VAM 008 – 02.

В масс-спектре МЛТ сканирован при различных потенциалах энергии столкновения. Прогнозируемые фрагменты МЛТ показаны на рис. 4.

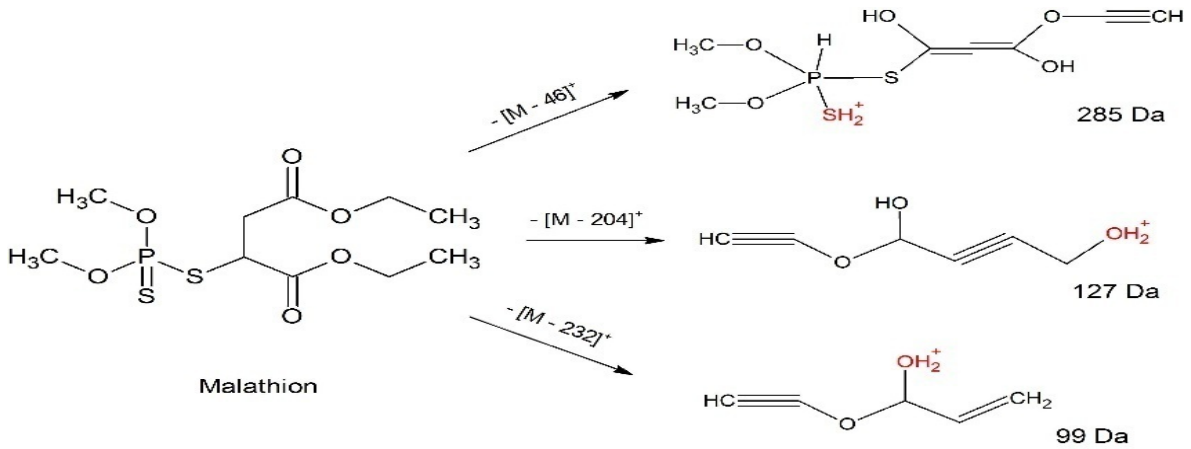


Рис. 4. Фрагментация малатиона

Полученные фрагменты согласуются с ранними нашими исследованиями по превращению малатиона в водных средах [6].

Из полученных предварительных результатов следует, что разработанный метод позволит определить малатион и продукты его трансформации также методом прямого ВЭЖХ-МС/МС анализа в объектах окружающей среды. Такой подход позволит облегчить процедуру проботбирания, а также при необходимости надежно выявлять факт применения пестицида.

Список литературы

1. *Berrin Tansel*. New technologies for water and waste water treatment. A Survey of recent patents // Recent patents on chemical engineering. 2008. Vol. 1. P. 17–26.
2. *Исаков А. А.* Сорбция фенола из водных рстворов и его дальнейшие превращения : дис. … канд. техн. наук : 24.00.23 – Геоэкология. 2008. 101 с.
3. *Цицишвили Г. В.* Клиноптилолит и другие природные цеолиты. Тбилиси : Мецинараба, 1977. С. 12–21.
4. Furfural adsorption on zeolite. equilibrium and kinetics modeling / G. H. Torosyan, V. I. Zelentsov, Tatiana Datsko, Aidan Ghazi, N. S. Torosyan // Journal of Environmental Science and Engineering. 2013. A 2. P. 80–88.
5. Conversion of monoethanolamine in other organic compounds on H-morfdenite and H-clinoptilolite / G. H. Torosyan [et al.] // Stud. Surf. Sci. Catal. 2001. Vol. 135. P. 3628–3633.

6. *Давтян В. А.* Удаление фосфорорганических соединений из водной среды и дальнейшие превращения // Вестн. НПУА. 2016. Т. 2. С. 798–805.
7. *Гараев Р. С.* Изыскание новых лекарственных средств в рядах ФОС // Казан. мед. журн. 2009. Т. 89, № 5. С. 585–590.
8. *Adaway J. E, Keevil B. G, Owen L. J.* Liquid chromatography tandem mass spectrometry in the clinical laboratory // Ann Clin Biochem. 2015. Vol. 52. P. 18–38.

УДК 551.501.86

Использование данных спутниковой мультиспектральной съемки при анализе разливов нефти

Н. В. Федосеева (fednat@mail.ru), В. О. Лопуха (volopukha@yandex.ru)

РГГМУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Исследуются наиболее значительные аварийные разливы нефти. Детально анализируются методы распознавания нефтяных разливов на спутниковых изображениях в разных диапазонах электромагнитного спектра. Цель исследования – совершенствование методов дешифрирования разливов нефти на спутниковых снимках оптического диапазона. В работе использовались мультиспектральные спутниковые данные, полученные при помощи спектрорадиометра MODIS, который позволяет проводить съемку в 36 каналах, причем ввиду непрерывного режима работы, периодичность получения снимков во всех каналах составляет до 3 раз в дневное время и аналогично ночью, а при использовании двух спутников (Aqua и Terra), возможное количество получаемых за сутки снимков может превысить один десяток.

Ключевые слова: разливы нефти, нефть, мультиспектральное спутниковое зондирование, MODIS, TERRA, AQUA, спутниковые изображения, слики.

Введение

Аварийные разливы нефти представляет собой огромную угрозу для животного, растительного мира и окружающей среды. Их последствия, включая ликвидацию разливов нефти и восстановление животного мира, наносят серьезный урон экономике стран, в которых они произошли.

Глобальный мониторинг разливов нефти с высокой периодичностью по времени особенно в отдаленных и труднодоступных местах стал возможен лишь с развитием спутниковой эры – особенно с появлением спутников РСА (радары истинной апертуры), имеющих сопоставимое с датчиками в видимом диапазоне пространственно разрешение. Поэтому число работ, посвященных исследованию нефтяных разливов с помощью других спутниковых систем на настоящий момент не велико, несмотря на большую доступность и более низкую стоимость данных съемки в оптическом диапазоне спектра.

Воздействие нефти на окружающую среду

Попадая в морские экосистемы, нефть самым разрушительным образом действует на окружающую среду. Большинство веществ после произошедшей утечки углеводородных веществ в океан остаётся на его поверхности, что приводит к цепи негативных последствий. Само происшествие включает в себя много аспектов, таким образом утечки могут происходить сами собой (естественным путём) либо при участии так называемого человеческого фактора, конечно последнему уделено больше внимания, поскольку естественные разливы нефти не приводят к глобальным катастрофам. Объём нефти, вылившийся на морскую поверхность принято классифицировать как «пятно» или «разлив». Разливы в отличие от пятен чаще всего происходят ввиду больших аварий на нефтетанкерах или местах добычи нефти и, в ряде случаев, вследствие геополитических столкновений. Согласно статистике, ежегодно 700 млн галлонов нефти оказывается в воде. Самая большая опасность разливов нефти заключается в близости к

береговой линии источника. Всего 5 % от общего числа разливов происходит из-за несчастного случая. По данным Greenpeace в среднем объем утечек нефти составляет около 15 тыс. т, что составляет четверть от общего годового объёма, небольшие утечки нефти или как ещё принято называть «шлейфы» занимают не более 2 %.

Главная задача дистанционного зондирования при обнаружении разливов нефти – эвакуировать людей из зоны чрезвычайной ситуации либо минимизировать нахождение в этой области, к примеру, на побережье. Самый часто используемый для этого метод – РСА, его преимущества заключаются в способности работать при любых метеоусловиях и во время отсутствия солнечного света. РСА принято устанавливать на самолёты или на спутники. Помимо этого, используются передовые ГИС (гео информационные системы) системы. Они позволяют оперативно оценить картину происходящего для разработки дальнейших способов устранения последствий. Их задача – хранить и отображать динамику разлива, выявлять отношения и закономерности, а также рассматривать тенденции, чтобы максимально оперативно принять эффективные меры борьбы, необходимые и зависящие от данных условий.

Треть разливов нефти преимущественно в акваториях происходит из-за транспортировки углеводородов нефтетанкерами, согласно статистике, за последние 40 лет. Также разливы могут происходить в момент выгрузки нефти из танкеров, что тоже примерно составляет треть от общего объёма сбросов нефти, но за последние годы имеется тенденция на увеличение этого объёма, что негативно сказывается на прибрежные и материковые части. Меньше всего разливы нефти происходят в окрестностях больших городов, порядка 10 % случаев.

Ликвидация последствий аварийных разливов нефти

Процедура проведения ликвидации разливов нефти включает в себя рад мероприятий, которые различаются из-за различия местоположения, объема и метеорологических условий, например, направления и скорости ветра. Обычно под понятием ликвидация принято понимать процедуру сбора разлитых углеводородов на поверхности воды, однако если, разлив затронул ещё и сушу, то проводятся мероприятия по очистке прибрежной и береговой зоны, включающие в себя восстановление животного и растительного мира, а также необходима перевозка нефти в специальных контейнерах для переработки.

Согласно международным соглашениям, принятым за последние годы, утверждено, что нефть, разлитая на водную поверхность, должна быть собрана и в полном объеме эвакуирована, однако в ряде случаев проводятся недостаточные меры лишь по удалению нефти с водной поверхности. Применять необходимо только самые современные и передовые технологии по удалению нефти с поверхности воды. Существуют процедуры утапливания нефти, её сжигания, химической обработки нефтяных пятен, использование сорбентов, биосорбентов, и классические методы по сбору нефти с поверхности воды – боновые методы и использование нефтесборщиков.

Технологии отличаются по степени нанесения вреда окружающей среде, рациональности их использования в данном случае и стоимости проведения процедур [1–4].

Применение индексов растительности NDVI и SABI для определения разливов нефти в акватории озера Маракайбо и в Персидском заливе

Большинство водорослей, встречающихся в относительно высоких концентрациях вблизи или на поверхности воды, могут быть охарактеризованы эффектом «красного края», подобным эффекту земной растительности. Это явление, которое не наблюдается при разливах нефти, происходит при самом высоком коэффициенте отражения между максимальным поглощением в красном и максимальным коэффициентом отражения в ближней ИК области спектра (0,7–1,0 нм) из-за отсутствия пигментов хлорофилла. Эта характеристика успешно используется для количественной оценки растительного покрова земли с использованием алгоритма нормированного разностного ин-

декса растительности NDVI. Выбранные диапазоны длин волн для реализации метода с применением индекса NDVI были применены и для более специфичного индекса для морской среды – индекса цветения поверхностных водорослей SABI.

NDVI метод был предложен для измерения растительности, путём нормализации выхода от -1 до +1, чтобы частично учитывать различия в освещенности и широты.

Индекс SABI представляет собой алгоритм на основе четырехдиапазонного отношения для изменения относительной характеристики «красного края» плавающих водорослей в воде.

Получим снимок с применением индекса NDVI (рис. 1). Используем цветовую палитру и получим снимок, где, разлив нефти находится посередине и имеет темно-зеленый цвет, окружающая водная поверхность окрашена в светло-зеленый цвет, поверхность земли имеет красный и черный цвет, в зависимости от высоты рельефа, облачность выделена оранжевым цветом (рис. 2). Другие случаи приведены в Приложении М.

Применим индекс растительности SABI и получим снимок (рис. 3). Получим снимок, на котором разлив нефти и шлейф нефтяной эмульсии выделены белым цветом, остальная водная поверхность, находящаяся в условиях солнечного блика синяя, переходящая в красную там, где солнечного блика нет, земная поверхность имеет зеленый и красный оттенок, облачность белого цвета (рис. 4).

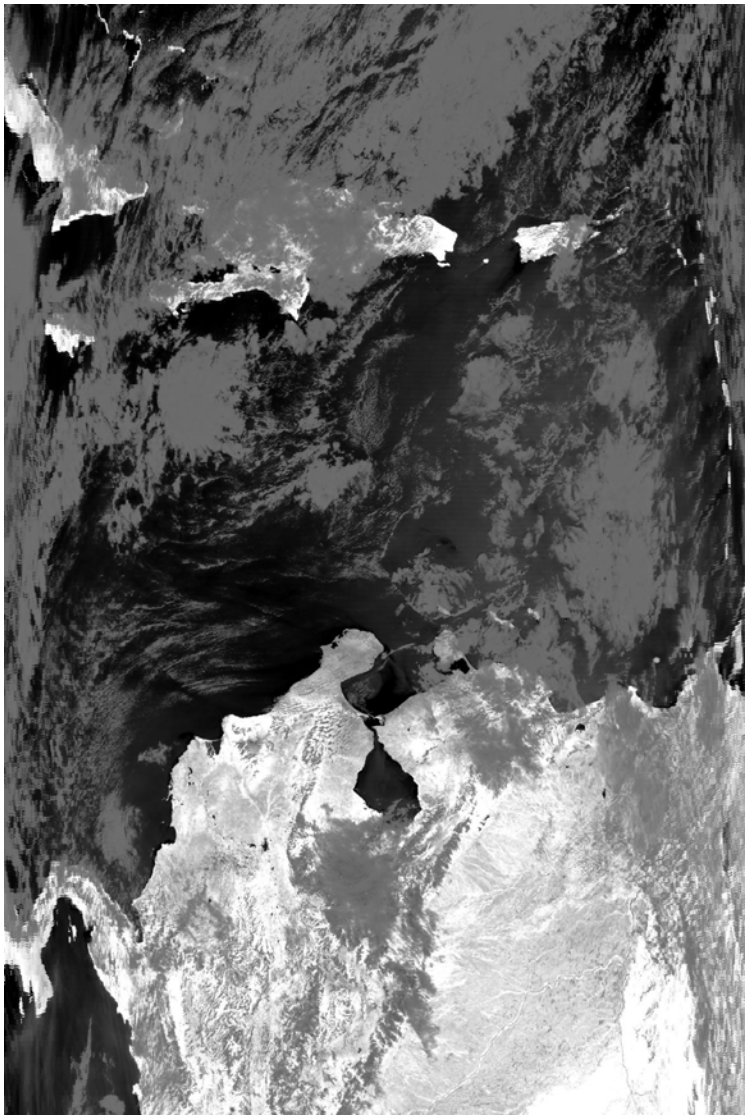


Рис. 1. Индекс растительности NDVI разлива на озере Маракайбо от 20.01.2003, 15:20.

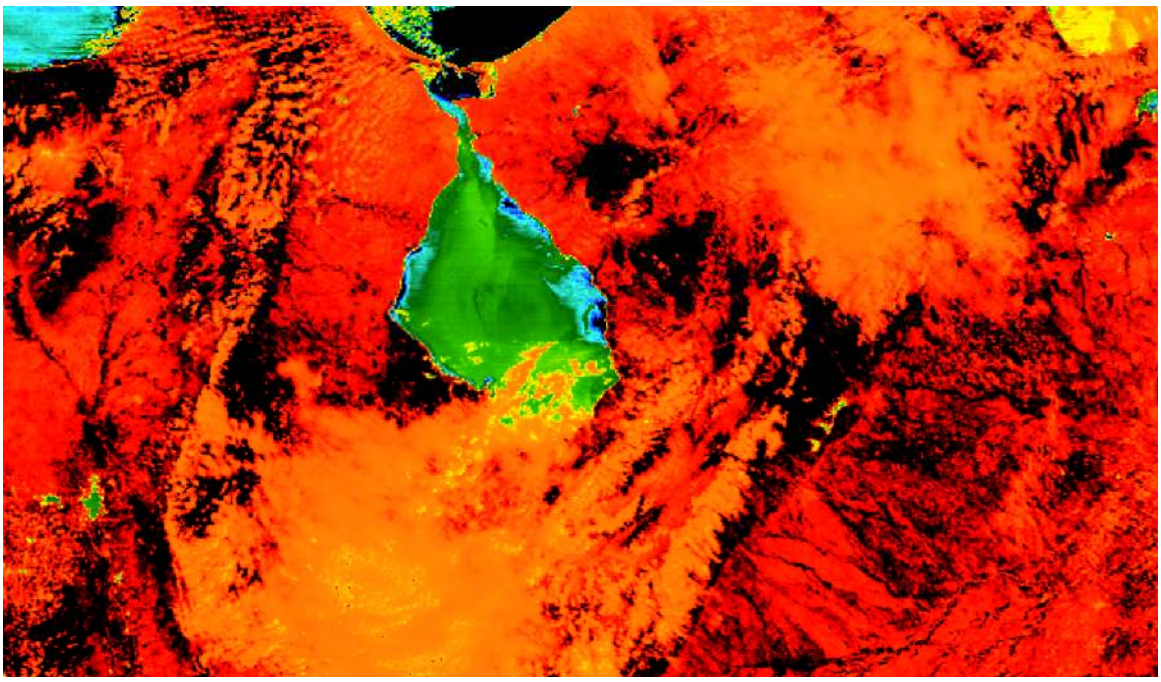


Рис. 2. Фрагмент синтезированного изображения снимка разлива на озере Маракайбо от 20.01.2003, 15:20.

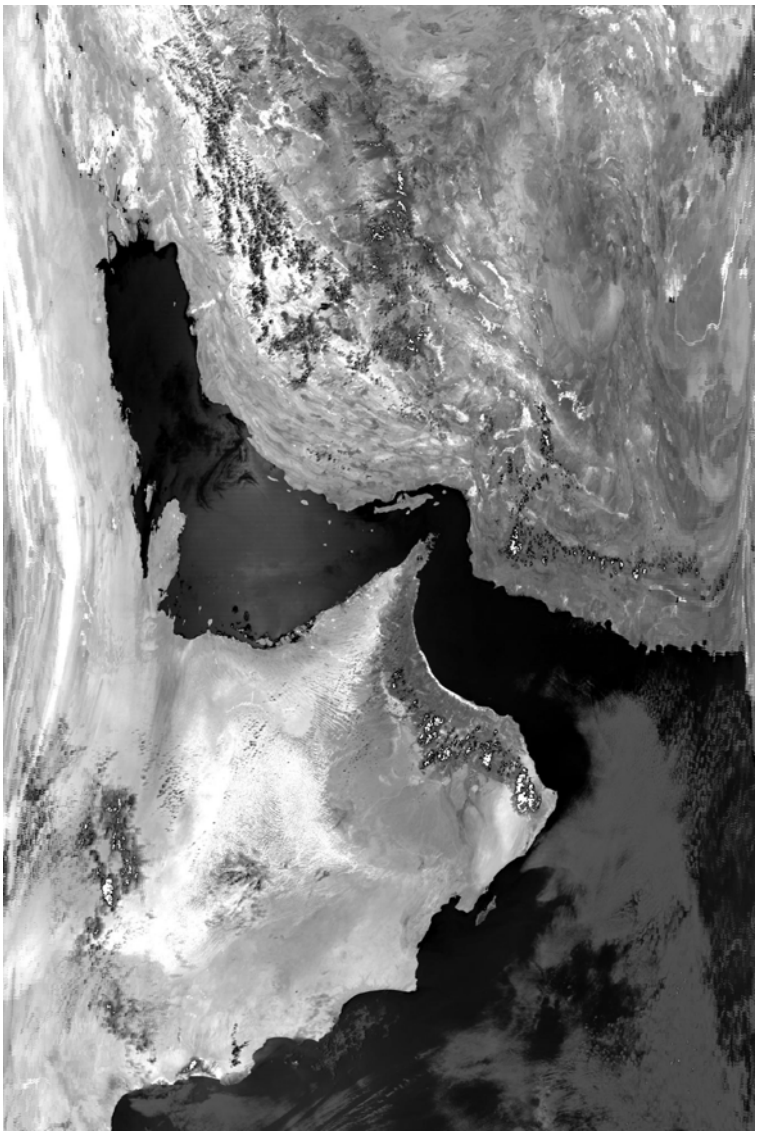


Рис. 3. Индекс растительности SABI разлива в Персидском заливе от 17.08.2013; 9:35

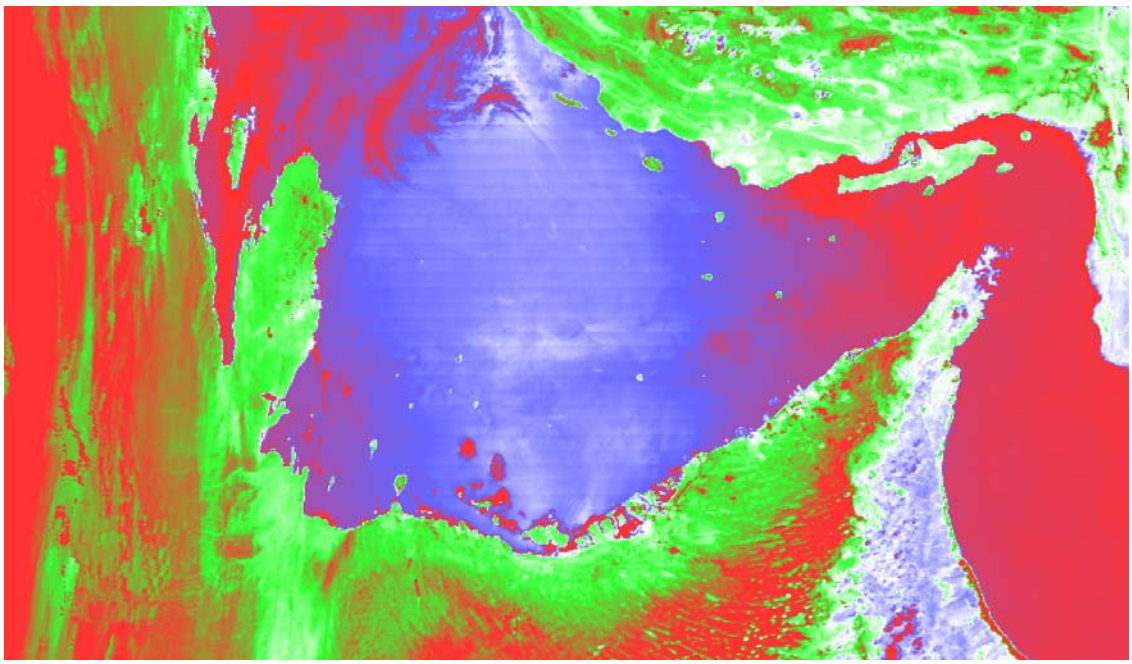


Рис. 4. Фрагмент синтезированного изображения снимка в Персидском заливе от 17.08.2013; 9:35

Применение индекса флуоресценции FEI для определения разлива нефти в акватории Мексиканского залива

Основываясь на предположениях: характеристики нефти меняются от дневного к ночному времени; шероховатость поверхности воды и морская, пена влияют на спектральные свойства пятна, поскольку волны, ориентированные под зеркальны углом, отражают солнечную энергию; несмотря на более низкую эмиссию нефти по сравнению с водой, изменчивость реальной кинетической температуры воды может вызывать ложноположительные результаты в определении разлива нефти, был разработан индекс флуоресценции/излучательной FEI (Fluorescent Emitting Index) способности, в частности, учитывать более высокий коэффициент отражения нефти в голубой длине волны (индуцированный как флуоресцентным, так и отраженным светом) и более низкой излучательной способности в области ближнего ИК. FEI представляет собой нормализованный индекс со значениями от -1 до +1.

Рассчитаем индекс излучения и получим снимок разлива нефти (рис. 5). Применим цветовую палитру, разлив нефти располагается чуть ниже центра снимка и имеет бирюзовый цвет, от него шлейфом простираются потоки нефтяной эмульсии, поверхность земли имеет синий цвет, поверхность воды красный, переходящий в желтый цвет (рис. 6).

Заключение

В результате проведенного анализа в работе использовались RGB модели, основанные на применении каналов видимого диапазона, индексов флуоресценции, поглощения, излучения, цветения водной растительности, разлива нефти для синтезирования изображений в естественных и псевдо цветах и выполнен сравнительный анализ полученных результатов, который показал, что использование каждого метода в отдельности не всегда дает достоверные результаты дешифрирования аварийных разливов нефти, ввиду различных природных условий и географического расположения региона разлива, а также при наличии или отсутствии солнечного блика на нефтяном пятне.

Параллельное использование всех методов является целесообразным для полноценной оценки произошедшего аварийного разлива нефти и наблюдения за его дальнейшей динамикой.



Рис. 5. Индекс излучения разлива в Мексиканском заливе от 25.04.2010, 18:55

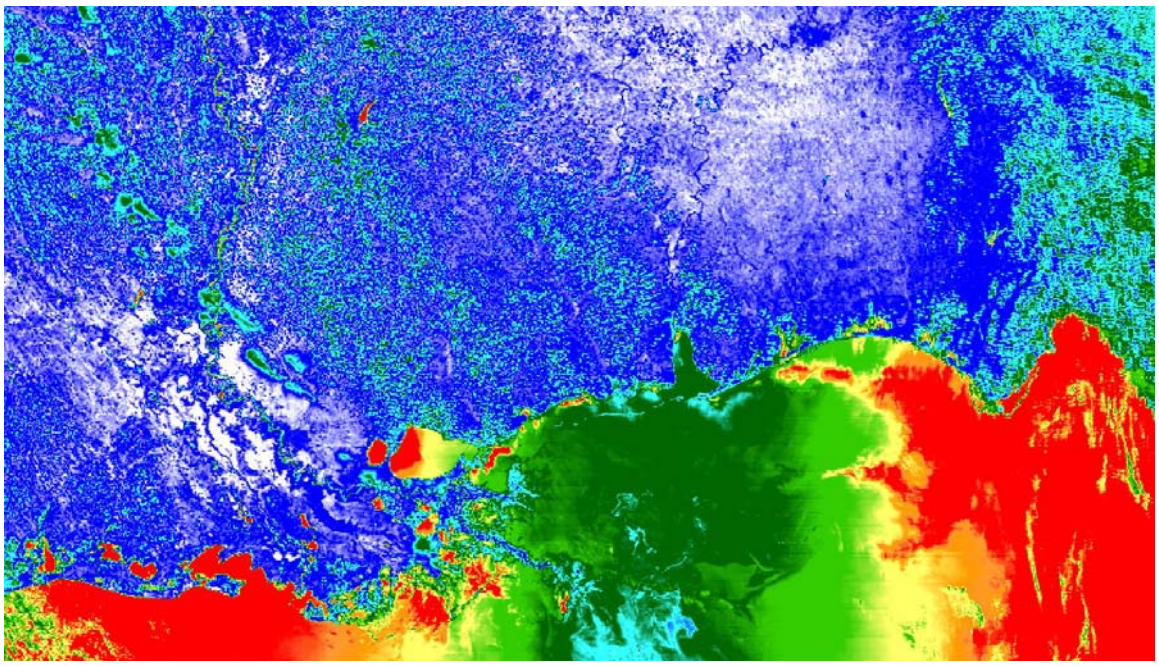


Рис. 6. Фрагмент синтезированного изображения снимка от 25.04.2010 18:55
в Мексиканском заливе

Применение предложенных методов тематической цифровой обработки спутниковых изображений для мониторинга разливов нефти позволит наиболее оперативно и своевременно оценивать масштабы нефтяных загрязнений и, соответственно, ликвидировать разливы особенно ввиду возможности автоматизации процесса обработки изображений.

В силу глобальности и высокой периодичности выполнения спутниковой съемки методы мониторинга нефтяных разливов, основанные на цифровой обработке снимков, особенно актуальны в отдаленных или труднодоступных регионах, таких как Арктика.

Список литературы

1. *Альхименко А. И.* Охрана среды при освоении ресурсов Мирового океана. Л. : Судостроение, 1982. 120 с.
2. Математическое моделирование распространения нефти в воде и ликвидации последствий разливов в ледовых условиях / А. И. Альхименко [и др.] // Международный научно-практический симпозиум «Финский залив». 1996. С. 59.
3. *Альхименко А. И., Лисовский И. В.* Безопасность промышленных объектов : учеб. пособие. СПб. : СПбГТУ, 1999. 72 с.
4. Hydraulic Structures / P. Novak [et al.]. New York, 2013. 665 p.

УДК 504.064:628.394.6:595.324:665.6

Комплексная оценка вреда, причинённого рыбохозяйственным водоёмам аварийными нефтяными разливами

Г. П. Фомичева (g.fomicheva2012@mail. ru)[1] , Б. М. Насибулина (aspu.nasibulina@yandex.ru)[2], А. М. Камакин(kamakin_a@mail. ru)[3]

[1]Филиал «Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу» – Центр лабораторного анализа и технических измерений по Астраханской области, г. Астрахань; [2]Астраханский государственный университет, г. Астрахань; [3]Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, г. Астрахань

Аннотация. Показывается необходимость оценки степени загрязнения водной среды углеводородами не только по показателю массовой концентрации нефтепродуктов и превышению ПДК в водной среде, но и по биологическому показателю безопасной концентрации (БК) токсиканта, так как при равных показателях массовой концентрации нефтяные загрязнители, обладающие разным фракционным составом, оказывают разную степень токсического воздействия на живые организмы. Рассмотрены перспективы по использованию результатов биотестирования в комплексном изучении нефтяных загрязнений водной среды.

Ключевые слова: нефтяные загрязнения, степень токсичности вод, ПДК, безопасные концентрации (БК), гидробионты, рыбохозяйственный водоём, оценка вреда, ущерб.

Введение

В современных условиях реки Волжского бассейна испытывают всё более мощное влияние антропогенного фактора. В водную среду попадает множество химических соединений, оказывающих токсическое воздействие на живые организмы и опасных для здоровья человека. Пример опаснейших канцерогенных и нейротоксичных органических загрязнителей водной среды – нефть и нефтепродукты [4]. Аварийные загрязнения нефтяными углеводородами природных водоемов представляют собой серьезную экологическую проблему, обусловленную в Волго-Каспийском бассейне развитием добычи углеводородного сырья, активизацией судоходства, связанного с транспортировкой нефтепродуктов, недобросовестным отношением судовых компаний к правилам обращения и утилизации нефтесодержащих жидких отходов и подсланевых вод, с увеличением с каждым годом степени загрязнения почв и природных водных объектов вблизи расположенных старых нефтехранилищ, особенно в периоды половодья. [3].

Аварийные разливы нефтеуглеводородов ведут к нарушению многих естественные процессов и взаимосвязей в организмах гидробионтов и в водоёмах в целом [1; 15]. Разнообразие источников способствует загрязнению природных вод различными по фракционному составу нефтепродуктами (н/п), оказывающими разную степень токсического воздействия на живые организмы. Их летальные (ЛК) и безопасные (БК) концентрации могут значительно (на один-два порядка) отличаться при одном и том же массовом содержании поллютантов [2; 5; 10–15].

Актуальность проблемы

На сегодняшний день проблема повышения качества оперативного контроля и оценки степени токсичности вод в рыбохозяйственных водоемах в условиях нефтяного загрязнения дельты реки Волги стоит наиболее остро. В практике государственного контроля при оценке опасности нефтяных разливов принимают во внимание только значение предельно допустимой концентрации (ПДК=0,05 г/м^3) но не учитывают биологический показатель БК, который наиболее достоверно определяет фактический порог безопасной для гидробионтов концентрации загрязнителя [6].

Цель работы: изучение перспективы использования биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna,* Straus для повышения качества оценки ущерба, причинённого рыбохозяйственным водоёмам нефтяными разливами.

Задачи: 1) определить методом КХА и биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna,* Straus токсичность проб природной воды и отхода нефтепродуктов, отобранных в месте аварийного разлива на протоке Серебряная Воложка, сравнить с ПДК; 2) оценить размер вреда, причинённого рыбохозяйственному водоёму протока Серебряная Воложка в результате аварийной ситуации, с учётом биологической БК.

Результаты исследований и их обсуждение

В октябре 2015 г. на протоке Серебряная Воложка в районе переулка Рыбацкий произошла авария, результатом которой был разлив нефтепродуктов площадью 1280 м^2. Поверхность акватории в месте аварии покрылась сплошной жёлто-коричневой нефтяной плёнкой толщиной более 1 см, пятно разлива плёночного нефтепродукта на момент обследования 05.10.2015 было ограничено боновым заграждением. Вдоль левого берега от места аварии до пешеходного моста по поверхности воды протянулся сплошной шлейф шириной 2 м из всплывшего зоопланктона рода Дафния, что является характерным биотестом на присутствие в воде нефтепродуктов [2; 5; 10–14].

С целью изучения влияния загрязнений водной среды нефтепродуктами непосредственно на живые организмы 05.10.2015 был проведён отбор проб природной воды и плёночного нефтепродукта с места аварии [3]. Методами ИК-спектрометрии [7] и биотестирования [9] установлена кратность превышения ПДК с учётом фонового показателя по растворённым нефтепродуктам, биологически безопасные $БК_{10}$ и их превышение — безопасная кратность разбавления (БКР). Результаты приведены в таблице.

Установлено, что максимальный уровень превышения ПДК по растворённым нефтепродуктам в 63,66 раза (с учётом фонового превышения) был зафиксирован в точке отбора 18Б.

По результатам биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna,*Straus установлено, что фактический уровень безвредных концентраций ($БК_{10}$), растворённых и диспергированных в природной воде нефтепродуктов в точках отбора 18А и 18Б в 1,5–1,4 раза ниже, чем ПДК по нефтепродуктам для водоёмов рыбохозяйственного значения (табл.).

Таблица

Результаты анализа КХА и биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna,* Straus проб природной воды с протоки Серебрянная Воложка

№	Плёночный н/п $Ум_н$	Растворённый н/п		$БК_{10}$	БКР	$К_Б$=ПДК:БК
		Концентрация, $С_п$	превышение ПДК			
	г/м^3	г/м^3	раз	г/м^3	раз	раз
18Ф	-	0,063*	1,26	0,063	1,0	<1
18А	312,7460	2,1310	41,36	0,034	63,19	1,47
18Б	222,2856	3,2460	63,66	0,035	90,78	1,43
18В	-	0,575**	10,24	0,136	4,2**	<1
18Г	-	0,4040	6,82	0,118	3,43	<1
18Д	345,4980	0,6090	10,42	0,111	5,46	<1
18Е	-	0,409**	6,92	0,107	3,81**	<1

**- фоновая проба; **- пробы отобраны ниже пятна нефтяного загрязнения.*

Расчётное значение $БК_{10}$ отхода плёночного нефтепродукта составило 0,014 мг/дм^3, что в 3,6 раз меньше значения ПДК ($К_Б$ = 3,6) [10–15].

Рассмотрим применение комплексной системы оценки вреда, причинённого рыбохозяйственному водоёму нефтяным загрязнением с учётом $БК_{10}$ и биологического коэффициента $К_Б$ на примере аварии нефтеналивного судна на протоке Серебрянная Воложка.

По результатам лабораторных анализов определено:

Фоновая концентрация растворенных в воде нефтепродуктов равна 0,063 мг/дм^3.

Масса пленки нефтепродуктов определялась по формуле N 15 Методики [6]:

$$М_{нп} = Ум_н \times S \times 10^{-6},$$

где: $Ум_н$ – удельная масса пленки нефтепродуктов на 1 м^2 акватории водного объекта определена как среднее значение массы пленки н/п в трёх точках разлива (табл.), и равна:

$$Ум_н=(312,746+222,286+345,498) : 3=293,51 \text{ г/м}^2,$$

S – площадь акватории водного объекта воды, покрытой разлитыми нефтепродуктами, равна 1280 м^2. Следовательно, масса пленочных нефтепродуктов равна:

$$М_{пн} = 293,51 \text{ г/м}^2 \times 1280 \text{ м}^2 \times 10^{-6} = 0,38 \text{ т}.$$

Масса растворенных в воде водного объекта нефтепродуктов определялась по формуле N 16 Методики:

$$М_{рн} = С_{рн} \times V \times 10^{-6},$$

где: $С_{рн}$ – средняя концентрация растворенных в воде водного объекта нефтепродуктов под слоем разлива, определеных в четырёх точках отбора (табл.):

$$С_{ср} = (2,131 + 3,246 + 0,404 + 0,609) : 4=1,598 \text{ мг/дм}^3$$

за вычетом фоновой концентрации:

$$С_{рн} = 1,598 – 0,063=1,535 \text{ мг/дм}^3$$

Глубина отбора проб – 0,5 м.

Объем загрязненной воды, определяемый по формуле N 17 Методики, составил:

$$V = h \times S \text{ , } V = 0,5 \text{ м} \times 1280 \text{ м}^2 = 640 \text{ м}^3.$$

Следовательно, масса растворенных в воде водного объекта нефтепродуктов:

$$М_{рн} = 1,535 \text{ мг/дм}^3 \times 640 \text{ м}^3 \times 10^{-6} = 0,001 \text{ т}.$$

Вся масса разлитых нефтепродуктов равна: $М_н$ = 0,38 т + 0,001 т = 0,381 т.

Размер вреда (ущерб) от аварийного загрязнения водного объекта нефтепродуктами определялся по формуле N 2 Методики:

$$У = К_{вг} \times К_{дл} \times К_в \times К_{ин} \times Н_i \text{ ,}$$

где: $Н_i$ – такса для исчисления размера вреда в соответствии с табл. 8 Методики [6] равна 0,962 млн руб. = 962 тыс. руб.; $К_{вг}$ – в соответствии с табл. 1 Методики [6] составляет 1,15;

$К_{дл}$ – в соответствии с таблицей 4 Методики [6] составляет 5; $К_{в}$ – в соответствии с таблицей 2 Методики [6] составляет 1,41, так как меры по ликвидации разлива нефтепродуктов не принимались; $К_{ин}$ – в соответствии с пунктом 11.1 Методики[6] равен 1.

Таким образом, размер вреда, причиненного водному объекту протока Серебряная Воложка аварийным загрязнением нефтепродуктами, в результате аварии судна «Дагестан», составил:

$$У = 962 \text{ тыс. руб.} \times 1,15 \times 5 \times 1,41 \times 1 = 7799,415 \text{ тыс. руб.}$$

$Н_i$ – такса для исчисления размера вреда в соответствии с таблицей 8 Методики [6] устанавливается с учётом превышения ПДК по показателю нефтепродукты, а фактически допустимый для гидробионтов биологический показатель БК в случаях аварийных разливов не редко в несколько раз ниже значения ПДК. Предлагаю, для повышения качества оценки вреда, причинённого водным объектам вследствие аварийных разливов нефти и нефтепродуктов ввести дополнительный биологический коэфициент $К_Б$, учитывающий кратность превышения ПДК по нефтепродуктам по отношению к биологической БК, определяемой биотестированием на водных тест-объектах (в т. ч. на т.-о. ветвистоусый рачок рода Daphnia):

$$К_Б = ПДК : БК_{10},$$

в случаях, когда фактическая БК является более лимитирующим показателем, чем ПДК: $БК_{10} < ПДК$ ($К_Б > 1$).

Для аварийной ситуации на пр. Серебряная Воложка определённый - биотестированием расчетный показатель $БК_{10}$=0,014 мг/дм^3, а показатель ПДК по нефтепродуктам ПДК=0,05 мг/дм^3, тогда:

$$К_Б = 0,05 : 0,014 = 3,6.$$

Это свидетельствует о том, что в данном случае уровень фактического биологически безопасного показателя концентрации ($БК_{10}$) по нефтепродуктам в 3,6 раз ниже, чем общепринятый для рыбохозяйственных водоёмов показатель ПДК, т. е. тонна нефтепродуктов, попавших в водоём пр. Серебряная Воложка обладает токсичностью, равной токсичности 3,6 тонн нефтепродукта с $БК_{10}$=ПДК=0,05 мг/дм^3. Ущерб для данного случая с учетом $К_Б$ составит:

$$У = К_{ВГ} \times К_{ДЛ} \times К_В \times К_{ИН} \times Н_i \times К_Б$$

$$У = 962 \text{ тыс. руб.} \times 1,15 \times 5 \times 1,41 \times 1 \times 3,6 = 7799,415 \text{ тыс. руб.} \times 3,6 = 28\,077,89 \text{ тыс. руб.}$$

Фактический ущерб с учётом дополнительного биологического коэфициента $К_Б$, в 3,6 раз выше, чем ущерб исчисленный только по результатам измерений КХА. Применение результатов биотестирования в данном случае повысило качество расчёта, позволив учесть фактическую токсичность разлива нефтепродуктов для гидробионтов.

Заключение

В проведённом нами исследовании показана необходимость применения комплексной оценки степени загрязнения водной среды углеводородами не только по химическому показателю массовой концентрации нефтепродуктов в водной среде и превышению ПДК, но и по биологическому показателю безопасной концентрации (БК), как наиболее достоверному показателю определения фактического порога безопасного для гидробионтов уровня содержания нефтепродуктов в воде. Показана необходимость и эффективность использования метода биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna,* Straus для определения фактической безопасной концентрации ($БК_{10}$) по показателю нефтепродукты в природной водной среде применительно для каждого случая аварийного разлива. Рассмотрены перспективы по использованию результатов биотестирования для уточнения оценки вреда, причинённого рыбохозяйственным водоёмам нефтяными загрязнениями в случаях, когда БК < ПДК ($К_Б > 1$). Проведённые исследования могут стать основой для повышения качества текущего и оперативного токсикологического контроля за состоянием водных экосистем, оценки вреда источников загрязнения

и для разработки концепции комплексной токсикологической оценки природных вод, как обязательного элемента в системе контроля качества воды, в том числе в практике контроля природоохранных организаций.

Список литературы

1. *Александров А. К.* Влияние загрязнения на рыбохозяйственные водоёмы // Материалы I всесоюз. конф. по рыбохоз. токсикологии. Рига, 1988. С. 314.
2. Реакция всплытия дафний при действии нефтепродуктов / А. Э. Балаян, М. Н. Саксонов, Д. И. Стом, Д. В. Лозовой // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Человек – среда – Вселенная». Иркутск, 16–20 июня 1997 г. Иркутск, 1997. Т. 1. С. 37–38.
3. *Боронина Л. В.* Исследование сезонной динамики загрязнённости поверхностных вод нижневолжского бассейна // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 4. С. 419–425.
4. *Лебедева Г. Д.* ; Экологический подход к оценке устойчивости пресноводных гидробионтов : учебник. Ярославль : ЯрГУ, 1989. 337с.
5. *Лозовой Д. В.,* Биотестирование нефтепродуктов с помощью ракообразных // Безопасность биосферы : сб. тез. докл. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2000. С. 108.
6. Методика исчисления размера вреда, причинённого водным объектам вследствие нарушения водного законодательства : в ред. Приказа Минприроды России от 31.01.2014 № 47, 26. 08. 2015 № 365. Утв. Приказом М-ва природных ресурсов и экологии РФ от 13 апр. 2009 г. № 87. URL: https://greenwire.greenpeace.org/russia/ru/system/files/ru/document/21384d48–9123–4266–9c83–248adb36b550. pdf
7. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, поверхностных и сточных водах методом ИК-спектрометрии : ПНД Ф 14.1:2.4.5-95. М., 2011. URL: http://7law. info/russia/government7m/z874. htm
8. *Нельсон-Смит А.* Нефть и экология моря. М. : Прогресс, 1977. 302 с.
9. *Жмур Н. С.* Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний : ФР.1.39.2007.03222 : науч. изд. М. : АКВАРОС, 2007. 208 с.
10. *Фомичева Г. П., Камакин А. М., Фёдорова И. В.* Определение степени токсичности природных поверхностных вод, загрязненных нефтепродуктами, методами количественного химического анализа и биотестирования // Вестн. АГТУ. 2016. № 4.
11. Изучение токсичности фракций нефтепродуктов методом биотестирования / Г. П. Фомичева, Б. М. Насибулина, А. М. Камакин., И. В. Фёдорова // Естеств. науки. 2017. № 1
12. Изменение физиологической активности Daphnia magna, Straus под воздействием различных фракций нефтепродуктов / Г. П. Фомичева, Б. М. Насибулина, А. М. Камакин., И. В. Фёдорова // Вестн. АГТУ. 2016. № 4. С. 22–29.
13. *Фомичева Г. П., Насибулина Б. М., Камакин А. М.* Оценка состояния рыбохозяйственных водоёмов дельты р. Волги в условиях нефтяного загрязнения // Материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017», 11–15 сент. 2017 г. Севастополь, 2017. 1618 с.
14. *Фомичева Г. П., Насибулина Б. М., Камакин А. М.* Изучение биотестов Daphnia magna, Straus как метод оценки степени токсичности природных вод дельты реки Волга в условиях нефтяного загрязнения // Материады I всерос. междисципл. междунар. науч.-практ. конф. «Крымская инициатива. Экологическая безопасность регионов: концептуально-экологические, практические, природоохранные и мировоззренческие аспекты», 5–7 окт. 2017 г. Симферополь, 2017.
15. *Фомичева Г. П., Насибулина Б. М., Камакин А. М.* Исследование нефтяных загрязнений водных сред методами количественного химического анализа и биотестирования // Материалы VI междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений». 13 окт. 2017 г. Изд. КаспНИРХа, 2017. 308 с.

Раздел 3
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 504.75.05

Аналитические решения уравнения конвективной диффузии в задачах оценки воздействия ПЗРО на окружающую среду и человека

Н. А. Анисимов (anisn@bk.ru)

ФБУ «НТЦ ЯРБ», г. Москва

Аннотация. Приведены решения одномерного уравнения конвективной диффузия для различных вариантов граничных условий для полубесконечной и ограниченной областей. Представлены примеры практического применения данных решений в задачах оценок воздействия пунктов захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) на окружающую среду и человека. Сделаны выводы относительно области применения аналитических решений.

Ключевые слова: конвективно-диффузионного перенос, аналитическое решение, точные решения, начальные условия, граничные условия.

Среди расчетных средств моделирования миграции радионуклидов в окружающей среде можно выделить в отдельную группу программы камерного моделировании, к которым, в частности, относятся Amber и Ecolego. Эти программы получили популярность благодаря быстроте, с которой они позволяют создавать модели при необходимости принятия оперативных решений в условиях неполноты или неопределенности исходных данных. Также их преимуществом является возможность объединения в одной расчетной среде различных процессов, связанных как с особенностями формирования источников поступления радиоактивных веществ (РВ) и с миграцией радионуклидов в окружающей среде, так и с расчетом доз облучения персонала и населения.

Однако любые расчетные модели на основе численных методов, в том числе создаваемые методом камерного моделирования, требует отладки и обоснования правильности получаемых результатов. Этой цели служат приведенные в статье точные решения уравнения конвективно-диффузионного переноса. С помощью этих решений можно производить поиск ошибок и проверку производимых расчетов в отдельных блоках, моделирующих миграцию радионуклидов через различные барьеры.

Также приведенные точные решения уравнения конвективно-диффузионного переноса позволяют проводить самостоятельные расчеты для упрощенных вариантов распространения радиоактивного загрязнения в окружающей среде, не прибегая к численным методам.

1. Преобразование исходного уравнения конвективно-диффузионного переноса.

Расчеты конвективно-диффузионного переноса с учетом сорбции и распада РВ производятся на основе уравнения, которое в одномерном варианте имеет следующий вид [1]:

$$\frac{D_x}{\theta_e}\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{v_d}{\theta_e}\frac{\partial C}{\partial x} = R\frac{\partial C}{\partial t} + R\lambda C \qquad (1)$$

где: x – ось координат, C – концентрация радионуклида, Бк м$^{-3}$; θ_e – эффективная пористость материала; v_d – скорость Дарси, м/год; R – коэффициент запаздывания, λ – по-

стоянная радиоактивного распада, 1/год; D_x – коэффициент дисперсии в продольном направлении, м^2/год.

Коэффициент запаздывания (или замедления) R, учитывающий сорбционные процессы, определяется формулой:

$$R = 1 + \frac{\rho_b \cdot K_d}{\theta} \qquad (2)$$

где: ρ_b – объемный вес материала в сухом состоянии, кг/м^3; K_d – коэффициент распределения, м^3/кг. θ – общая пористость материала.

Если обозначить: $\beta = -\lambda - \frac{v_d^{\,2}}{4D_x \cdot R \cdot \theta_e}$, $\mu = \frac{v_d}{2D_x}$, то с помощью замены переменной $C = U \cdot \exp(\beta \cdot t + \mu \cdot x)$ уравнение (1) приводится к виду:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = a \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \qquad (3)$$

где: $a = \frac{D_x}{R \cdot \theta_e}$.

Замена переменной позволяет применить решения уравнения (3), приведенные в [2], для поиска решений более общего уравнения (1).

2. Формирование краевых условий.

Для получения решений (7) необходимо задать начальные и граничные условия. Далее приводятся эти условия для переменных C и U.

2.1. В качестве начального условия принимается отсутствие загрязнения в расчетной области, т. е. :

$$C(t=0) = 0; \qquad U(t=0) = 0$$

2.2. Для граничных условий при $x=0$ (граница, на которой происходит поступление радиоактивного загрязнения) возможно несколько представленных ниже основных вариантов.

А1) Постоянная концентрация

$$C(x=0) = C_0; \qquad U(x=0) = C_0 \exp(-\beta \cdot t) \qquad (A1)$$

А2) Ступенчатая функция концентрации на границе $x = 0$.

$$\begin{cases} C(x=0) = C_0 & 0 < t < t_0 \\ C(x=0) = 0 & t \ge t_0 \end{cases}; \quad \begin{cases} U(x=0) = C_0 \exp(-\beta \cdot t) & 0 < t \le t_0 \\ U(x=0) = 0 & t > t_0 \end{cases} \qquad (A2)$$

А3) Изменение концентрации на границе с учетом радиоактивного распада и уменьшения количества РВ в источнике вследствие вымывания

$$C(x=0) = C_0 \exp(-\lambda_1 \cdot t); \quad U(x=0) = C_0 \exp(-\beta - \lambda_1)t) \qquad (A3)$$

где: $\lambda_1 = \lambda + \lambda_u$; λ_1 , λ_u, – соответственно постоянная снижения активности в источнике и постоянная удаления радионуклида из источника вследствие вымывания, 1/год.

А4) Постоянный поток

$$\frac{\partial C}{\partial x}(x=0) = -W_0; \qquad \frac{\partial U}{\partial x}(x=0) = -(W_0 + \mu \cdot C_0)\exp(-\beta \cdot t) \qquad (A4)$$

2.3. Граничное условие на внешней границе задается в виде концентрации, равной 0. При этом возможно два следующих варианта.

Б1) Полубесконечная область

$$C(x - \infty) = 0; \qquad U(x - \infty) = 0 \qquad (Б1)$$

Б2) Ограниченная область, имеющая протяженность l (м):

$$C(x=l) = 0; \qquad U(x=l) = 0 \qquad (Б2)$$

3. Решения конвективно-диффузионной задачи.

Ниже приведены решения уравнения (1) для комбинаций рассмотренных выше граничных условий, полученные с использованием решений уравнения (3) на основе данных [2]. В решениях используются следующие дополнительные обозначения и сокращения: $\beta_1 = \beta + \lambda_1$; $A_n = \frac{a \cdot \pi^2 \cdot n^2}{l^2}$, где N – верхний предел суммирования ряда, который определяется на основании анализа скорости сходимости ряда при выполнении расчетов для конкретных параметров задачи.

3.1. Решение задачи А1Б1.

Полубесконечная область. Концентрация на границе в начальный момент составляет C_0 и в дальнейшем остается постоянной. Для данной задачи решение, представляющее зависимость концентрации от расстояния до границы (x = 0) и времени имеет вид:

$$C(x,t) = \frac{C_0}{2}\exp(\mu \cdot x)\left[\exp\left(-x\sqrt{\frac{-\beta}{a}}\right)erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{a \cdot t}} - \sqrt{-\beta \cdot t}\right) + \exp\left(x\sqrt{\frac{-\beta}{a}}\right)erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{a \cdot t}} + \sqrt{-\beta \cdot t}\right)\right] \quad \text{(А1Б1)}$$

3.2. Задача А1Б2.

Область, имеющая конечный размер (длина) l. На границе ($x = 0$) задана постоянная величина концентрации C_0. На границе ($x = l$) концентрация поддерживается на нулевом уровне. Решение:

$$C(x,t) = C_0 \cdot \exp(\mu \cdot x) \cdot \left\{\left(1 - \frac{x}{l}\right) + \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{N}\frac{\beta - A_n \cdot \exp[(\beta - A_n) \cdot t]}{n \cdot (A_n - \beta)}\sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{l}\right)\right\} \quad \text{(А1Б2)}$$

3.3. Решение задачи А2Б1.

Полубесконечная область. Концентрация на границе в начальный момент и до момента t_0 составляет C_0, после чего скачком уменьшается до нуля. Решение:

$$C(x,t) = \frac{C_0 \cdot x \cdot \exp(\mu \cdot x + \beta \cdot t)}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}\int_0^t \exp\left[-\frac{x^2}{4 \cdot a \cdot (t - \tau)}\right] \cdot \frac{g(\tau)}{(t - \tau)^{\frac{3}{2}}}\, d\tau \quad \text{(А2Б1)}$$

где: $g(\tau) = \begin{cases} \exp(-\beta \cdot \tau) & \tau \le t_0 \\ 0 & \tau > t_0 \end{cases}$

Следует отметить, что решение А2Б1 является более общим по сравнению с решением А1Б1, и при $t<t_0$ оба решения совпадают.

3.4. Задача А2Б2.

Область, имеющая конечный размер l. Концентрация на границе в начальный момент и до момента t_0 составляет C_0, после чего скачком уменьшается до нуля. Решение:

$$C(x,t) = C_0 \cdot \exp(\mu \cdot x) \cdot \begin{cases} CT1(x,t) & t \le t_0 \\ CT2(x,t) & t > t_0 \end{cases} \quad \text{(А2Б2)}$$

где

$$CT1(x,t) = \left(1 - \frac{x}{l}\right) + \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{N}\frac{\beta - A_n \cdot \exp[(\beta - A_n) \cdot t]}{n \cdot (A_n - \beta)}\sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{l}\right);$$

$$CT2(x,t) = \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{N}\frac{A_n \cdot \exp[(\beta - A_n) \cdot t]}{n \cdot (A_n - \beta)} \cdot \{\exp[-(\beta - A_n) \cdot t_0] - 1\} \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{l}\right).$$

3.5. Задача А3Б1.

Полубесконечная область. Концентрация на границе уменьшается вследствие радиоактивного распада и вымывания РВ в источнике. Решение:

$$C(x,t)=\frac{C_0\cdot x\cdot\exp(\mu\cdot x+\beta\cdot t)}{2\cdot\sqrt{\pi\cdot a}}\int_0^t\exp\left[-\frac{x^2}{4\cdot a\cdot(t-\tau)}\right]\cdot\frac{\exp[-(\beta+\lambda_1)\cdot\tau)]}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}}d\tau$$

(А3Б1)

3.6. Задача А3Б2.

Область, имеющая конечный размер (длина) *l*. Концентрация на границе уменьшается вследствие радиоактивного распада и вымывания РВ в источнике. Решение:

$$C(x,t)=C_0\cdot\exp(\mu\cdot x-\lambda_1\cdot t)\cdot\left\{\left(1-\frac{x}{l}\right)+\frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{N}\frac{\beta_1-A_n\cdot\exp[(\beta_1-A_n)\cdot t]}{n\cdot(A_n-\beta_1)}\sin\left(\frac{n\cdot\pi\cdot x}{l}\right)\right\}\quad(\text{А3Б2})$$

3.7. Задача А4Б1

Полубесконечная область. На границе задан постоянный поток W_0. Решение:

$$C(x,t)=-(W_0+\mu\cdot C_0)\cdot\exp(\mu\cdot x)\cdot\sqrt{\frac{a}{\pi}}\cdot\int_0^t\exp\left[-\frac{x^2}{4\cdot a\cdot(t-\tau)}\right]\cdot\frac{\exp[\beta\cdot(t-\tau)]}{\sqrt{t-\tau}}d\tau\quad(\text{А4Б1})$$

4. Диффузионный перенос при отсутствии конвекции.

Диффузионный перенос является частным случаем конвективно-диффузионного. Это позволяет использовать решения, полученные для конвективно-диффузионного переноса, при условии: $\mu = 0$, $\beta = -\lambda$. В ряде случаев для диффузионного переноса имеются самостоятельные и более лаконичные решения. Данные решения приведены ниже. Нумерация решений аналогична нумерации раздела 3, но с добавлением буквы «Д». Последнее решение, обозначенное как А1Б12Д, посвящено имеющей практическое значение сопряженной задаче диффузионного переноса для соприкасающихся ограниченного и полубесконечного тел.

4.1. Задача А1Б1Д.

Постоянная концентрация C_0 на границе полубесконечной области. Решение:

$$C(x,t)=C_0\cdot erfc\left(\frac{x}{2\cdot\sqrt{a\cdot t}}\right)\quad(\text{А1Б1Д})$$

4.2. Задача А2Б1Д.

На границе полубесконечной области поддерживается постоянная концентрация C_0, до момента t_0, которая затем скачком уменьшается до нуля. Решение:

$$C(x,t)=\begin{cases}C_0\cdot erfc\left(\dfrac{x}{2\cdot\sqrt{a\cdot t}}\right) & t\le t_0\\ C_0\cdot\left[erfc\left(\dfrac{x}{2\cdot\sqrt{a\cdot t}}\right)-erfc\left(\dfrac{x}{2\cdot\sqrt{a\cdot(t-t_0)}}\right)\right] & t>t_0\end{cases}\quad(\text{А2Б1Д})$$

4.3. Задача А3Б2Д.

Область, имеющая конечный размер *l*. Концентрация на границе уменьшается вследствие радиоактивного распада и вымывания РВ в источнике. Решение:

$$C(x,t)=C_0\cdot\exp(-\lambda_1\cdot t)\cdot\left\{\left(1-\frac{x}{l}\right)+\frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{N}\frac{\lambda_u-A_n\cdot\exp[(\lambda_u-A_n)\cdot t]}{n\cdot(A_n-\lambda_u)}\sin\left(\frac{n\cdot\pi\cdot x}{l}\right)\right\}\quad(\text{А3Б2Д})$$

Если уменьшение активности радионуклида в источнике обусловлено только радиоактивным распадом ($\lambda_u = 0$), решение упрощается и приобретает вид:

$$C(x,t)=C_0\cdot\exp(-\lambda\cdot t)\cdot\left\{\left(1-\frac{x}{l}\right)-\frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{N}\frac{\exp(-A_n\cdot t)}{n}\sin\left(\frac{n\cdot\pi\cdot x}{l}\right)\right\}\quad(\text{А3Б2Да})$$

4.3. Задача А4Б1Д.

Полубесконечная область. На границе задан постоянный поток W_0. При отсутствии радиоактивного распада ($\lambda = 0$) решение имеет вид:

$$C(x,t)=W_0\cdot\left[2\cdot\sqrt{\frac{a\cdot t}{\pi}}\cdot\exp\left(-\frac{x^2}{4\cdot a\cdot t}\right)-x\cdot erfc\left(\frac{x}{2\cdot\sqrt{a\cdot t}}\right)\right]\quad(\text{А4Б1Д})$$

4.4. Задача сопряженного диффузионного переноса А1Б12Д.

Рассматривается два соприкасающихся пористых тела – ограниченное (имеющее размер l) и полубесконечное, которым далее присваиваются индексы 1, 2. Концентрации радионуклида для этих областей соответственно обозначаются: C_1 и C_2. На внешней границе первого тела ($x = 0$) задано условие: $C_1(x=0) = C_0$. На границе соприкосновения ($x = l$) для обоих тел задано равенство концентраций и потоков вещества. При начальной концентрации $C_1(t = 0) = C_2(t = 0) = 0$ решение имеет вид:

$$\begin{cases} C_1(x,t) = C_0 \cdot \left\{ erfc\left(\dfrac{x}{2\cdot\sqrt{a_1\cdot t}}\right) + \sum\limits_{n=1}^{N} h^n \cdot \left[erfc\left(\dfrac{2\cdot n\cdot l + x}{2\cdot\sqrt{a_1\cdot t}}\right) - erfc\left(\dfrac{2\cdot n\cdot l - x}{2\cdot\sqrt{a_1\cdot t}}\right)\right]\right\} \\ C_2(x,t) = \dfrac{2\cdot C_0\cdot K}{1+K}\cdot\sum\limits_{n=1}^{N} h^{n-1}\cdot erfc\left(\dfrac{x - l + (2\cdot n-1)\cdot M}{2\cdot\sqrt{a_2\cdot t}}\right) \end{cases}$$

(А1Б12Д)

где: $h = \dfrac{1-K}{1+K}$; $K = \dfrac{D_{e1}}{D_{e2}}\cdot\sqrt{\dfrac{a_2}{a_1}}$; $M = l\cdot\sqrt{\dfrac{a_2}{a_1}}$.

5. Расчетные примеры.

В качестве примеров использования точных решений уравнения конвективно-диффузионного переноса приводятся две задачи из практики оценок долговременной безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО). В первой задаче рассматривается упрощенная модель распространения радионуклидов в геологической среде из ПЗРО. Вторая задача является примером отладки блока диффузионного переноса радионуклидов через глиняный барьер. Расчеты были произведены с использованием программы MathCad.

5.1. Перенос радионуклидов из пункта захоронения радиоактивных отходов (Задача 1)

Рассматривается пункт захоронения радиоактивных отходов, расположенный в геологических породах, имеющих пористость 0,03 и характеризующихся низкой скоростью движения подземных вод со средним значением 5×10^{-4} м/год (скорость Дарси). Предполагается следующее:

- отходы равномерно заполняют объем ПЗРО: 25×5×5 м;
- защитные барьеры ПЗРО не действуют, и происходит вымывание отходов в направлении, перпендикулярном боковой поверхности ПЗРО, имеющей размеры 25×5 м;
- в качестве основных радионуклидов рассматриваются: йод-129 и цезий-135;
- длина переноса до зоны контроля составляет 6000 м;
- коэффициент продольной дисперсии находится в диапазоне 60–600 м;
- коэффициент диффузии составляет 10^{-10} м^2/с.

В таблице 1 приведены характеристики радионуклидов, принятые для проведения расчетов [3].

Таблица 1

Характеристики радионуклидов, принятые в задаче 1

Радионуклид	Период полураспада, лет	Коэффициент распределения, м^3/кг	Исходное содержание в ПЗРО, Бк
I-129	$1{,}57\times10^7$	2×10^{-4}	10^{12}
Cs-135	$2{,}3\times10^6$	5×10^{-2}	10^{14}

Принимается, что скорость вымывания напрямую связана со скоростью Дарси и, соответственно, длительность вымывания составляет 5 м / 5×10^{-4} м/год = 10^4 лет. В течение этого времени объемная активность на границе, через которую происходит поступление радионуклидов, задается равной среднеобъемной активности в ПЗРО на

начальный момент времени. По истечении указанного времени значение объемной активности снижается до нуля.

Для данной задачи используется решение А3Б1 (раздел 3). На рисунках 1–2 приведены результаты решения.

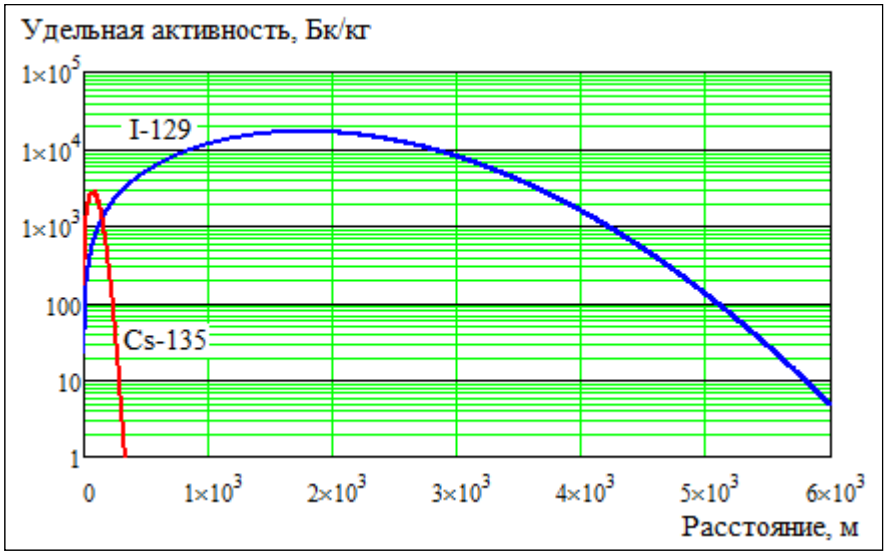


Рис. 1. Изменение удельной активности радионуклидов в подземных водах с удалением от места расположения ПЗРО на момент 1 млн лет

Согласно графикам, представленным на рис. 1, к моменту 1 млн лет распространение йода-129 с подземными водами достигает зоны контроля. При этом распространение цезия оказывается локализованным поблизости от ПЗРО. На рисунке 2 приведено изменение со временем удельной активности йода-129 в зоне контроля (расстояние 6000 м от ПЗРО).

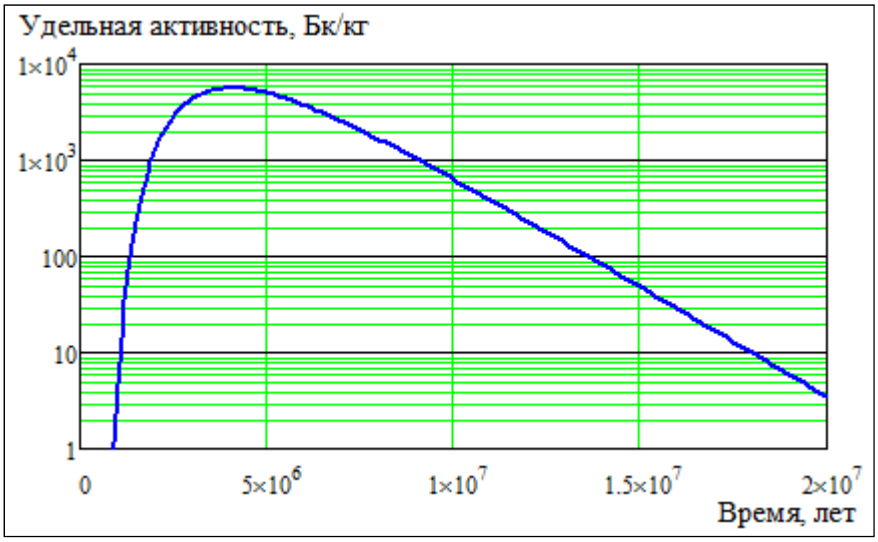


Рис. 2. Изменение удельной активности в подземных водах йода-129 в зоне контроля

Исходя из проведенных расчетов, был получен вывод о том, что при заданных условиях эволюции ПЗРО и окружающей среды единственным радионуклидом, который может попасть в зону разгрузки подземных вод, является йод-129. При этом его удельная активность в грунтовых водах будет многократно превышать значение уровня вмешательства, составляющее 1,3 Бк/кг [4].

5.2. Диффузия радионуклидов через слабопроницаемый слой (Задача 2)

Как правило, модель переноса радионуклидов через систему барьеров представляется в программе Ecolego в виде взаимосвязанных блоков, каждый из которых характеризуется однородными условиями и задается в виде цепочки элементов (камер). Одним из таких блоков и основным барьером в рассматриваемой задаче является слой глины.

Аналитическое решение было использовано для проверки правильности выбора количества элементов, входящих в данный блок, и построения взаимосвязей между элементами блока.

Рассматривается диффузия радионуклидов через защитный слой глины, имеющий следующие характеристики.

$l = 2{,}3$ *м* (толщина слоя); $\rho_b = 1800$ *кг м*$^{-3}$; - $\theta = 0{,}3$.

В качестве радионуклидов выбраны: углерод-14, обладающий очень низкими сорбционными свойствами, и уран-238.

Характеристики радионуклидов, используемые в данной задаче, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики радионуклидов, принятые в задаче 2

	Радионуклид	Период полураспада, лет	Коэффициент диффузии, м^2/год	Коэффициент распределения, м^3/кг
1	^{14}C	5730	10–^{3}	0
2	^{238}U	4,5E+09	10–^{3}	0,4

Расчеты производятся с использованием формулы (А3Б2Да) для двух вариантов: без учета и с учетом радиоактивного распада. Результаты расчетов приведены на рисунках 3–6.

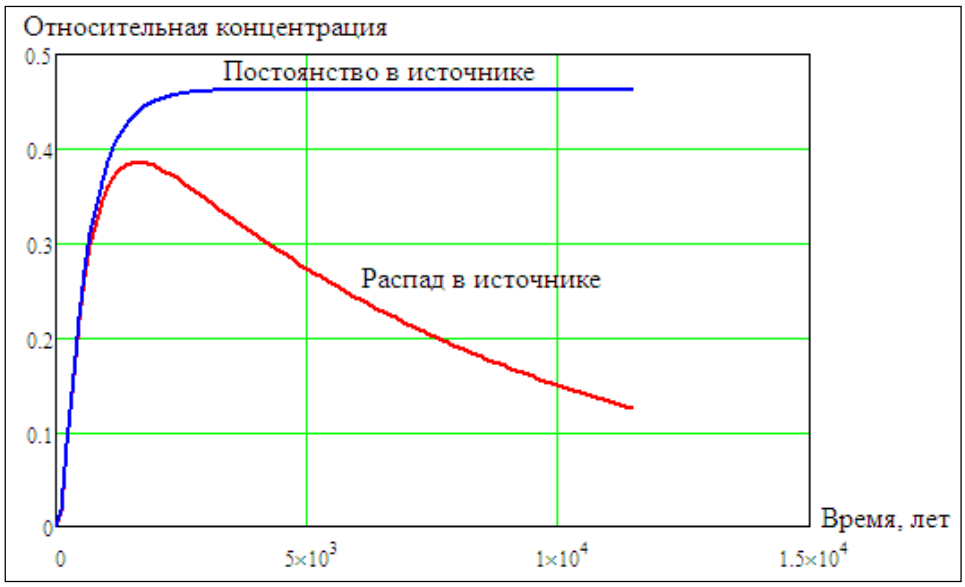


Рис. 3. Изменение концентрации углерода-14 в середине глиняного барьера в зависимости от времени

При сопоставлении результатов, полученных для углерода-14 и урана-238, выявляются особенности, обусловленные различием адсорбционных свойств радионуклидов и скоростью радиоактивного распада.

Представленные результаты позволили выполнить проверку и корректировку численной модели, реализованной на программе Ecolego, и получить подтверждение правильности выполняемых после этого расчетов.

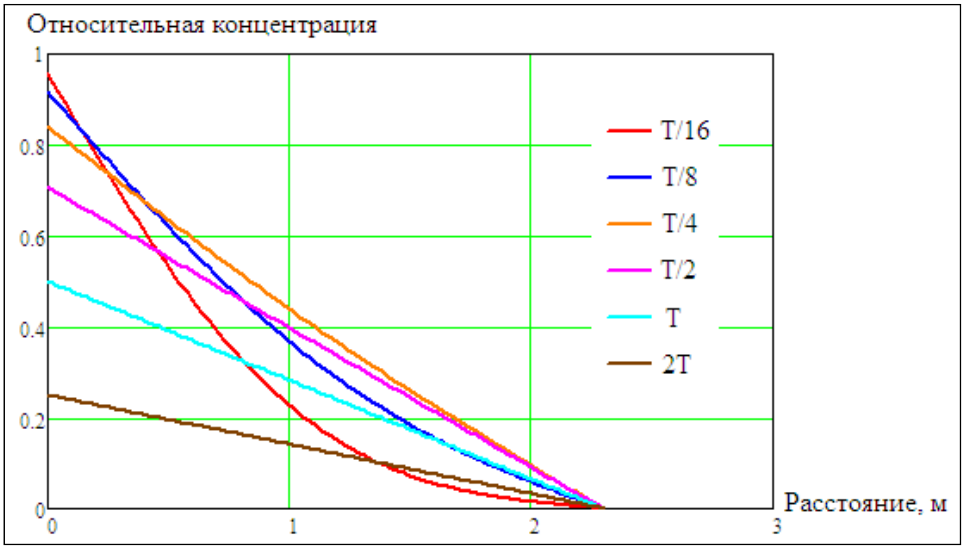


Рис. 4. Изменение концентрации углерода-14 по толщине барьера для различных моментов времени (T = $T_{1/2,}$ $T_{1/2}$– период полураспада радионуклида)

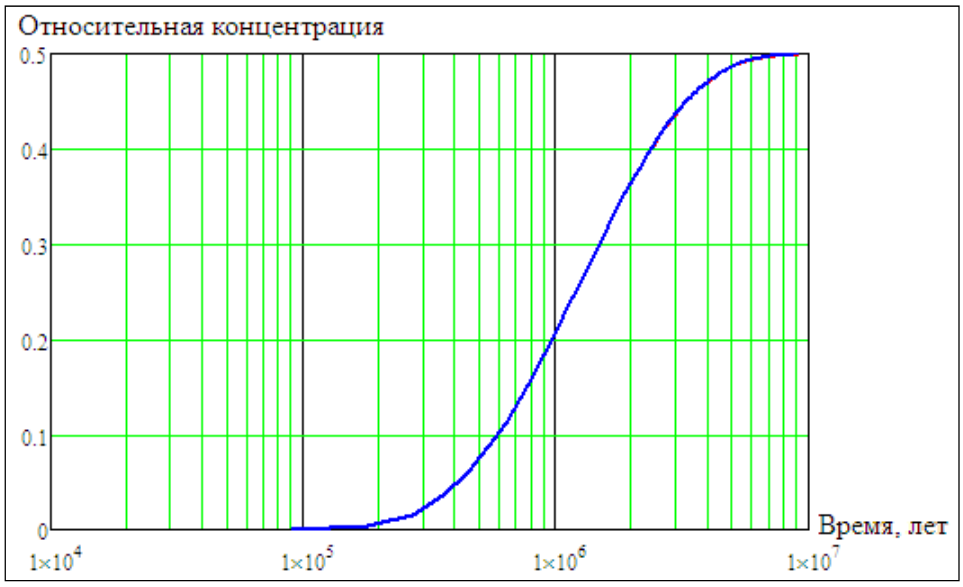


Рис. 5. Изменение концентрации урана-238 в середине глиняного барьера в зависимости от времени

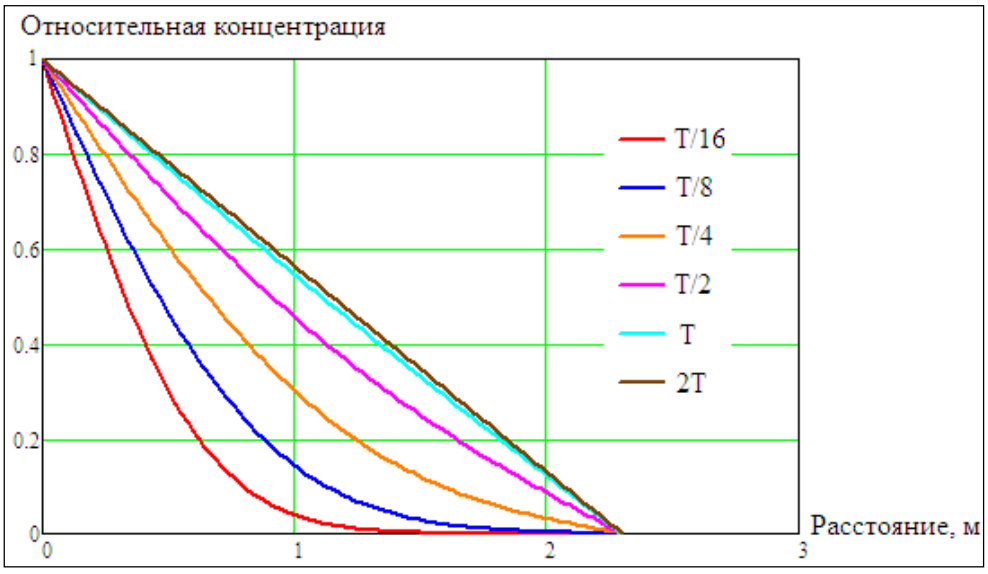


Рис. 6. Изменение концентрации урана-238 по толщине барьера для различных моментов времени (T = 0,0001*$T_{1/2,}$ $T_{1/2}$– период полураспада радионуклида)

Выводы

Приведенные в статье аналитические решения конвективно-диффузионного переноса представляют собой зависимости изменения концентрации от расстояния и времени для различных значений параметров и граничных условий. Эти зависимости могут быть легко реализованы с помощью программы MathCad, и их можно рекомендовать в качестве проверки обоснования правильности расчетных моделей, создаваемых на основе пакетов численного моделирования, и для решения упрощенных задач миграции радионуклидов в инженерных барьерах безопасности и геологической среде.

Список литературы

1. Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities. IAEA, Vienna, 2004.
2. Справочник по точным решениям уравнений тепло- и массопереноса / А. Д. Полянин, А. В. Вязьмин, А. И. Журов, Д. А. Казенин. М. : Факториал, 1998. 368 с.
3. TVO-92 Safety Analysis of Spent Fuel Dispozal. Nuclear Engineering Laboratory. Finland, Helsinki, 1992.
4. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09.

УДК 14.1+57.08

Возможности экспериментального моделирования экосистем для растений с использованием агробиосистемы фитотрона класса Синерготрон ИСР-1

В. Н. Зеленков (zelenkov-raen@mail.ru)[1,2,3], П. А. Верник (vernik@isd.center)[1]

[1]*АНО «Институт стратегий развития», г. Москва*
[2]*Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Верея*
[3]*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»*

Развитие современного растениеводства в конце XX – начале XXI в. основано на возможностях постановки экспериментов в условиях открытого грунта с фиксацией микроклиматических параметров (солнечной инсоляции, влажности воздуха, температуры и т. д.). Участие экспериментатора в основном сводится к роли наблюдателя за ходом вегетации сельскохозяйственных растений, так как возможности активного воздействия ограничены (на практике реализуются только воздействия на субстраты посредством различных технологий ее обработки и изменения химического состава за счет применения удобрений органической и минеральной природы и некорневых подкормок микроудобрениями и регуляторами роста растений).

Проведение экспериментальной работы в условиях защищенного грунта (теплицы) по сравнению с опытами в открытом грунте позволило расширить возможности ученых влиять на процессы вегетации растений за счет искусственного освещения и применения различных почвенных субстратов по вариантам химического состава.

Также появились возможности круглогодичного проведения опытов, независимо от погодных условий для различных климатических зон. Однако, защищенный грунт со всеми его плюсами (частичное устранение неблагоприятных воздействий природных факторов открытого грунта) не позволяет получить растениеводческую продукцию качества аналогичного продукции открытого грунта. Эти различия по качеству растениеводческой продукции в основном связаны с невозможностью учесть все природные факторы, влияющие на органолептические и химические характеристики конечной продукции.

Отбор растений по целому ряду технологических и товарных показателей дал возможность ученым-селекционерам получать сорта растений, ценных для питания человека, расширил ареал их использования для различных климатических зон. Гений таких селекционеров, как И. В. Мичурин и многих других, позволял, не вскрывая глубоко завесу природных закономерностей, получить практический результат путем использования интуитивного подхода к технологиям воздействия на генотип растений путем введения в селекцию устойчивых местных сортов с получением «особей с качественно отличными характеристиками по ценным признакам».

Становление генетики и молекулярной биологии позволило перейти от чисто эмпирических и интуитивных методов селекции к научному, целенаправленному конструированию новых видов растений через инициирование мутаций генов, сокращая время создания, как нового сорта или гибрида, так и экспериментальной проверки полученных результатов в теплице и открытом грунте.

Развитие биотехнологических методов получения клеточных культур позволило перенести поисковые исследования из открытого и защищенного грунтов в условия лабораторных комнат и устройств с конструируемыми параметрами освещения, температуры и влажности. Это позволило проводить работы с безвирусными клеточными культурами растений в условиях световых комнат, климатических шкафов различных модификаций, которые терминологически были объединены под названием фитотроны. Под фитотроном понимают типоряд автоматических климатических камер для выращивания растений в искусственных условиях.

Качественно фитотроны – это новый шаг в развитии научного растениеводства с возможностью работы как с культурами клеток, так и с семенами и взрослыми растениями. Для исследователя важно, что появляется возможность контролировать и поддерживать в заданном диапазоне основные параметры среды обитания растений – свет, температура, влажность воздуха и используемой почвы, питательная среда, состав газовой атмосферы и т. д.

На сегодняшний день в условиях меняющегося климата очень важно расширять генофонд растений, выводить сорта, устойчивые к неблагоприятным условиям, например, к засухе или, наоборот, переувлажнению. Это позволит в конечном счете увеличивать объемы готовой сельхозпродукции а селекционерам быстрее создавать новые отечественные сорта для открытого и защищенного грунтов. С помощью фитотрона можно получить рабочие коллекции и передать их селекционерам для выведения новых сортов в 2–3 раза быстрее, чем по традиционным технологиям в открытом грунте. Важность направления разработки новых типов фитотронов для проведения селекционных исследований особо отмечает в своих работах академик В. А. Драгавцев [1; 2].

Закрытые экологические системы (ЗЭС) – это экосистемы, которые не рассчитаны на обмен веществ с любой частью вне системы. Этот термин чаще всего используется для описания небольших искусственных экосистем. Формирование замкнутых экосистем имеет две четко выраженные перспективы применения: космическую направленность и земные приложения. Такие системы представляют большой научный интерес и потенциально могут служить основой систем жизнеобеспечения во время космических полетов, на космических станциях или в космических местах обитания, в экстремальных условиях полярных широт, пустынь, высокогорья, пещер, подводных работ и т. д.

В настоящее время конструкторы и ученые работают над созданием закрытых систем, позволяющих не только задавать и контролировать параметры среды обитания растений, но и управлять этими параметрами в динамике вегетации растений и моделировать новые воздействия через управляемые компьютером технологические устройства во взаимосвязи с физиологией развития растения и анализом этого развития в процессе эксперимента.

Опытный образец и первые опытные промышленные варианты этих систем под названием «СИНЕРГОТРОН» разных модификаций разработаны в АНО «Институт стратегий развития». Если проводить аналогии с другими научными дисциплинами, то прообраз или аналог агробиотехносистемы класса СИНЕГОТРОН – ферментеры для культивирования клеток теплокровных для различных целей использования в биомедицине и других областях биотехнологии. Принципиальное отличие заключается в том, что ферментеры используют в качестве исходного материала культуры клеток, которые развиваются в водной среде культивирования (питательная многокомпонентная среда). В нашем случае СИНЕРГОТРОН – замкнутая система с газовой средой – воздухом для культивирования высших растений с использованием в качестве исходного материала семян растений или их рассады/саженцев с использованием воздушной среды и их фиксацией на подложке с почвенным/беспочвенным субстратом для развития корневой системы.

Для СИНЕРГОТРОНА, аналогично, как и для ферментера, требуются системы узлов контроля и управления температурой, содержанием углекислого газа, кислорода, кислотностью питательных растворов и содержанием изменяющейся биомассы культивируемых высших растений и другими необходимыми параметрами.

Только переход от систем автоматизации управления до цифровых технологий (цифрового программного управления) и технологического обеспечения замкнутых систем – фитотронов класса СИНЕРГОТРОН может создать условия для качественного перехода в получении новой информации как для исследователя, так и для технолога в современном растениеводстве.

Возможности использования синерготрона для научных исследований

Отметим основные возможности использования нового класса замкнутых агробиотехносистем – Синерготрон ИСР-1 (разработка АНО «Институт стратегий развития») для выращивания растений в научно-исследовательском процессе для экспериментатора.

Моделирование климатических условий

Несомненно, для моделирования климатических условий необходимо контролируемое и управляемое задание температуры воздуха, его влажности с учетом их колебаний в дневное и ночное время. В настоящее время различные варианты климатических камер широко представлены разработчиками и производителями различных стран.

Однако наряду с параметрами влажности и температуры существенную и определяющую роль для фотосинтеза растений и их развития имеет свет/освещенность и, соответственно, его характеристики по спектру и интенсивности.

Технические возможности синерготрона ИСР-1 позволяют вести управление и задание во временных параметрах

- температурой воздуха (день/ночь);
- влажностью воздуха (день/ночь);
- освещением (продолжительность в течении суток, имитация рассвета и заката, изменение светового потока (без изменения спектра, использование светового потока в импульсном режиме);

Моделирование температурных воздействий (температурный стресс)

Проведение исследований по воздействию низких положительных температур (выше 0 °С) при вегетации с имитацией дневных кратковременных или ночных воздействий температуры воздуха.

Проведение исследований по морозоустойчивости растений (воздействие отрицательных температур до -10 °С) в течение заданного времени и кратности воздействия.

Исследования по воздействию высоких температур до 50 °С на растения в течении определенного времени и кратности.

Моделирование воздействия режимов увлажнения (водный стресс)

Засухоустойчивость растений

Моделирование почвенной засухи в течение n часов в суток с оценкой ее влияния на растения.

Устойчивость к низкой влажности воздуха и суховеям

Моделирование атмосферной засухи (уровень 30–40 %) в сочетании с дневным (18 ч) суховеем

Устойчивость к переувлажнению и замоканию

Моделирование выращивания растений при избыточном уровне увлажнения почвенного субстрата.

Устойчивость к повышенной влажности воздуха и конденсированной влаге

Моделирование выращивания растений при атмосфере с максимальным насыщением водяным паром.

Моделирование воздействия скорости и направления ветра :

Оценка ветроустойчивости растений

В течение n часов растения подвергаются влиянию воздействия ветра скоростью до 4 м в секунду

Определение оптимальных параметров скорости воздушного потока

Несколько раз в сутки целенаправленно моделировать изменение скорости воздушного потока и фиксировать реакцию растений с помощью соответствующих датчиков.

Определение возможности искусственного опыления растений с помощью ветра для замкнутых систем

Определение уровня устойчивости растений к фитопатогенам (моделирование биотических факторов)

Создание искусственного инфекционного фона, благоприятного для развития болезней и вредителей для оценки уровня устойчивости с последующим искусственным заражением и оценкой повреждения

Моделирование параметров питательного раствора и почвы (субстрата)

Солеустойчивость растений (выносливость к высоким концентрациям питательного раствора и почв).

Определение дифференцированной солеустойчивости по различным химическим элементам

Определение уровня аэрации (устойчивость к недостатку кислорода) воздушного пространства

Устойчивость к токсикантам в почве и питательных растворах (соли тяжелых металлов и др. токсиканты)

Выносливость к кислым почвам (субстратам) и питательным растворам

Выносливость к щелочным почвам (субстратам) и питательным растворам

Определение оптимальных параметров питательного раствора

Определение оптимальных параметров почвы (субстрата)

Газоустойчивость и моделирование газового состава воздуха

Баланс диоксида углерода и кислорода в воздухе

Газоустойчивость (устойчивость к загрязнению воздуха поллютантами – сернистые, азотистые, фторидные и др. токсичные соединения)

Определение эффективности использования летучих соединений для повышения урожайности и качества продукции (эфирные масла, этилен и др.)

Моделирование некорневого (воздушного) питания и эффективности биопрепаратов

Моделирование влияния звуковых колебаний (в т. ч. музыки)

Моделирование режимов дезинфекции

Моделирование режимов аэрозольного опрыскивания корневой системы питательным раствором

Результаты испытаний основных технических и технологических подсистем опытного образца синерготрона модели ИСР-1

Основными задачами испытаний первого опытного образца Синерготрона в первой половине 2018 г были:

- испытание подсистемы светодиодного освещения;
- испытание подсистемы регулирования температуры воздуха;
- испытание подсистемы регулирования влажности воздуха;
- испытание подсистемы капельного полива;
- испытание подсистемы регулирования концентрации диоксида углерода;
- испытание подсистемы дезинфекции синерготрона;
- испытание подсистемы ультразвукового измерения роста растений и фотофиксации;
- испытание подсистемы вентиляции и перемешивания воздуха;
- биологические испытания (интенсивность роста растений и качество продукции).

Цифровая подсистема управления и контроля

В процессе испытаний опытного образца синерготрона ИСР-1 осуществлена проверка программного управления и ведения контроля за физическими параметрами технических и технологических подсистем:

- светодиодным освещением,
- температурой и относительной влажностью воздуха,
- влажностью субстрата и поливом,
- концентрацией CO2,
- вентиляцией и другими параметрами.

Проводилась фото-и видеосъемка процесса роста растений, а также контроль высоты растений с помощью специальных ультразвуковых датчиков.

Таким образом, проведенные испытания подсистемы управления и контроля позволяет говорить о первом опытном образце синерготрона ИСР-1 как первой модификации нового класса фитотронов – **инновационном цифровом устройстве** нового поколения для биологических и агробиологических исследований в растениеводстве, селекции (семеноводстве), сельскохозяйственной биотехнологии и защите растений.

По результатам проведенных испытаний, имеющиеся в опытном образце синерготрона технические и технологические подсистемы жизнеобеспечения растений в тестах с использованием растений разных салатных культур обеспечили нормальный рост и развитие растений. Признаков физиологических отклонений в росте и развитии растений не зафиксировано. При испытаниях подсистем синерготрона ИСР-1 выращены хорошо развитые и здоровые растения без признаков поражения вредителями и болезнями и физиологических нарушений. Признаки истощения или угнетения растений отсутствовали, что подтверждает возможность успешного выращивания растений в замкнутой (изолированной) камере синерготрона ИСР-1.

Результаты биологической части испытаний синерготрона ИСР-1, включая и материал исследований на опытном образце фитотрона ИСР-1 производства АНО «Института стратегий развития», как предшественника опытного образца синерготрона ИСР-1 приведены в работе [3].

Общий вид рабочей области опытного образца Синерготрона приведен на рисунке (фото). Синерготрон этой модификации имеет 4 уровня полок по 2 полки на каждом уровне с независимыми системами капельного полива и освещения, что позволяет проводить по 8 независимых экспериментов исследований по 2 факторам влияния на физиологию растений (или технологические испытания) – освещенность (спектр и интенсивность) и питание растений (периодичность и состав питательного раствора).

Также, можно варьировать по полкам составом почвенного субстрата. Влажность и температура воздуха не только контролируются в процессе вегетации растений но и осуществляется задание их параметров через компьютерное управление экспериментом с возможностями корретировки с переходом на другие температурные и тепловые режимы в процессе вегетации.



Рис. Съем зеленой продукции горчицы листовой после технико-биологического тестирования узлов опытного образца синерготрона ИСР-1.

Заключение

Результаты тестовых испытаний показали возможность успешного выращивания растений в закрытом (изолированном) пространстве агробиотехносистемы класса синерготрон модификации ИСР-1 с программным управлением и контролем основными параметрами работы технических и технологических узлов. В соответствии с программой в синерготроне ИСР-1 можно создавать требуемые для научных исследований условия среды культивирования растений, что позволяет получать кондиционную растительную экологически чистую продукцию.

В первую очередь разработанные варианты синерготронов предлагаются к применению в научно-исследовательских организациях для проведения биологических и агробиологических исследований в растениеводстве, селекции (семеноводстве), сельскохозяйственной биотехнологии и защите растений.

Список литературы

1. *Драгавцев В. А.* Как помочь накормить человечество // Биосфера. 2013. Т. 5, № 3. С. 279–290.
2. *Драгавцев В. А.* Новая регуляция у растений и необходимость создания селекционного фитотрона в РФ // Журн. Техн. физики, 2018. Т. 88, вып. 9. С. 1331–1335.
3. Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в замкнутой агробиотехносистеме : сб. науч. тр. Вып. 1. М. : Техносфера, Ин-т стратегий развития, 2018. 220 с.

УДК 551.510.2

Изучение качественного состава шламовых вод хвостохранилищ Дальнегорского рудного района в широком интервале температур с помощью метода компьютерного физико-химического моделирования

К. Р. Фролов (frolov.kr@dvfu.ru)[1], В. П. Зверева (zvereva@fegi.ru)[2], А. И. Лысенко (lion8888@inbox.ru)[2]

[1]Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток; [2]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Аннотация. Приведены результаты физико-химического моделирования шламовых вод закрытых старых хвостохранилищ ЦОФ и КОФ Дальнегорского рудного района. Показаны pH-Eh характеристики, количественный элементный состав растворов и их зависимости от температур. В шламовых водах определены формы нахождения элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород.

Ключевые слова: физико-химическое моделирование, хвостохранилище, хвосты обогащения, шламовые воды.

Введение

Горнорудная промышленность в Дальнегорском районе существует с 1907 г. На пике добычи здесь работало две обогатительные фабрики: Центральная (ЦОФ) и Краснореченская (КОФ). Хвосты обогащения свинцово-полиметаллических, серебро-свинцово-цинковых и свинцово-цинковых руд складировались на старом и новом хвостохранилищах ЦОФ, а также старом и новом хвостохранилищах КОФ. Общая масса накопленных отходов составляет более 60 млн т.

В настоящее время в рассматриваемом районе функционирует одна обогатительная фабрика (ЦОФ) и одно хвостохранилище (новое ЦОФ). Из трёх закрытых хвостохранилищ только одно было частично отсыпано вскрышной породой вплоть до шламового озера, а прочие оставлены без рекультивации.

Как и во всех горнорудных районах, под воздействием агентов выветривания хвосты обогащения здесь окисляются и образуют шламовые и дренажные воды хвостохранилищ. Эти техногенные воды поставляют в гидросферу неорганические гидрополлютанты: растворы кислот, сульфаты, тяжёлые металлы.

Современные методы атомно-абсорбционной спектроскопии, атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии позволяют достоверно установить количественные характеристики шламовых и дренажных вод хвостохранилищ. Но подробно рассмотреть качественный состав техногенных вод этими методами невозможно. Поэтому основной целью данной статьи является изучение качественного химического состава шламовых вод хвостохранилищ в широком интервале температур с помощью метода компьютерного физико-химического моделирования.

Исходя из цели, поставлены задачи:

1. Сформировать физико-химические модели образования шламовых вод закрытых хвостохранилищ Дальнегорского рудного района в интервале температур от 0 до +45 °С.

2. Произвести физико-химическое моделирование, а также изучить количественный и качественный состав шламовых вод исследуемых объектов.

Полученные физико-химическим моделированием концентрации частиц сульфидных руд и вмещающих оруденение пород для шламовых вод хвостохранилищ Дальнегорского рудного района публикуются впервые.

Методы исследования

Компьютерное физико-химическое моделирование проводилось в программном комплексе «Селектор», (разработчики И. К. Карпов, К. В. Чудненко, В. А. Бычинский,

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН). В программе реализован подход выпуклого программирования к вычислению равновесия в гетерогенных системах минимизацией термодинамических потенциалов. Ключевая особенность данного продукта – расчет сложных химических равновесий в изобарно-изотермических, изохорических и адиабатических условиях в мультисистемах, где одновременно могут присутствовать водный раствор электролита, газовая смесь, минералы в виде твердых растворов и однокомпонентных фаз, расплавы и плазма [3; 6]. Расчет термодинамических свойств компонентов в «Селекторе» производится в зависимости от температуры, давления и коэффициентов активности. В вычислении изотермических изменений термодинамических функций используются уравнения зависимости изменения объема конденсированных фаз от температуры и давления, а также полуэмпирические состояния газов в приведенных параметрах. Термодинамические свойства компонентов водного раствора в области до 1000 ºС и 5000 бар рассчитываются по модифицированной модели HKF (Хельгесона – Киркхема – Флауэрса) [6; 8]. Коэффициенты активности компонентов водного раствора электролита вычисляются по уравнению Дебая – Хюккеля в модификации Хельгесона [6].

Эксперимент

Были установлены единые термобарометрические условия моделирования, соответствующие тёплому периоду года в Дальнегорском районе: температура от 0 до +45 ºС (с шагом 5 ºС) и P = 1 бар. Отношение вода – хвосты обогащения принималось 10:1. Моделируемые системы были открыты к атмосфере. Химический состав атмосферы рассчитан на основании работы Р. Хорна [2]. В каждом варианте моделей в расчетах учитывались зависимые и независимые компоненты: наиболее вероятные газы, растворенные частицы, а также гипогенные и гипергенные минералы. Использовались термодинамические характеристики (энергия Гиббса, энтальпия, энтропия, коэффициенты для уравнения теплоемкости) из стандартного комплекта поставки «Селектор» и профильных публикаций [1; 4; 5; 7; 9; 10].

Для моделирования состава шламовых вод хвостохранилищ формировались однорезервуарные модели. Использовался химический состав хвостов обогащения, отобранных на поверхности старых хвостохранилищ ЦОФ и КОФ в 2013 г. (табл. 1) [11]. Состав определялся методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (на спектрометре iCAP 6500Duo) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (на спектрометре Agilent 7700).

Результаты и их обсуждение

Характеристики pH и Eh шламовых вод, полученные в результате физико-химического моделирования, приведены на графиках 1 и 2.

Шламовые воды старого хвостохранилища ЦОФ характеризуются слабощелочным водородным показателем (от 7,88 до 8,21), а старого хвостохранилища КОФ – нейтральным и щелочным (7,04–9,98). С увеличением температуры происходит снижение уровня pH, как следствие интенсификации процессов окисления сульфидов, что в природных условиях соответствует активизации гипергенных процессов.

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) во всех случаях имеет окислительные значения и составляет 0,72–0,78 и 0,68–0,77 В для старого хвостохранилища ЦОФ и старого хвостохранилища КОФ, соответственно. При этом увеличение температуры приводит к снижению ОВП шламовых вод старого хвостохранилища ЦОФ и повышению ОВП шламовых вод старого хвостохранилища КОФ. Такие изменения Eh объясняются особенностями кристаллизации гипергенных и техногенных минералов из насыщенных водных растворов и связаны с различным химическим составом хвостов обогащения рассматриваемых объектов.

Таблица 1

Химический состав хвостов обогащения, вес. %

Соединение / элемент	Старое ЦОФ	Старое КОФ
SiO_2	45,66	62,73
Al_2O_3	5,68	10,13
Fe_2O_3	11,89	9,59
MnO	1,63	0,23
MgO	1,01	0,56
CaO	19,95	1,94
Na_2O	0,43	0,11
K_2O	1,32	2,81
P_2O_5	0,07	0,02
H_2O^-	0,25	1,97
Cu	0,014	0,004
Zn	0,240	0,047
As	0,005	0,101
Ag	0,0006	0,0030
Pb	0,070	0,343
Sb	0,00009	0,0004
S	11,784	9,430

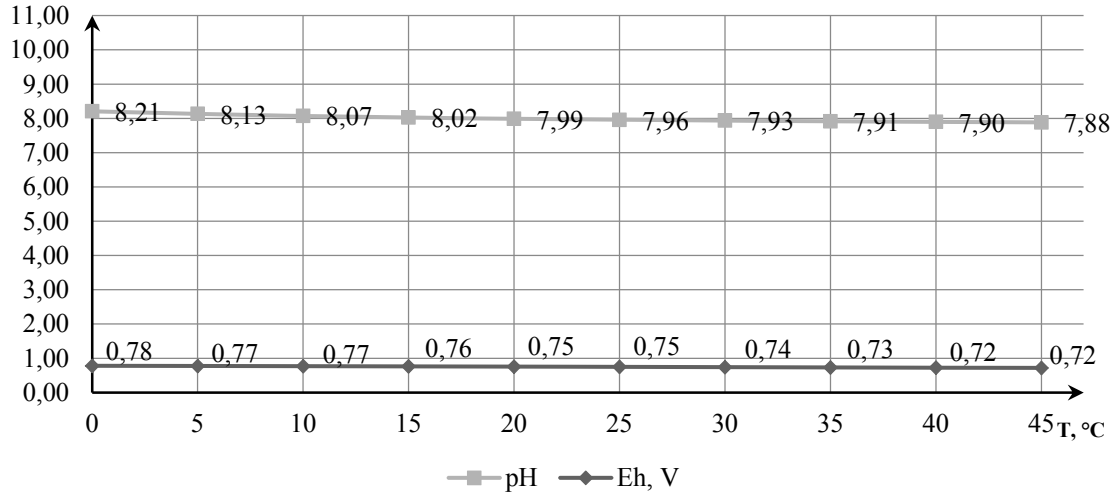


Рис. 1. Характеристики шламовых вод, старое хвостохранилище ЦОФ

Количественный состав шламовых вод, полученный моделированием, приведён в таблице 2. Во всём интервале рассматриваемых температур в них наблюдается высокое содержание элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород. Их конкретные концентрации связаны с выпадением из насыщенных растворов вторичных (гипергенных и техногенных) минералов. В системах формируются минералы Mg, Ca, Cu, Fe, Pb из класса оксидов и гидроксидов (гётит), сульфатов (гипс, фиброферрит и брошантит), карбонатов (кальцит) и силикатов (нонтронит).

Шламовые воды старого хвостохранилища ЦОФ более концентрированы: их общая минерализация составляет от 5,59 до 6,41 г/л, в то время как у старого хвостохранилища КОФ – 5,23–5,87 г/л.

При увеличении температуры отмечается снижение минерализации шламовых вод старого хвостохранилища ЦОФ. Это объясняется кристаллизацией гипергенных минералов брошантита ($Cu_4[SO_4](OH)_6$) и гипса ($Ca[SO_4]\cdot 2H_2O$) и, соответственно, удалением из растворов S (концентрация снижается с 1306,10 до 1077,10 мг/л) и Ca (318,05–215,62 мг/л). В целом, в шламовых водах ЦОФ наблюдаются высокие концентрации элементов (мг/л): сульфидных руд – Zn (до 244,24), Pb (до 71,24), S (до 1306,10) и вмещающих их пород – Mg (до 268,05), K (до 54,49), Ca (до 318,05) и Mn (до 1284,60).

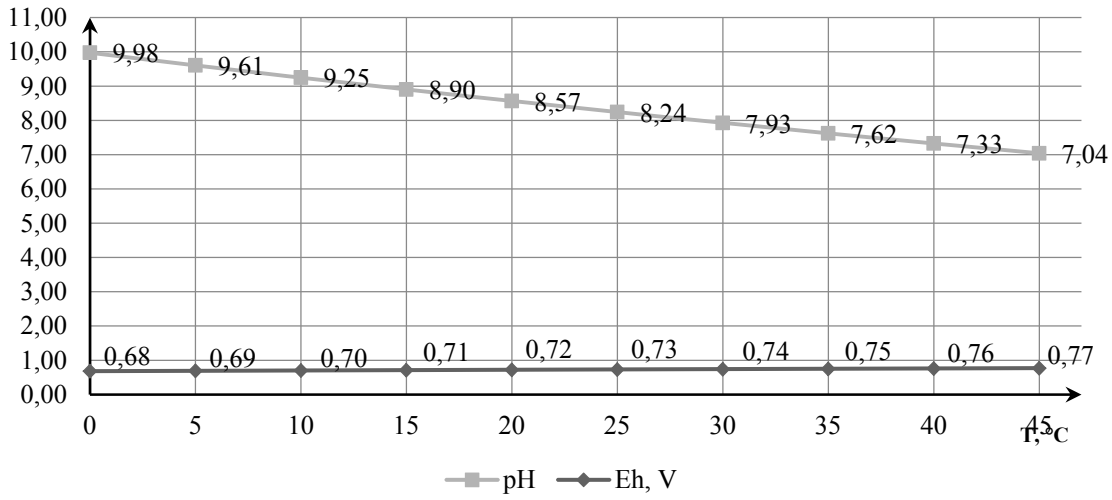


Рис. 2. Характеристики шламовых вод, старое хвостохранилище КОФ

Таблица 2

Количественный состав шламовых вод хвостохранилищ, мг/л

Элемент	Старое ЦОФ	Старое КОФ
Na	<0,001	20,63–111,62
Mg	25,23–268,05	0,04–27,55
Al	<0,001	0,09–0,14
Si	0,67–6,18	1,73–5,99
K	32,03–54,49	0,01–0,36
Ca	215,62–318,05	249,21–310,97
Mn	1284,30–1284,60	1280,80–1288,20
Cu	0,04–0,06	14,20–14,29
Zn	235,30–244,24	243,50–244,90
Pb	71,22–71,24	71,02–71,43
S	1077,10–1306,10	989,56–1150,10
As	0,01–5,09	5,07–5,10

Минерализация шламовых вод старого хвостохранилища КОФ с ростом температуры увеличивается. Это связано с разрушением минералов вмещающих пород и высвобождением в растворы Na (концентрация повышается с 20,63 до 111,62 мг/л), Mg (0,04–27,55 мг/л), Ca (249,21–310,97). Кроме того, при более высоких температурах гипергенный минерал фиброферрит ($Fe^{+3}[SO_4](OH)\cdot 5H_2O$) образуется в меньших количествах, что повышает концентрацию S в растворах с 989,56 до 1150,10 мг/л. В целом, в шламовых водах КОФ высоки концентрации элементов (мг/л): Zn (до 244,90), Cu (до 14,29), Pb (до 71,43), S (до 1150,10), Na (до 11,62), Ca (до 310,97) и Mn (до 1288,20).

Таким образом, в шламовых водах рассматриваемых хвостохранилищ концентрации элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород составляют сотни и тысячи мг/л и достигают: Zn – 244,90 мг/л, S –1306,10 мг/л, Ca –318,95 мг/л и Mn – 1288,20 мг/л.

Качественный состав шламовых вод, полученный в результате физико-химического моделирования, приведён в таблице 3. В водах всех рассматриваемых объектов содержатся ионы металлов – Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} и Mn^{2+}, гидрокарбонат- силикат- и сульфат-ионы, гидрокарбонаты Zn и Pb, фосфаты $H_2PO_4^-$ и HPO_4^{2-}, сульфаты Ca и Mn, а также арсенат $HAsO_4^{2-}$. Частицы $MgCO_3$, $Mg(HCO_3)^+$, $Ca(HCO_3)^+$ и KSO_4^- присутствуют только в шламовых водах хвостохранилища ЦОФ, а Na^+, Cu^{2+}, CuO, $CuCO_3$, $Cu(CO_3)_2^{2-}$, $NaSO_4^-$ и $CuSO_4$ – КОФ.

Таблица 3

Качественный состав шламовых вод хвостохранилищ, мг/л

Частица	Старое ЦОФ	Старое КОФ
Na^+	–	19,38–104,06
Mg^{2+}	25,16–266,10	0,04–27,54
Ca^{2+}	95,18–162,27	129,15–157,51
Mn^{2+}	737,78–817,06	723,62–848,17
Cu^{2+}	–	0,001–3,53
CuO	–	3,13–17,79
$MnOH^+$	0,28–5,36	0,75–18,85
$MgCO_3$	0,07–1,19	–
$CuCO_3$	–	0,03–5,83
$Cu(CO_3)_2^{2-}$	–	0,001–0,06
HCO_3^-	14,66–49,68	0,61–21,09
$Mg(HCO_3)^+$	0,15–5,62	–
$Ca(HCO_3)^+$	0,67–1,50	–
$ZnHCO_3^+$	454,87–472,14	470,71–473,43
$PbHCO_3^+$	92,19–92,21	91,93–92,47
HPO_4^{2-}	84,93–88,12	50,00–96,06
$H_2PO_4^-$	8,27–11,52	0,15–46,52
SiO_2	1,38–12,74	1,39–12,73
SO_4^{2-}	1903,60–2707,70	1928,40–2049,50
KSO_4^-	10,39–16,96	–
$NaSO_4^-$	–	6,02–39,13
$CaSO_4$	406,38–539,76	406,97–539,36
$MnSO_4$	1283,50–1491,80	1169,70–1529,80
$CuSO_4$	–	0,01–17,41
$HAsO_4^{2-}$	0,01–9,16	7,09–9,45

Как было отмечено выше, в шламовых водах всех рассматриваемых объектов концентрации элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород достигают сотен и тысяч мг/л. Данные элементы присутствуют в растворах в сопоставимых количествах и находятся в следующих формах (мг/л, для хвостохранилищ ЦОФ и КОФ, соответственно): Zn – $ZnHCO_3^+$ (до 472,14 и 473,43), S – SO_4^{2-} (до 2707,70 и 2049,50), Ca – Ca^{2+} (до 162,27 и 157,51) и $CaSO_4$ (до 539,76 и 539,36) и Mn – Mn^{2+} (до 817,06 и 848,17) и $MnSO_4$ (до 1491,80 и 1529,80). Кроме того, для шламовых вода старого хвостохранилища ЦОФ характерны наивысшие концентрации частиц (мг/л): Mg^{2+} (266,10) и HCO_3^- (49,68). В случае старого хвостохранилища КОФ в водах максимальны содержания частиц (мг/л): $MnOH^+$ (до 18,85), HPO_4^{2-} (96,06), $H_2PO_4^-$ (46,52) и $HAsO_4^{2-}$ (9,45).

Увеличение температуры приводит к повышению концентрации частиц Ca^{2+}, $H_2PO_4^-$, SiO_2, $CaSO_4$ и $MnSO_4$ и снижению концентрации частиц Mn^{2+}, HPO_4^{2-} и $HAsO_4^{2-}$. Для остальных частиц чёткой взаимосвязи между температурой и концентрациями не прослеживается.

Заключение

Физико-химическое моделирование состава шламовых вод закрытых хвостохранилищ Дальнегорского рудного района показало, что воды старого хвостохранилища ЦОФ имеют слабощелочной водородный показатель (от 7,88 до 8,21), а старого хвостохранилища КОФ – нейтральный и щелочной (7,04–9,98). Окислительно-восстановительный потенциал принимает окислительные значения и составляет 0,72–0,78 и 0,68–0,77 В для старых хвостохранилищ ЦОФ и КОФ, соответственно. С увеличением температуры происходит снижение pH, при этом ОВП шламовых вод старого хвостохранилища ЦОФ снижается, а КОФ – повышается, что связано с различным химическим составом их хвостов обогащения.

В шламовых водах всех рассматриваемых объектов концентрации элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород составляют сотни и тысячи мг/л и достигают: на ЦОФ по S –1306,10 мг/л и Ca –318,95 мг/л, на КОФ по Zn – 244,90 мг/л, и Mn – 1288,20 мг/л.

Элементы сульфидных руд и вмещающих оруденение пород находятся в растворах в следующих формах (мг/л, для хвостохранилищ ЦОФ и КОФ, соответственно): Zn – в виде $ZnHCO_3^+$ (до 472,14 и 473,43), S – SO_4^{2-} (до 2707,70 и 2049,50), Ca – Ca^{2+} (до 162,27 и 157,51) и $CaSO_4$ (до 539,76 и 539,36), Mn – Mn^{2+} (до 817,06 и 848,17) и $MnSO_4$ (до 1491,80 и 1529,80).

Увеличение температуры приводит к повышению концентрации частиц Ca^{2+}, $H_2PO_4^-$, SiO_2, $CaSO_4$ и $MnSO_4$ и снижению концентрации частиц Mn^{2+}, HPO_4^{2-} и $HAsO_4^{2-}$.

Список литературы

1. *Карпов И. К., Киселёв А. И., Летников Ф. А.* Моделирование природного минералообразования на ЭВМ. М. : Недра, 1976. 255 с.
2. *Хорн Р.* Морская Химия. М. : Мир, 1972. 211 с.
3. *Чудненко К. В.* Термодинамическое Моделирование в Геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения. Новосибирск : Гео, 2010. 287 с.
4. *Charykova M. V., Krivovichev V. G., Depmeir W.* Thermodynamics of arsenates, selenites, and sulfates in the oxidation zone of sulfide ores: I. Thermodynamic constants at ambient conditions // Geology of Ore Deposits. 2010. Vol. 52, N 8. P. 689–700.
5. Geopig, Arizona State University, Shock E SUPCRT 1992–1998 Database. URL: http://geopig. asu. edu/sites/default/files/slop98. dat (дата обращения: 20.04.2015)
6. *Helgeson H., Kirkham D., Flowers G.* Theoretical prediction of the thermodynamic behavior of aqueous electrolytes at high pressures and temperatures: Calculation of activity coefficients, osmotic coefficients, and apparent molal and standard and relative partial molal properties to 600°C and 5 Kb // Amer. Jour. Sci. 1981. Vol. 281. P. 1249–1516.
7. *Robie R. A., Hemingway B. S.* Thermodynamic properties of minerals and related substancies of 298.15 K and 1 bar pressure and at higher temperatures. Washington, 1995. 461 p.
8. *Tanger J., Helgeson H.* Calculation of the thermodynamic and transport properties of aqueous species at high pressures and temperatures: Revised equations of state for the standard partial molal properties of ions and electrolytes // Amer. J. Sci. 1988. Vol. 288. P. 19–98.
9. *Yeriomin O. V.* Calculation of Standard Thermodynamic Potentials for Na-Zeolites With the Use of Linear Programming Problems // International Journal of Geosciences. 2011 . N 2. P. 227–230.
10. *Yokokawa H.* Tables of thermodynamic properties of inorganic compounds // Journal of the national chemical laboratory for industry. 1988. Vol. 83. P. 27–118.
11. *Zvereva V. P., Lysenko A. I., Kostina A. M.* A Modeling the Compositions of Slime Waters in the Tailing Dumps of the Central and Krasnorechensk Concentrating Mills at the Dal'negorsk District in the Positive Temperature // Russian Journal of General Chemistry. 2016. N 86 (13). P. 2997–3001.

УДК 551.510.42

Изучение качественного состава шламовых вод закрытых хвостохранилищ ГОК «Хрустальненский» (Кавалеровский район, Приморский край) в широком интервале температур с помощью метода компьютерного физико-химического моделирования

К. Р. Фролов (frolov.kr@dvfu.ru)[1], В. П. Зверева (zvereva@fegi.ru)[2],
А. Д. Пятаков (stanforum@mail.ru)[1]

[1]Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток; [2]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Аннотация. Приведены результаты физико-химического моделирования шламовых вод закрытых хвостохранилищ м. Дубровское и м. Высокогорское ГОК «Хрустальненский». Показаны pH-Eh характеристики, количественный элементный состав растворов и их зависимости от температур. Установлены качественный состав и наивысшие концентрации частиц в шламовых водах.

Ключевые слова: физико-химическое моделирование, хвостохранилище, хвосты обогащения, шламовые воды.

Введение

В Кавалеровском районе, в бассейне р. Зеркальной, ГОКом «Хрустальненский» разрабатывалось пятнадцать олово-сульфидных месторождений. С 1941 г. здесь было построено шесть рудников и четыре обогатительные фабрики. Хвосты обогащения размещались на пяти хвостохранилищах. В 2001 г. добыча была полностью прекращена, хвостохранилища брошены и нерекультивированы.

Многочисленные исследования выявили формирование высококонцентрированных техногенных (шламовых и дренажных) вод на закрытых хвостохранилищах. Поверхностные водные объекты района напрямую и косвенно загрязняются данными техногенными водами. В местах их выпуска и ниже по течению рек установлены многократные превышения фоновых и предельно-допустимых концентраций As, S, Al, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe, Zn и Pb [2].

Использование химико-аналитических методов при изучении техногенных вод хвостохранилищ позволяет достоверно определить их количественные характеристики. Но данные характеристики справедливы строго для конкретного места и времени отбора гидрохимических проб, а подробно рассмотреть их качественный состав химико-аналитическими методами невозможно. Основная цель статьи – изучить качественный химический состав шламовых вод хвостохранилищ в широком интервале температур методом физико-химического моделирования.

Исходя из цели, поставлены задачи:

1. Сформировать физико-химические модели образования шламовых вод закрытых хвостохранилищ ГОК «Хрустальненский» в интервале температур от 0 до +45 °С.

2. Произвести физико-химическое моделирование, а также изучить количественный и качественный состав образующихся шламовых вод.

Методы исследования

Физико-химическое моделирование осуществлялось в программном комплексе «Селектор», (разработчики И. К. Карпов, К. В. Чудненко, В. А. Бычинский, Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН). В программе реализован подход выпуклого программирования к вычислению равновесия в гетерогенных системах минимизацией термодинамических потенциалов. Ключевая особенность данного продукта – расчет сложных химических равновесий в изобарно-изотермических, изохорических и адиабатических условиях в мультисистемах, где одновременно могут присутствовать водный раствор электролита, газовая смесь, а также минералы в виде твердых растворов и однокомпонентных фаз [1; 9]. Расчет термодинамических свойств компонентов в «Селекторе» производится в зависимости от температуры, давления и коэффициентов активности. В вычислении изотермических изменений термодинамических функций используются уравнения зависимости изменения объема конденсированных фаз от температуры и давления, а также полуэмпирические состояния газов в приведенных параметрах. Термодинамические свойства компонентов водного раствора в области до 1000 ºС и 5000 бар рассчитываются по модифицированной модели HKF (Хельгесона – Киркхема – Флауэрса) [9; 11]. Коэффициенты активности компонентов водного раствора электролита вычисляются по уравнению Дебая – Хюккеля в модификации Хельгесона [9].

Эксперимент

Были установлены единые термобарометрические условия моделирования, соответствующие тёплому периоду в рассматриваемом районе: температура от 0 до +45 ºС (с шагом 5 ºС) и P = 1 бар. Отношение вода – хвосты обогащения принималось 10:1. Моделируемые системы были открыты к атмосфере. Химический состав атмосферы рассчитан на основании работы Р. Хорна [4]. В каждом варианте моделей в расчетах

учитывались зависимые и независимые компоненты: наиболее вероятные газы, растворенные частицы, а также гипогенные и гипергенные минералы. Использовались термодинамические характеристики (энергия Гиббса, энтальпия, энтропия, коэффициенты для уравнения теплоемкости) из стандартного комплекта поставки «Селектор» и профильных публикаций [3; 7; 8; 10; 12; 13].

Хвостохранилища представляют собой сложные гетерогенные системы. Характеристики качественного и количественного состава проб хвостов обогащения в том виде, в котором они находятся в момент их отбора, справедливы только для конкретных точек отбора. Поэтому модели образования шламовых вод были сформированы на основании усреднённого минерального состава хвостов обогащения закрытых хвостохранилищ м. Дубровское и м. Высокогорское (табл. 2). Состав определён на основании анализа литературных данных о характеристиках рудной минерализации, а также морфологии и минералогии зоны гипергенеза рассматриваемого района [1, 2].

Таблица 1

Минеральный состав хвостов обогащения, %

Минерал		м. Высокогорское	М. Дубровское
Сульфидные руды			
Пирит	FeS_2	15	30
Пирротин	$Fe_{0,877}S$	20	10
Арсенопирит	FeAsS	20	10
Халькопирит	$CuFeS_2$	30	10
Вмещающая оруденение порода			
Хлорит	$Si_3Al_2Mg_5O_{10}(OH)_8$	45,94	59,46
Серицит	$KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	13,51	13,51
Турмалин	$NaFe_3Al_6[BO_3]_3[Si_6O_{18}](OH)_4$	35,14	21,62
Эпидот	$Ca_2Al_2Fe(Si_2O_7)(SiO_4)O(OH)$	3,24	3,24
Кальцит	$CaCO_3$	2,16	2,16
Хлорит	$Si_3Al_2Mg_5O_{10}(OH)_8$	45,94	59,46
Серицит	$KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	13,51	13,51
Турмалин	$NaFe_3Al_6[BO_3]_3[Si_6O_{18}](OH)_4$	35,14	21,62

В работе [4] состав шламовых вод был смоделирован на основании данных спектроскопического анализа состава сухих хвостов обогащения хвостохранилища м. Дубровское. Исходя из результатов анализа, содержание сульфидных руд в горнорудных отходах составляет около 10 %. Поэтому в настоящей статье соотношение минералов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород для рассматриваемых объектов были приняты как 10 к 90.

Результаты и их обсуждение

Характеристики pH и Eh шламовых вод, полученные в результате физико-химического моделирования, приведены на рис. 1 и 2.

Шламовые воды рассматриваемых объектов имеют щелочное значение водородного показателя: от 10,17 до 12,38 и от 9,21 до 10,17 для хвостохранилищ м. Дубровское и м. Высокогорское, соответственно. Увеличение температуры приводит к снижению pH растворов, что в природных условиях объясняется активизацией гипергенных процессов.

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) во всех случаях имеет окислительные значения и составляет 0,53–0,57 и 0,63–0,67 В для хвостохранилищ м. Дубровское и м. Высокогорское, соответственно. При увеличении температуры ОВП шламовых вод м. Дубровское повышается, а м. Высокогорское напротив – снижается. Данные изменения Eh связаны с различным химическим составом хвостов обогащения объектов и объясняются различиями в кристаллизации гипергенных и техногенных минералов из насыщенных водных растворов.

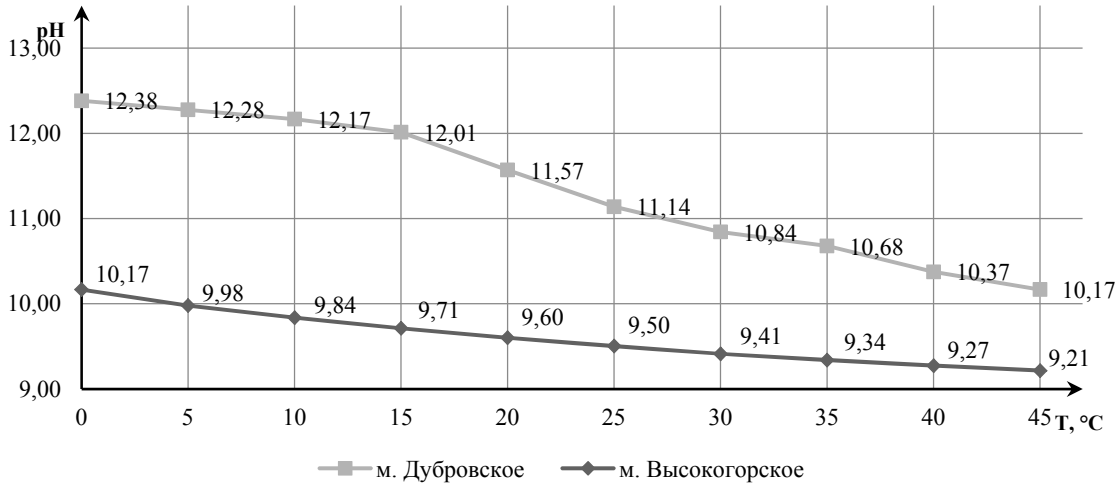


Рис. 1. Характеристики pH шламовых вод хвостохранилищ

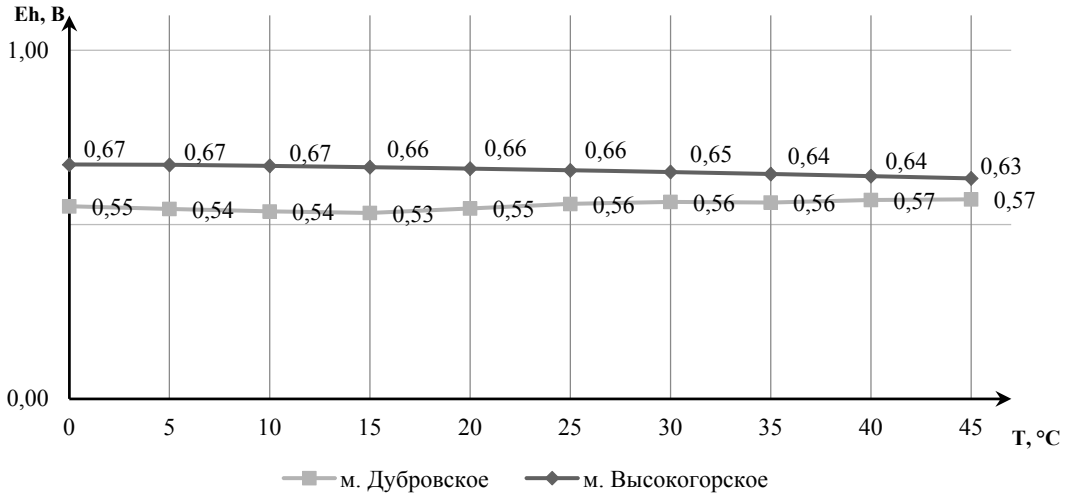


Рис. 2. Характеристики Eh шламовых вод хвостохранилищ

Полученный количественный состав шламовых вод приведён в табл. 2.

Таблица 2

Количественный состав шламовых вод хвостохранилищ, мг/л

Элемент	м. Дубровское	м. Высокогорское
Na	419,46-421,88	687,17-687,30
Mg	2353,40-3222,80	2051,80-2052,90
Si	54,01-941,26	7,34-16,06
K	2,25-36,83	78,13-757,84
Ca	204,46-265,82	222,48-263,77
Zn	1347,30-1355,10	679,32-679,45
Pb	650,88-654,63	0,11-4,92
S	2502,70-3240,70	2363,80-2408,20
As	47,37-47,65	731,34-733,22

Во всём интервале рассматриваемых температур в них наблюдается высокое содержание элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород. Их конкретные концентрации связаны с выпадением из насыщенных растворов вторичных (гипергенных и техногенных) минералов. В системах формируются минералы Al, Fe и Cu из класса оксидов и гидроксидов (гётит), сульфатов (гипс, вудвардит и фиброферрит), карбонатов (магнезит), арсенатов (дюфтит) и силикатов (аллофан).

Шламовые воды хвостохранилища м. Дубровское более концентрированы: общая минерализация составляет от 16,43 до 20,37 г/л, в то время как минерализация шламовых вод м. Высокогорское – 17,48–17,71 г/л.

В обоих случаях увеличение температур приводит к снижению минерализации шламовых вод. Это объясняется кристаллизацией гипергенных минералов магнезит $MgCO_3$, дюфтит $CuPb[AsO_4](OH)$ и Аллофан $SiO_2{\cdot}2Al_2O_3{\cdot}8H_2O$ с удалением из растворов Mg (концентрация снижается с 3222,80 до 2353,40 мг/л и 2052,90-2051,80 мг/л для хвостохранилищ м. Дубровское и м. Высокогорское, соответственно) и Si (941,26–54,01 и 16,06–7,34 мг/л).

В шламовых водах обоих объектов наблюдаются высокие концентрации элементов (для хвостохранилищ м. Дубровское и м. Высокогорское, соответственно, мг/л): сульфидных руд – Zn (до 1351,10 и 679,45), S (до 3240,70 и 2408,20) и вмещающих их пород – Mg (до 3222,80 и 2052,90), Ca (до 265,82 и 263,77), Na (до 421,88 и 687,30). В водах м. Дубровское максимально содержание Pb (до 653,63 мг/л), As (до 733,22 мг/л), Si (до 941,26 мг/л), а м. Высокогорское – K (до 757,84 мг/л),

Таким образом, в шламовых водах всех рассматриваемых объектов концентрации элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород составляют сотни и тысячи мг/л и достигают (мг/л): Zn – 1355,10, Pb – 654,63, S – 3240,70, As – 733,22, а также Na – 687,21, Mg – 2802,76 и K – 787,84.

Качественный состав шламовых вод приведён в таблице 3.

В водах всех рассматриваемых объектов содержатся ионы металлов – Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} и K^+, оксиды Pb и Zn, гидроксиды Ca, Zn и Pb, силикат-, арсенат- и сульфат-ионы, гидросиликаты Ca, Na и Mg, гидрокарбонаты Pb и Zn, и Pb, фосфаты $H_2PO_4^-$ и HPO_4^{2-}, арсенаты $H_2AsO_4^-$ и $HAsO_4^{2-}$, а также сульфаты Na, Ca и K.

В шламовых водах всех рассматриваемых объектов отмечаются наивысшие концентрации частиц (мг/л, для м. Высокогорское и м. Дубровское, соответственно): Mg^{2+} (до 2979,50 и 2051,70), Ca^{2+} (114,16 и 118,56 мг/л), $ZnHCO_3^+$ (1729,10 и 1313,50), AsO_4^{3-} (79,04 и 72,38), SO_4^{2-} (9037,60 и 6431,60 мг/л), $NaSO_4^-$ (355,22 и 498,77) и $CaSO_4$ (355,22 и 498,77).

В шламовых водах хвостохранилища м. Высокогорское отмечаются наивысшие концентрации (мг/л): PbO (227,86), $HSiO_3^-$ (1010,70), $HZnO_2^-$ (1811,70), $NaHSiO_3$ (863,42), $MgHSiO_3^+$ (1226,10), $PbHCO_3^+$ (360,73). В водах м. Высокогорское максимальны содержания (мг/л): Na^+ (610,62), K^+ (635,09), $HAsO_4^{2-}$ (1333,60), $ZnHCO_3^+$ (1313,50), $NaSO_4^-$ (498,77) и KSO_4^- (424,36).

Таблица 3

Качественный состав шламовых вод хвостохранилищ, мг/л

Частица	м. Дубровское	м. Высокогорское
Na^+	195,11–346,24	586,60–610,62
Mg^{2+}	2323,20–2979,50	2049,20–2051,70
Ca^{2+}	83,88–114,16	90,53–118,56
K^+	1,85–28,57	63,15–635,09
PbO	75,41–227,86	–
ZnO	7,15–102,37	0,001–0,11
ZnO_2^{2-}	7,10–303,45	–
$CaOH^+$	0,76–3,16	0,01–0,10
$ZnOH^+$	0,21–50,73	0,001–0,47
$PbOH^+$	23,72–90,59	–
$HPbO_2^-$	99,83–631,07	–
$HZnO_2^-$	488,99–1811,70	0,001–0,06
SiO_2	1,26–7,05	1,24–11,80
$HSiO_3^-$	66,22–1010,70	4,01–12,27
$CaHSiO_3^+$	0,90–15,74	0,07–0,20
$NaHSiO_3$	33,44–863,42	10,49–15,92
$MgHSiO_3^+$	61,32–1226,10	3,91–10,45

Окончание табл. 3

Частица	м. Дубровское	м. Высокогорское
$PbHCO_3^+$	6,05–360,73	0,14–6,37
$ZnHCO_3^+$	2,90–1729,10	1312,20–1313,50
AsO_4^{3-}	14,60–79,04	24,79–72,38
$HAsO_4^{2-}$	9,32–70,94	1296,00–1333,60
$H_2AsO_4^-$	–	0,35–2,45
$NaAsO_4^{2-}$	0,06–3,26	0,15–11,76
SO_4^{2-}	7037,20–9037,60	6198,20–6431,60
$NaSO_4^-$	143,49–355,22	378,04–498,77
$CaSO_4$	395,99–513,97	391,95–526,43
KSO_4^-	1,38–28,54	51,80–424,36

Частицы PbO (до 227,86 мг/л), ZnO_2^{2-}(до 303,45 мг/л), $PbOH^+$ (до 90,59 мг/л) и $HPbO_2^-$ (до 631,07 мг/л) присутствуют только в водах хвостохранилища м. Дубровское, а $H_2AsO_4^-$ (до 2,45 мг/л) – в м. Высокогорское.

В шламовых водах всех рассматриваемых объектов увеличение температуры приводит к повышению концентраций $CaSO_4$, $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$,$NaAsO_4^{2-}$, PbO, ZnO, SiO_2, $ZnOH^+$ и снижению Mg^{2+}, AsO_4^{3-}, $NaHSiO_3$, ZnO_2^{2-}. Для прочих частиц чётких закономерностей между температурой и их содержанием в шламовых водах не прослеживается.

Заключение

Физико-химическое моделирование состава шламовых вод закрытых хвостохранилищ ГОК «Хрустальненский» показало, что шламовые воды рассматриваемых объектов имеют щелочное значение водородного показателя: от 10,17 до 12,38 на хвостохранилище м. Дубровское и от 9,21 до 10,17 – на м. Высокогорское. Увеличение температуры приводит к снижению pH растворов. Окислительно-восстановительный потенциал полученных вод имеет окислительные значения и составляет 0,53-0,57 и 0,63-0,67 В для хвостохранилищ м. Дубровское и м. Высокогорское, соответственно. При увеличении температуры ОВП шламовых вод м. Дубровское повышается, а м. Высокогорское напротив – снижается.

Шламовые воды хвостохранилища м. Дубровское более концентрированы: их общая минерализация составляет от 16,43 до 20,37 г/л, в то время как минерализация вод м. Высокогорское – 17,48-17,71 г/л. В водах всех рассматриваемых объектов концентрации элементов сульфидных руд и вмещающих оруденение пород составляют сотни и тысячи мг/л и достигают: Zn – 1355,10, Pb – 654,63, S – 3240,70, As – 733,22, Na – 687,21, Mg – 2802,76 и K – 787,84.

В шламовых водах хвостохранилища м. Высокогорское отмечается наивысшие содержания PbO, $HSiO_3^-$, $HSiO_3^-$, ZnO_2^-, $NaHSiO_3$, $MgHSiO_3^+$, $PbHCO_3^+$. В водах м. Высокогорское максимальны концентрации Na^+, K^+, $HAsO_4^{2-}$, $ZnHCO_3^+$, $NaSO_4^-$ и KSO_4^-. Частицы PbO, ZnO_2^{2-}, $PbOH^+$, $HPbO_2^-$ присутствуют только в водах м. Дубровское, а H_2AsO_4 – в м. Высокогорское.

В шламовых водах всех рассматриваемых объектов увеличение температуры приводит к повышению концентраций $CaSO_4$, $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$, $NaAsO_4^{2-}$, PbO, ZnO, SiO_2, $ZnOH^+$ и снижению Mg^{2+}, AsO_4^{3-}, $NaHSiO_3$, ZnO_2^{2-}.

Список литературы

1. *Гоневчук В. Г.* Оловоносные системы Дальнего Востока: магматизм и рудогенез. Владивосток : Дальнаука, 2002. 295 с.
2. *Зверева В. П.* Экологические последствия гипергенных процессов на оловорудных месторождениях Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука, 2008. 165 с.
3. *Карпов И. К., Киселёв А. И., Летников Ф. А.* Моделирование природного минералообразования на ЭВМ. М. : Недра, 1976. 255 с.

4. *Пятаков А.Д.* Оценка воздействия горнопромышленной техногенной системы Кавалеровского района на гидросферу методом физико-химического моделирования : дис. … канд. хим. наук. Владивосток, 2017. 128 с.
5. *Хорн Р.* Морская Химия. М. : Мир, 1972. 211 с.
6. *Чудненко К.В.* Термодинамическое Моделирование в Геохимии: Теория, Алгоритмы, Программное Обеспечение, Приложения. Новосибирск: Гео, 2010.287 с.
7. *Charykova M. V., Krivovichev V. G., Depmeir W.* Thermodynamics of arsenates, selenites, and sulfates in the oxidation zone of sulfide ores: I. Thermodynamic constants at ambient conditions // Geology of Ore Deposits. 2010. N 52(8). P. 689–700.
8. Geopig, Arizona State University, Shock E SUPCRT 1992–1998 Database. URL: http://geopig.asu.edu/sites/default/files/slop98.dat (дата обращения: 20.04.2015)
9. *Helgeson H., Kirkham D., Flowers G.* Theoretical prediction of the thermodynamic behavior of aqueous electrolytes at high pressures and temperatures: Calculation of activity coefficients, osmotic coefficients, and apparent molal and standard and relative partial molal properties to 600°C and 5 Kb // Amer. Jour. Sci. 1981. Vol. 281. P. 1249–1516.
10. *Robie R.A., Hemingway B.S.* Thermodynamic properties of minerals and related substancies of 298.15 K and 1 bar pressure and at higher temperatures. Washington, 1995. 461 p.
11. *Tanger J., Helgeson H.* Calculation of the thermodynamic and transport properties of aqueous species at high pressures and temperatures: Revised equations of state for the standard partial molal properties of ions and electrolytes // Amer. J. Sci. 1988 Vol. 288. P. 19–98.
12. *Yeriomin O.V.* Calculation of Standard Thermodynamic Potentials for Na-Zeolites With the Use of Linear Programming Problems // International Journal of Geosciences. 2011 N 2. P. 227–230.
13. *Yokokawa H.* Tables of thermodynamic properties of inorganic compounds // Journal of the national chemical laboratory for industry. 1988. Vol. 83. P. 27–118.
14. *Zvereva V.P., Lysenko A.I., Kostina A.M.* A Modeling the Compositions of Slime Waters in the Tailing Dumps of the Central and Krasnorechensk Concentrating Mills at the Dal'negorsk District in the Positive Temperature // Russian Journal of General Chemistry. 2016. N 86 (13). P. 2997–3001.

Раздел 4
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

УДК 619:639.1.091(476)

Особо охраняемые природные территории Беларуси и роль водоплавающих птиц в сохранении эпизоотического благополучия

Ю. Г. Лях (Yury_liakh.61@mail.ru)
Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск

Аннотация. Описывается краткая ситуация по структуре особо охраняемых территорий в Беларуси. Приведена история их организации, а также значение этих заповедных территорий для сохранения биологического разнообразия флоры и фауны. Описана ситуация по распространению носительства возбудителей инвазионных и инфекционных болезней среди охотничьих видов водоплавающей птицы.

Ключевые слова: особо охраняемые территории Беларуси, охотничьи водоплавающие птицы, инфекционная патология, бактерии.

Введение

Эпизоотическая роль различных видов птиц определяется устойчивостью их организма к тем или иным возбудителям инфекционных заболеваний.

Сопутствующими факторами возникновения эпизоотического очага являются плотность особей в популяции, продолжительность гнездового периода, период и направление сезонных миграций, особенность питания и степенью контакта с человеком и домашними животными.

Особенно обращает на себя внимание вопрос миграции пернатых. Этой проблемой люди интересовались задолго до нашей эры и по многим причинам. Именно перелетным птицам во многом обязаны своим существованием природные очаги болезней и генетическая изменчивость возбудителя. В настоящее время известно, что пернатые участвуют в переносе более 20 инфекционных болезней, в том числе общих для животных и человека: ньюкаслской болезни, бруцеллеза, лептоспироза, листериоза, туляремии, орнитоза и целого ряда инвазионных заболеваний.

Птицы в эволюционном отношении – один из древнейших резервуаров возбудителей болезней. Этому способствуют особенности их жизнедеятельности и, в первую очередь, колониальность, благодаря которой достигается высокая численность особей на ограниченной территории и на длительный период [2–5]. Еще одной из важнейших особенностей пернатых, переносчиков инфекционных болезней, является то, что они зачастую не восприимчивы к ряду патогенных агентов.

Территория Беларуси является крайне привлекательной для обитания огромной численности птиц. Видовое разнообразие, особенно в весенне-осенний период, позволяет с уверенностью считать ландшафты Беларуси оптимальными, в плане гнездования и выведения потомства, особенно для водоплавающих птиц.

Роль заповедников в деле сохранения природных богатств хорошо представлена на примере Республики Беларусь. Этому во многом способствует широко развитая система особо охраняемых территорий.

На 1 января 2018 г. в Беларуси функционирует 1285 особо охраняемых природных территорий общей площадью более 1,8 млн га. В структуру особо охраняемых природных территорий Беларуси входит один биосферный заповедник, четыре национальных парка, более 370 заказников и 880 памятников природы республиканского и местного значения, которые характеризуются благоприятным экологическим состоянием и наличием большого разнообразия природных ресурсов (редких форм рельефа, живописных озер и мест обитания исчезающих видов флоры и фауны) [1].

Все без исключения, особо охраняемые природные территории своими неповторимыми ландшафтами, где в огромном количестве присутствуют многочисленные водные структуры в основном природного происхождения, привлекают миллионы пернатых.

Краткая характеристика основных из них позволит читателям понять их глобальное значение не только для Беларуси, но и для всего мира.

Березинский биосферный заповедник

В целях охраны и размножения ценных диких животных, в особенности речных бобров и пернатой дичи 30 января 1925 г. был организован Березинский заповедник. Основой его появления послужили материалы экспедиции под руководством зоолога А. В. Федюшина.

Благодаря уникальным природным особенностям территории и высокой степени охраны природных комплексов заповедника, в 1979 г. в числе первых природоохранных учреждений бывшего Советского Союза он получил статус биосферного. Придание заповеднику нового статуса послужило мощным стимулом для усиления охраны его территории, расширения международных связей.

В целом в рамках программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» биосферные резерваты призваны служить для выполнения трех основных функций, которые взаимно дополняют и усиливают друг друга:

– обеспечивать охрану природных комплексов и их биологического разнообразия;

– способствовать на местном уровне экономическому развитию, устойчивому в культурном, социальном и экологическом отношении;

– обеспечивать проведение научных исследований, мониторинга, экологического образования и обмена информацией, относящихся к проблемам охраны природы и устойчивого развития.

Исходя из этого, в настоящее время важнейшей задачей, стоящей перед Березинским биосферным заповедником является сохранение в естественном состоянии его природных комплексов и выполнение природоохранных мероприятий, обеспечивающих соблюдение установленного режима охраны и использования. Не менее актуальны проведение научно-исследовательских работ и мониторинга окружающей среды, экологического просвещения и туризма, содействие в подготовке научных кадров и специалистов в области охраны окружающей среды.

Сегодняшние успехи заповедника в деле сохранения природных богатств признаны на самом высоком международном уровне. Свидетельством тому является проведение на его базе 1 Международного конгресса по биосферным заповедникам, включение его в список **Рамсарских угодий** – охраняемых водно-болотных территорий, имеющих важное международное значение, а также в состав ключевых европейских орнитологических и ботанических территорий, общеевропейскую сеть мониторинга лесов. В 1995 г. Комитет министров Совета Европы наградил заповедник **Европейским Дипломом** высшей категории «А» сроком на 5 лет. Последняя награда – Европейский Диплом имеет особую ценность и значение, так как требует своего постоянного периодического подтверждения. В настоящее время заповедник трижды успешно подтвердил этот высокий статус и является обладателем Диплома на период до 2020 г.

Национальный парк «Беловежская пуща»

Он расположен на западе республики в пределах Гродненской и Брестской областей, занимая площадь 87,36 тыс. га. Административный центр находится в поселке

Каменюки Каменецкого района, в 60 км от Бреста. В 20 км от Беловежской пущи находится г. Каменец, заложенный в XIII в. князем Владимиром Волынским, в котором возвышается сторожевая башня (Белая вежа) и, видимо, от нее произошло название Беловежской пущи.

Широкую известность пуще придают:

наличие только здесь последних остатков обширных в XIII в. лесов Европы с присутствием реликтовых популяций растений и животных (прежде всего зубра);

Национальный парк «Браславские озера»

Национальный парк «Браславские озера» расположен на северо-западе Республики Беларусь на территории географической провинции с поэтическим названием «Белорусское Поозерье».

Около 18–20 тыс. лет назад на этом месте находился ледник, толщина которого колебалась от нескольких десятков до несколько сотен метров. Последнее потепление климата вызвало медленное таяние льдов и отход их все дальше на север. В результате сложных процессов, происходящих при таянии такого гигантского ледяного панциря, образовались системы озер и равнин, среди которых расположились многочисленные группы холмов, различающиеся как по форме (от удлиненных озов до куполообразных камов), так и по высотам.

Национальный парк «Браславские озера» находится на территории Браславского административного района, расположенного в непосредственной близости от границы с Литвой и Латвией. Территория парка вытянута в северо-восточном направлении. Протяженность его в этом направлении составляет 55 км, а в широтном – колеблется от 8 до 29 км. Общая площадь парка составляет 69,1 тыс. гектаров Южная часть парка – занята преимущественно низинами, покрытыми лесной растительностью, значительную площадь занимают болота различных типов. Встречается несколько красивых лесных озер. Здесь же расположено Богинское озеро – одно из самых красивых на Браславщине. Леса относятся к зоне хвойно-широколиственной, занимают 31 тыс. гектаров. Выделяются массивы: Борунский, Бельмонт, Богинский, Друйская Дача. Распространены боры, а также ельники.

Национальный парк «Нарочанский»

Нарочанский национальный парк – национальный парк в Республике Беларусь, охватывающий северо-западную часть Минской области, западную часть Витебской и северную часть Гродненской области и занимающий площадь в 97,3 тысячи га.

17 % площади парка занимают озера, всего их насчитывается около 40. Озера окружены нетронутыми лесами с редкими видами животных. Всего на территории Национального парка «Нарочанский» расположено три группы озер: Болдукская, Нарочанская и Мядельская. Заглавное место в Нарочанской группе озер занимает озеро Нарочь. Это самое крупное естественное водохранилище в Беларуси (площадь – 80 кв. км). Средняя глубина озера составляет 9 м, длина – 13 км, ширина 10 км. В озеро впадают два десятка ручьев и небольшая речка, а вытекает единственная река Нарочь. Вода в озере очень чистая, что позволяет разводить здесь сиговых рыб.

Национальный парк «Припятский»

Национальный парк «Припяский» расположен он на территории трех районов Гомельской области – Житковичского, Лельчицкого и Петриковского. Административный центр парка расположен в одном из самых старых городов Беларуси – Турове.

Этот парк стал национальным не так давно – в 1996 г. До этого с 1969 г. здесь существовал заповедник. После реорганизации территории «Припятского» значительно увеличилась, в состав парка включили новые территории прирусловой части Припяти.

Как было приведено ранее, на территории Беларуси организовано более 370 заказников республиканского и местного значения и эти заказники, равно как заповедник и национальные парки, являются излюбленным местом обитания водоплавающих птиц.

В определенной мере это касается особо охраняемых природных территорий. Только в списке фауны Беловежской пущи насчитывается 227 видов птиц, из них определенную часть составляют водоплавающие. В Нарочанском Национальном Парке обитает менее 179 видов гнездящихся и около 40 видов перелетных и зимующих птиц. В Национальном Парке «Припятский» обитает 265 видов птиц. Практически все водоемы республики заселены водоплавающими птицами [5].

Партнерами птиц по эпизоотическому процессу выступают различные рыбы, амфибии, моллюски, рептилии и т. д. Все они являются звеньями эпизоотической цепи. Одни из них принимают участие в резервации возбудителя, другие – в его переносе, третьи – в прокормлении и переносе эктопаразитов.

Одним из основных паразитарных заболеваний в исследованном регионе является шистосоматидный церкариоз (церкариальный дерматит) – токсико-аллергическое заболевание, возникающее вследствие внедрения в кожные покровы человека личинок (церкарий) различных видов трематод, относящихся к кровяным сосальщикам водоплавающих птиц. На сегодняшний день случаи церкариального дерматита регистрируются в 90 странах мира и практически на всех континентах. Важное медико-паразитарное значение эта проблема приобрела на озере Нарочь, вокруг которого растянулась самая крупная курортная зона в Беларуси. Первая сезонная вспышка шистосоматидного церкариоза была зарегистрирована здесь в 1994 г. В результате ежегодно проводимого мониторинга за инвазированностью моллюсков и птиц установлено, что возбудителями церкариального дерматита на озере Нарочь являются *Bilharziella polonica, Trichobilharzia szidati, T. franki, T. regenti,* и, предположительно, новый вид – *T. narochanica* [6; 7].

Параллельно с изучением проблемы шистосоматидного церкариоза мы провели мониторинг носительства дикими водоплавающими птицами микроорганизмов, способных вызвать инфекционные заболевания.

Цель работы: Изучение эпизоотической ситуации по инвазионным и инфекционным заболеваниям среди диких водоплавающих птиц, обитающих в акватории озера Нарочь и водоемах Беларуси, где проводятся сезонные охоты на водоплавающую птицу.

Материал и методика исследований

В основу работы легли материалы полевых сборов, проведенных в национальном парке «Нарочанский», в частности на озере Нарочь, в 2009 – 2011 гг. На наличие шистосоматид было обследовано 368 птиц, принадлежащих к 17 видам из 7 отрядов: отр. Anseriformes – лебедь-шипун (*Cygnus olor*), свиязь (*Anas penelope*), чирок-свистунок (*Anas crecca*), кряква обыкновенная (*Anas platyrhynchos*), чирок-трескунок (*Anas querquedula*), чернеть красноголовая (*Aythya ferina*), чернеть хохлатая (*Aythya fuligula*), гоголь обыкновенный (*Bucephala clangula*), крохаль (*Mergus sp.)*; отр. Gruiformes – лысуха (*Fulica atra*); отр. Charadriiformes – чайка сизая (*Larus canus*), чайка озерная (*Larus ridibundus*), крачка речная (*Sterna hirundo*); отр. Podicipediformes – чомга (*Podiceps cristatus*); отр. Pelecaniformes – баклан большой (*Phalacrocorax carbo*); отр. Passeriformes – ворона серая (*Corvus conix*); отр. Ciconiiformes – цапля серая (*Ardea cinerea*). Вскрытие птиц, их гельминтологическое и патологоанатомическое обследование, отбор проб патологического материала, сбор и фиксация трематод семейства Schistosomatidae осуществлялись по стандартным лабораторным методикам.

С целью обнаружения возбудителей инфекционных заболеваний нами было обследовано 35 водоплавающих птиц, добытых в пределах акватории озера Нарочь. Добытые птицы принадлежали к 6 видам из 3 отрядов: отряд Anseriformes – кряква обыкновенная (*Anas platyrhynchos*), чирок-свистунок (*Anas crecca*), чирок-трескунок (*Anas querquedula*), чернеть хохлатая (*Aythya fuligula*), отряд Gruiformes – лысуха (*Fulica atra*); отряд Pelecaniformes – баклан большой (*Phalacrocorax carbo*).

В последующие 2011–2016 гг. с целью установления носительства водоплавающими птицами патогенных и условно патогенных возбудителей бактериальных инфекций, на водоемах, используемых для проведения сезонных охот на водоплавающую птицу, нами были добыты, после чего проведены лабораторные исследования материала от кряквы обыкновенной (*Anas platyrhynchos*). Всего на водоемах Минского и Смолевичского районов было добыто 19 особей кряквы. В результате были выделены *Escherichia coli, Yersinia enterocolitica, Citrobacter diversus, Enterobacter aerogenes, Salmonella, Staphylococcus aureus, Pasteurella haemolytica, Streptococcus zooepidemicus, Klebsiella oxytoca*.

На водоемах Молодечненского района в 2016–2018 гг. было добыто 34 особи кряквы обыкновенной (*Anas platyrhynchos*), 9 особей чирка-свистунка (*Anas crecca*) и 6 лысух (*Fulica atra*). Поскольку, в Молодечненском районе вся птица была добыта на водоемах очистных сооружений, то в основном выделялся возбудитель *Escherichia coli*

Наружный осмотр птиц, вскрытие, патологоанатомическое обследование, отбор проб патологического материала, как в первом, втором, так и в третьем случае осуществлялись по стандартным лабораторным методикам

Бактериологические исследования проводили при непосредственном участии высококвалифицированных специалистов на современном диагностическом оборудовании ГВСУ «Минская областная ветеринарная лаборатория», Республиканской ветеринарно-бактериологической лаборатории по борьбе с болезнями птиц, «Белгосветцентра». В случае выделения из полученного материала микроорганизмов проводилось определение их патогенности (способность выделенных микроорганизмов вызывать инфекционные заболевания). Одновременно был проведен анализ отчетных данных Главного управления ветеринарии Республики Беларусь и уточнение эпизоотической ситуации по инфекционным заболеваниям птиц в данном регионе.

Результаты исследований и их обсуждение

Среди 17 обследованных видов птиц в качестве дефинитивных хозяев шистосоматид отмечены 7 видов, принадлежащие к 2 отрядам. Наибольшее количество видов-носителей зарегистрировано в отряде Anseriformes: свиязь, чирок-свистунок, кряква обыкновенная, чирок-трескунок, чернеть красноголовая, чернеть хохлатая. В отряде Podicipediformes к числу видов-хозяев относится большая поганка (чомга). Среди указанных видов-носителей 6 видов являются гнездящимися на территории НП «Нарочанский» и только 1 вид (свиязь) отмечен на пролете.

Экстенсивность инвазии обыкновенной кряквы трематодами *Bilharziella polonica* составляет 67,1 % ($P<0,05$); интенсивность инвазии – 12,03 пар. /птицу ($P<0,05$), индекс обилия – 8,1 пар. /птицу. Экстенсивность инвазии чирка-свистунка *Bilharziella polonica* составляет 53,3 % ($P>0,05$); интенсивность инвазии – 16,4 пар. /птицу ($P>0,05$); индекс обилия – 8,7 пар. /птицу. Экстенсивность инвазии чирка-трескунка составляет 16,7 % ($P<0,05$); интенсивность инвазии – 4,0 пар. /птицу ($P>0,05$); индекс обилия – 1,1 пар. /птицу. Экстенсивность инвазии красноголовой чернети трематодами *Bilharziella polonica* составляет 60,0 % ($P>0,05$); интенсивность инвазии – 7,8 пар. /птицу ($P=0,05$), индекс обилия – 4,7 пар. /птицу ($P<0,05$). Экстенсивность инвазии хохлатой чернети трематодами *Bilharziella polonica* составляет 65,5 % ($P>0,05$); интенсивность инвазии – 3,74 пар. /птицу ($P<0,05$), индекс обилия – 2,4 пар. /птицу. Экстенсивность инвазии чомги трематодами *Bilharziella polonica* составляет 18,2 % ($P<0,05$); интенсивность инвазии – 1,0 пар. /птицу ($P<0,05$); индекс обилия – 0,1 пар. /птицу.

Второе место по числу зараженных птиц в выборке принадлежит представителям рода *Aythya*, среди которых хохлатая чернеть уступает красноголовой по интенсивности инвазии и индексу обилия паразитов, но лидирует по встречаемости бильгарциелл в популяции своего вида. Следует особо отметить тот факт, что степень инвазированности (индекс обилия и интенсивность инвазии) шистосоматидами у

чирка-свистунка выше, чем у кряквы при том, что примерно каждый второй чирок в исследованной выборке был заражен. Уровень шистосоматидной инвазии у чирка-трескунка и чомги незначителен. Таким образом, учитывая численность и степень инвазированности птиц в популяциях каждого из указанных видов, а также факт их гнездования на территории НП "Нарочанский", можно констатировать, что основными дефинитивными хозяевами шистосоматид на озере Нарочь являются 4 вида птиц из отр. Anseriformes: кряква обыкновенная, чирок-свистунок, чернети хохлатая и красноголовая. При этом кряква обыкновенная и чирок-свистунок играют наибольшую роль в поддержании очага церкариальных дерматитов на озере Нарочь не только по встречаемости зараженных особей в популяции, но и по количеству инвазионного материала, высвобождаемого птицами с такими высокими показателями интенсивности инвазии, как у этих двух видов.

При вскрытии добытой птицы у некоторых из них отмечали катаральное воспаление легких и катарально-геморрагический дуоденит. Впоследствии от птиц, у которых обнаружены вышеуказанные патологические изменения, были выделены возбудители *Escherichia coli* и *Escherichia hermanii.*

В результате бактериологических исследований патологоанатомического материала (паренхиматозные органы, сердце, кишечник) выделены *Sphingomonas paucimobili*; *Citrobacter brakii, Eschericia hermanii; Eschericia coli; Ent. fecalis.* Из патматериала проводили изоляцию выделенных культур, у которых в дальнейшем были изучены патогенные свойства. При бактериологическом исследовании процент выделения патогенных бактерий из патологического материала составил 27 %. Наиболее часто выделяется *Ent. Fecalis, Eschericia coli* и *Sphingomonas paucimobilis*.

Заключение

Водоплавающие птицы, обитающие на озере Нарочь, играют основную роль в поддержании очага церкариального дерматита. Экстенсивность инвазии птиц трематодами *Bilharziella polonica* составляет от 16,7 до 100 %.

Результаты лабораторных исследований материала, полученного от водоплавающей птицы, добытой в районе озера Нарочь, а также на водоемах Минского, Молодечненского и Смолевичского районов позволяют вести речь о существовании среди них носительства болезнетворных микроорганизмов. Изучение их патогенных свойств говорит о том, что при возникновении неблагоприятных условий данные микроорганизмы могут вызывать заболевания и гибель водоплавающей птицы.

Список литературы

1. Интернет ресурс. *http://www. belta. by/society/view/ploschad-osobo-ohranjaemyh-prirodnyh-territorij-v-belarusi-v-2017-godu-vozrosla-pochti-na-13-tys-ga-289996–2018*
2. *Литвинов В. Ф.* Паразитоценозы диких животных. Минск, 2007. 581с.
3. *Лях Ю. Г. Иванов С. А., Белянко Д. Л.* Профилактика инфекционных болезней как способ рационального использования ресурсов охотничьих животных и птиц в Беларуси // Междунар. науч.-практ. конф. «Биологические ресурсы». Киров, 2010. С. 180–181.
4. *Лях Ю. Г.* Инфекционная патология среди охотничьих животных и водоплавающих птиц в Беларуси и ее профилактика // Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы экологии – 2010». Гродно, 2010. С. 119–121.
5. *Лях Ю. Г., Гринек А. Н.* Экологическое значение водоплавающих птиц в эпизоотическом благополучии Республики Беларусь // 17-я Междунар. науч. конф. «Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века». 18–19 мая 2017 г. Минск, 2017. С. 33–34.
6. *Островский О. А.,* Бабушникова Е. П., Хейдорова Е. Э. Видовой состав, численность и зараженность водоплавающих и околоводных птиц шистосомами в курортной зоне озера Нарочь // Прил. к журн. «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». Сер. биол. наук. Сер. мед. наук. Мн. : Белорусская наука, 2008. Ч. 1. С. 194–198.
7. Bychkova E. I., *Kheidorova E. E.* Waterfowl schistosome invasion monitoring in the rest zone of Naroch lake in 2005–2008 // 3rd Workshop on Bird Schistosomes and Cercarial Dermatitis: Program and Abstract Book (Rejčkov, near Ledeč nad Sázavou, Czech Republic, July 6th – 10th, 2009). Praha, 2009. P. 15.

УДК 631.524.85

Неблагоприятные факторы, влияющие на плодоношение коллекционных растений парка «Дендрарий» за 2015–2017 гг.

И. С. Пастухова (pastuhovairyna@yandex.ru)

Сочинский национальный парк, г. Сочи

Аннотация. Проведены многолетние наблюдения за плодоношением коллекционных растений парка «Дендрарий». Огромная значимость коллекционных растений парка «Дендрарий» в свою очередь определяет важность их сохранения и защиты от воздействия целого комплекса неблагоприятных факторов. Выявлены основные факторы неблагоприятного воздействия на них: засухоустойчивость, заморозки, комплекс болезней и вредителей, неблагоприятные для роста почвенные условия, несоблюдение сроков и техники формовочной обрезки побегов.

Ключевые слова: парк, коллекционные растения, плодоношение, неблагоприятные факторы.

Многолетние наблюдения за интродуцентами показали, что размеры урожая, повторяемость урожайных лет качественные показатели семян зависят от биологических особенностей вида, его происхождения, условий произрастания и погодных условий. Все эти явления взаимосвязаны и дополняют друг друга. Огромная значимость коллекционных растений парка «Дендрарий» в свою очередь определяет важность их сохранения и защиты от воздействия целого комплекса неблагоприятных факторов.

Основными факторами неблагоприятного воздействия на них являются: засухоустойчивость, заморозки, комплекс болезней и вредителей, неблагоприятные для роста почвенные условия, несоблюдение сроков и техники формовочной обрезки побегов.

Проведено обследование плодоносящих насаждений с детальным анализом 371 видов растений. Виды и формы плодоносящих растений «Дендрария» уточнялись в соответствии с каталогами [1; 2].

В 2015 г. с середины июля по третью декаду сентября установилась жаркая погода, практически без осадков. При этом в августе и сентябре месяце максимальная температура воздуха превышала 30 °С. Летние засухи, вызывали опадение завязей и недоразвитых плодов многих видов: *Swida bretschneideri* L. Henry*, Swida hemsleyi* Schneid. *&* Wanger*., Taxus baccata f. procumbens (*Loudon) Pilger*, Ampelopsis brevipedunculata* Trautv, и др., а также препятствовали закладке цветочных почек следующего вегетационного периода.

В январе 2016 г. температура воздуха в Сочи колебалась в диапазоне от − 7°С до +17°С. Причём минимум температуры (−7°С) пришёлся на 4 января. В паре «Дендрарий в этот период пострадали от вымерзания: *Lavandula dentata* L., *Lavandula latifolia* Medik., *Calycanthus fertilis* Walter.

В период с 23.11 по 24.11.2017 в Сочи пришел холодный атмосферный фронт. Причём минимум температуры (+2°С) пришёлся на 23 ноября. Наименьшее значение температуры в среднем за день составило +3,29°С и самым холодным днём в ноябре оказался 24 ноября. В результате этого фактора, зафиксировано обмерзание соцветий – *Hibiscus mutabilis* L.

Виды без определенного чередования урожайных лет, плодоношение которых зависит от погодных условий в период цветения и развития плодов: *Magnolia denudata* Dode, *Magnolia kobus* DC., *Magnolia x lennei* Van Houtte, *Magnolia x loebneri* Kache, *Magnolia x soulangeana* Soul.-Bod. Необходимо отметить, что плодоношение *Magnolia denudata* Dode, *Magnolia x soulangeana* Soul.-Bod. на протяжении 2015–2017 г. г. отмечается достаточно редко, и, как правило, бывает слабым.

Ряд древесных пород хотя и плодоносит, но дают семена низкой всхожести или пустые. К ним относятся: *Acacia dealbata* Link, *Mimosa acanthocarpa* Poir., *Cercis chinensis* Bunge, *Picea orientalis* Link*., Pinus tabulaeformis* Carr., *Pinus bungeana* Zucc.,

Pinus nigra Arn*., Pinus pallasiana* D. Don*, Pinus patula* Schlecht. & Cham*. Pinus pinaster* Ait., *Pinus radiata* D. Don*, Carpinus japonica* Blume*, Liriodendron tulipifera* L.

Плохое плодоношение некоторых видов растений, по-видимому, является следствием того, что они имеются в единичных экземплярах или их больше, но они расположены отдаленно друг от друга, а также в неблагоприятных климатических условиях в период цветения и опыления.

Комплекс болезней и вредных членистоногих. В ходе работы был выявлен видовой состав вредителей и возбудителей болезней плодов, семян 51 вида и сорта растений, относящихся к 24 семействам.

Болезни: Зарегистрировано 6 типов болезней, вызываемых фитопатогенными грибами. В результате проделанной работы на плодах и семенах коллекционных насаждений парка «Дендрарий» выявлено 11 видов микроскопических фитопатогенных грибов из 1 отдела.

Наибольшее количество возбудителей вызывают пятнистости – 6 видов, мучнистая роса -1, рак- 1, ботритис – 1, чернь– 1, мониальный ожог – 1.

По систематическому положению они распределяются следующим образом:

– отдел *Ascomycota*, класс: *Dothideomycetes* – 6, *Sordariomycetes* – 2, *Leotiomycetes* – 2; *Incertae sedis* – 1.

Вредители: наибольшее видовое разнообразие занимают представители отряда *Homoptera*, которых насчитывается свыше 10 видов.

Видовой состав выявленных хоботных вредителей представляют виды, относящиеся к следующим семействам: щитовки – *Diaspidiae* (3), червецы – *Pseudococcidae* (1), ложнощитовки – *Coccidae* (3), цикадки – *Cicadellidae* (1), тли – *Aphidoideae* **(**1).

Следующими по видовому разнообразию и встречаемости на желудях является представитель отряда *Coleoptera.* Видовой состав жесткокрылых составляет 1 вид, относящийся к семейству – долгоносики (*Curculionidae).*

Среди представителей этих отрядов следует отметить желудевого долгоносика — *Curculio glandium* Marsch., являющегося на настоящий момент главнейшим серьезным вредителем дуба. В парке в наибольшей степени повреждал: *Quercus variabilis* Blume., *Q. hartwissiana* Stev., *Q. iberica* Stev.

Белки, живущие в парке, неоднократно повреждают почки и семена сосновых шишек, ягоды, плоды некоторых видов растений.

Неблагоприятные для роста почвенные условия (наличие недостаточного слоя гумуса, избыток влаги), влияют на плодоношение таких видов как *Thuja occidentalis* L., *Thuja occidentalis* L. cv. Lutea, *Thuja plicata* D. Don.

Несоблюдение сроков и техники формовочной обрезки побегов у таких растений как: *Berchemia yunnanensis* Franch., *Myrtus communis* L. *cv. Tarentina*, *Jasminum girardii* Diels, полностью отсутствовало плодоношение.

На основе проводимых наблюдений за плодоношением интродуцентов в «Дендрарии» списки семян, предлагаемых для обмена, ежегодно корректируются.

Список литературы

1. *Карпун Ю. Н.* Декоративная дендрология Северного Кавказа. СПб., 2005. 392 с.

2. *Истратова О. Т.* Аннотированный каталог растений коллекционных насаждений парка “Дендрарий” НИИГОРЛЕСЭКОЛ (на 1 января 1989 года). Сочи : НИИГОРЛЕСЭКОЛ, 1992. 136 с.

УДК 632.78+632.93

Пути обеспечения безопасного природопользования при инвазиях в лесные насаждения Сочинского национального парка чужеродных насекомых-вредителей

Н. В. Ширяева (natshir@rambler.ru)

Сочинский национальный парк, г. Сочи

Аннотация. Показаны возможные безопасные пути защиты и сохранения в лесных насаждениях Сочинского национального парка третичного реликта, эндемика колхидско-лазистанской флоры – самшита колхидского *Buxus colchica* Pojark. и ценной лесообразующей породы – каштана посевного *Castanea sativa* Mill. при возникновении критических ситуаций, вызванных инвазиями опасных насекомых вредителей: самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker, 1859 и карантинного вида – восточной каштановой орехотворки *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951. В связи с запретом федеральным законодательством применения на ООПТ пестицидов, в т. ч. и биологических, и интродукции живых организмов в целях их акклиматизации, аргументированно доказана безопасность биологических препаратов. Их использование могло бы частично спасти насаждения самшита колхидского. Обоснована возможность применения в качестве агента биологической борьбы с восточной каштановой орехотворкой специализированного паразитоида *Torimus sinensis* в целях защиты каштана посевного.

Ключевые слова: Сочинский национальный парк, самшит колхидский, каштан посевной, инвазивные фитофаги, самшитовая огнёвка, восточная каштановая орехотворка, ООПТ, федеральное законодательство, пестициды, биологические препараты, биологический контроль, специализированный паразитоид.

Сочинский национальный парк (СНП) – один из первых национальных парков России. Расположен в уникальной (самой северной) субтропической зоне между отрогами Кавказского хребта и побережьем Чёрного моря. Общая площадь его территории составляет 208600 га. Главная ценность этого уникального по широте биоразнообразия особо охраняемого природного объекта – неповторимые по красоте, богатству растительности горные леса, занимающие 93 % от всей площади. В них произрастают многие реликтовые, эндемичные и редкие растения, в том числе самшит колхидский *Buxus colchica* Pojark. и каштан посевной, или съедобный *Castanea sativa* Mill.

Самшит колхидский *B. colchica* – третичный реликт, эндемик колхидско-лазистанской флоры, внесенный в Красные книги РФ [12], Краснодарского края [9], Республики Адыгея [10], Республики Южная Осетия [11], региональные популяции которого отнесены к категории и статусу 2 «Уязвимый» – 2, УВ. Его площадь составляла 1863 га.

Каштан посевной *C. sativa* – главнейшая лесообразующая, технически ценная и разнообразно используемая (древесина, плоды, каштановый мёд) порода. Большая ценность каштана и проблема его отмирания привлекают к нему особое внимание не только работников производства, но и широкого круга учёных.

Каштановые леса в России представлены одним видом *C. sativa,* их площадь составляет 47,5 тыс. га и произрастают они только на Северном Кавказе. Более 75 % их площади сосредоточено на Черноморском побережье Кавказа. В СНП каштановые леса произрастают на площади 22 351,2 га (сведения материалов лесоустройства 2007 г.).

В последние пять лет в СНП возникла острая необходимость в спасении ценных лесных насаждений от инвазивных видов насекомых-фитофагов, появившихся в них с 2014 г. и ранее на территории России не отмечавшихся [13].

Виды, численность которых с начала их появления бывает низкой, адаптировавшись, дают вспышки массового размножения, практически не отличаясь от аборигенных видов. В новых ареалах они представляют большую опасность в связи с отсутствием природных факторов, регулирующих их численность.

Появившись изначально в городских посадках на территории Большого Сочи, некоторые инвазивные фитофаги заселили и лесные насаждения, перейдя с муниципальных городских земель на смежные с ними леса СНП и осваивая для своего обита-

ния всё новые и новые лесные территории. Их появлению в районе Большого Сочи способствовал ряд факторов:

1) завоз с недостаточным фитосанитарным контролем (или полным его отсутствием) из европейских питомников посадочного материала для озеленения территорий Основной Олимпийской деревни и частных городских территорий;

2) общее ухудшение экологических условий вследствие масштабного строительства при подготовке к XXII Олимпийским зимним играм 2014 г. ;

3) интенсивное антропогенное воздействие на городские насаждения, в которые изначально попадает большинство инвазивных видов, при создании новой инфраструктуры города, следствием чего явилось длительное угнетение растений и их ослабление;

4) наличие в регионе богатой пищевой базы для новых видов вредителей растений – обширного круга растений-хозяев, и благоприятных климатических условий для успешной их адаптации.

Наиболее ярким представителем из числа появившихся опасных чужеродных видов насекомых-вредителей является самшитовая огнёвка *Cydalima perspectalis* Walker, 1859 (Lepidoptera: Crambidae). Естественный её ареал – страны Восточной Азии (Китай, Корея, Япония, Индия), где она связана с местными видами Buxus spp. [4]. С 2007 г. она проникла в Европу, и в настоящее время отмечена во многих европейских странах, в т. ч. Италии [17; 18]. В 2012 г. *C. perspectalis* была завезена в Сочи из итальянских питомников с самшитом вечнозелёным, предназначавшимся для озеленения территории Основной Олимпийской Деревни. В 2013 г. самшитовая огнёвка повсеместно заселила городские посадки самшита, вызвав их сильную дефолиацию и частичное усыхание, а в 2014 г. очаги вредителя были выявлены на всех участках произрастания *B. colchica* в лесных насаждениях СНП.

В районе Сочи самшитовая огнёвка развивается в 3 поколениях, а при благоприятных условиях, как это отмечалось в 2014 г., частично развилось и 4-е поколение. Все генерации вредителя активно питались как в городских насаждениях на самшитах вечнозелёном, балеарском и колхидском, так и в лесных насаждениях самшита колхидского на территории СНП.

Наносимый *C. perspectalis* вред заключается в скелетировании и объедании листьев, наличии паутины, экскрементов гусениц, личиночных шкурок, полной дефолиации растений и оголении скелетных ветвей, наличии комков из оплетённых паутиной пожелтевших листьев, объедании коры. Особо следует отметить агрессивность вида и скорость, с которой гусеницы уничтожают листву, приводя растения практически за одни сутки к 100 %-ной дефолиации и дальнейшему стремительному усыханию.

Повредив в лесных насаждениях 90 % краснокнижной породы – *B. colchica*, высоко агрессивный инвайдер фактически привёл её почти к полной гибели, поставив под угрозу существование ценного реликтового вида.

Площадь очагов вредителя на 2018 г. составила 1255 га, причём, правильнее было бы сказать уже не «очагов», а участков съеденного вредителем самшита, на которых с 2016 г. наблюдалось массовое его усыхание. И, несмотря на появление на стволах растений в 2017 г. многочисленных живых побегов, жизненное состояние этой породы остаётся критическим.

Ситуация с самшитовой огнёвкой остро обнажила проблему защиты насаждений на ООПТ при угрозе их массовой гибели.

Следующим опаснейшим представителем новых фитофагов-инвайдеров в лесных насаждениях СНП явилась восточная каштановая орехотворка *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) – вид, включённый согласно Приказу Минсельхоза РФ от 15 декабря 2014 г. № 501 «Об утверждении перечня карантинных объектов» в п. I. Перечня: «Карантинные объекты, отсутствующие на территории РФ».

В насаждениях каштана посевного в СНП *D. kuriphilus* впервые обнаружена в 2016 г. на площади 1175 га. Можно предположить и более раннее первое появление

вредителя, поскольку численность его была единичной, а повреждения практически незаметны для визуального обнаружения.

Известно, что *D. kuriphilus* повреждает многие виды деревьев из рода Castanea, в том числе и используемые в озеленении. Устойчивых к ней видов каштанов нет. Её естественный ареал охватывает Китай в пределах произрастания китайского каштана *C. mollissima.* Из Китая вид попал в Японию, дальнейшими странами его распространения стали Республика Корея, США, Италия, Франция, Словения, Хорватия, Нидерланды, Швейцария, Франция [2; 3]. Любая из этих стран могла быть страной, из которой осуществлялся неконтролируемый завоз растений рода Castanea на Черноморское побережье России для озеленения частных территорий. Вместе с посадочным материалом в новый ареал проник и его вредитель.

Кроны заселенных орехотворкой деревьев каштана из-за гибели почек и побегов постепенно изреживаются, деревья ослабляются. У пораженных деревьев резко падает способность к цветению и плодоношению. Постепенно погибает часть кроны, а при сильном заселении деревьев возможна их гибель [16]. .

Важным моментом биологии вредителя является то, что его личинки развиваются внутри деревянистых галлов.

В связи с появлением в лесных насаждениях каштана посевного нового опасного карантинного вредителя – восточной каштановой орехотворки, в 2016 г. Управлением Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Краснодарскому краю и Республике Адыгея был введён на территории СНП карантинный фитосанитарный режим и установлена карантинная фитосанитарная зона. В адрес СНП было дано предписание – «Провести комплекс исчерпывающих мероприятий по локализации и ликвидации популяции карантинного объекта», что поставило в повестку дня очередную сложную задачу защиты каштана от этого насекомого в связи с полным отсутствием на сегодняшний день разрешённых способов борьбы с ним.

Таким образом, уже в отношении двух опаснейших инвайдеров – карантинного вредителя – восточной каштановой орехотворки и самшитовой огнёвки необходимо было решать вопрос о безопасных путях их уничтожения и контроля численности.

Согласно статье 12 Федерального закона от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» СНП, как и все национальные парки РФ, относится к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) федерального значения, а первой основной задачей национальных парков, согласно ст. 13 ФЗ, является «сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов». «На территориях национальных парков запрещается любая деятельность, которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира... « (статья 15 того же ФЗ).

В существующей мировой и российской практике защиты растений одним из основных эффективных методов борьбы с насекомыми-вредителями является химический, основанный на использовании химических препаратов (пестицидов). Запрет на их использование на ООПТ и, следовательно, на территориях национальных парков, прописан в Лесном кодексе РФ (статья 103, пункт 5): «В лесах, расположенных на ООПТ, запрещается использование *токсичных химических* препаратов для охраны и защиты лесов, в том числе в научных целях».

В другом документе – Постановлении Главного государственного санитарного врача РФ от 02.03.2010 № 17 «Об утверждении Санитарных правил и нормативов (СанПиН 1.2.2584-10) в подпункте 9.10 п. IX, указывается: «При авиаобработке пестицидами должны соблюдаться следующие санитарные разрывы: – от... природных (национальных) парков... не менее 2 км», что также говорит о недопустимости попадания пестицидов на территорию национальных парков.

В связи с этим в критической ситуации, сложившейся на территории СНП с 2014 г., – момента заселения лесных насаждений самшита колхидского самшитовой ог-

нёвкой, основная задача сохранения природных комплексов и уникальных природных объектов сделалась практически не выполнимой. Минприроды РФ не дало разрешение на применения пестицидов для борьбы с инвайдером, рекомендовав «*рассмотреть возможность применения биологических методов для борьбы с гусеницами вредителя*».

Известно, что «... биологический метод подразумевает использование против вредных организмов их паразитов, хищников и патогенов. Их называют агентами биологической борьбы. В результате применения этих агентов удается уменьшить плотность популяции вредителей и возбудителей болезней и тем самым снизить их вредоносность» [1].

Преимущества биологического метода перед химическим являются особо важными, когда речь идёт о защите насаждений на ООПТ. Биологический метод не загрязняет окружающую среду, не оказывает отрицательного влияния на человека, растения и лесной биоценоз, в течение долгого времени сдерживает рост численности вредных организмов.

Для защиты самшитовых насаждений на территории СНП в 2015 г. были апробированы несколько способов биологического контроля:

- специалистами Всероссийского НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства испытан массово размноженный в лабораторных условиях куколочный паразитоид чешуекрылых *Chouioia cunea* Yang (Hymenoptera: Eulophidae);

- сотрудниками Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского апробирован метод искусственного разведения хищной осы-энтомофага *Euodynerus posticus* Herrich-Schaeffer (Hymenoptera: Vespidae) с установкой в очаге вредителя ульев Фабра с осами *E. posticus* в гнездовьях;

- специалистами производственно-научной компании ООО «АгроБиоТехнология» в борьбе с вредителем использованы массово размноженные на искусственных питательных средах аборигенные штаммы энтомопаразитических грибов, собранные на территории СНП и показавшие в лабораторных условиях высокую смертность гусениц. В полевых условиях эти штаммы оказались менее эффективными из-за частых ливневых дождей, свойственных зоне влажного субтропического климата, в котором расположена территория СНП.

Различные варианты апробированных способов биологического контроля численности листогрызущего, открыто-живущего фитофага – самшитовой огнёвки оказались на этапе их применения неэффективными, однако они наметили пути дальнейших исследований.

Так, например, установлено, что при поиске эффективных способов борьбы с самшитовой огнёвкой важно учитывать, что её гусеницы при массовой численности способны почти полностью уничтожить листья самшита всего за неделю. Если в природе при оптимальных условиях и отсутствии дождей какие-то грибные агенты окажутся способными вызвать гибель 70–90 % гусениц через 8–10 дней, за это время многие растения самшита успеют погибнуть. В связи с этим возникает необходимость стимулировать более быстрое развитие инфекционного процесса при микозах. Оказалось возможным отчасти решить эту проблему добавлением к споровым суспензиям микроколичеств авермектинов (около 0,0002 %), ускоряющих инфекционный процесс на несколько суток [16].

Агентами биологической борьбы с вредными организмами наряду с энтомофагами являются микроорганизмы и созданные на их основе биологические препараты, однако СНП не получил от МПР РФ разрешения на применение и биологического препарата – лепидоцида, мотивируя это тем, что *«химические и биологические препараты относятся к пестицидам и их применение на ООПТ федерального значения запрещено»*.

В связи с этим считаем, что назрела необходимость корректировки законов. В критических ситуациях во избежание невосполнимых потерь было бы правильным делать разумные исключения из строгого запрета законодательством использования пестицидов на ООПТ и ориентироваться на интегрированные методы защиты с «адрес-

ным» (точечным) использованием «мягких» биохимических инсектицидов, например, на основе авермектинов (Фитоверм КЭ), быстро разлагающихся в окружающей среде [15; 16], или, что ещё более безопасно, микробиологических препаратов на основе *Bacillus thuringiensis,* таких, как лепидоцид (*Bacillus thuringiensis, var. kurstaki* (спорово-кристаллический комплекс).

При формальном подходе к решению вопроса о выборе способов борьбы с самшитовой огнёвкой запрет на применение биологических препаратов является вполне обоснованным, поскольку они включены в Список *пестицидов* [5–8]. Однако, в Лесном кодексе РФ (статья 103, пункт 5) указано, что «В лесах, расположенных на ООПТ, запрещается использование *токсичных химических* препаратов для охраны и защиты лесов... «. Лепидоцид, как и другие препараты, созданные на основе микроогрганизмов или продуктов их жизнедеятельности, в частности, на основе спор бактерии *Bacillus thuringiensis*, не являются химическими препаратами, тем более токсичными. «Они обладают высокой степенью избирательности по отношению к видам, против которых направлены, и безвредны по отношению к растениям, теплокровным животным и человеку» [1]. Класс опасности лепидоцида – 4/3, что означает малую опасность для человека и пчёл. У этого препарата отсутствует запрет на применение в водоохранной зоне водных объектов [5–8].

Применение биопрепаратов на основе спорообразующих кристаллоносных энтомопатогенных бацилл группы *Bacillus thuringiensis* Berl., которые «не имеют специфического запаха, не отпугивают насекомых, не повреждают растений, практически не опасны для людей и животных» [1], в частности, лепидоцида, могло бы частично спасти *B. colchica,* предотвратив возникшее к концу 2014 г. катастрофическое положение с его насаждениями, уничтожаемыми инвайдером. Характеристика биопрепаратов говорит о возможности их использования в условиях ООПТ как наиболее приемлемого, безопасного, а потому и оптимального способа подавления численности агрессивного насекомого-инвайдера – самшитовой огнёвки. Частично, поскольку около 80 % насаждений *B. colchica* также, как и остальные леса СНП, произрастают в горном рельефе.

Нашими исследованиями была установлена высокая биологическая эффективность (80–100 %) авиаобработок лесных насаждений биопрепаратами против листогрызущих чешуекрылых (каковым является и самшитовая огнёвка), а также доказано, что отечественные высокотитровые микробиологические препараты с высокой биологической активностью не оказывают отрицательного воздействия на полезные организмы биоценоза [14]. Считаем, что и наземные обработки насаждений, произрастающих на пологих участках, по руслу рек (около 20 % лесных насаждений самшита колхидского), были бы не менее эффективны. При их неоднократном проведении (с учётом развития нескольких генераций вредителя в год) можно было бы значительно снизить численность *C. perspectalis* до хозяйственно-неощутимого уровня, сохранив тем самым какую-то часть ценных реликтовых насаждений с целью последующего их использования в качестве резерватов. В данной ситуации это щадящий по отношению к окружающей среде способ защиты самшитовых лесов, но законодательный запрет на применение биологических препаратов не позволил СНП пойти по этому единственному возможному пути. Результат оказался налицо.

Ещё более сложной является ситуация с защитой каштана посевного от карантинного вредителя – восточной каштановой орехотворки. Приказом Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Краснодарскому краю и Республике Адыгея № 540 от 18.08.2016 «О введении карантинного фитосанитарного режима и об установлении карантинной фитосанитарной зоны по карантинному объекту – восточная каштановая орехотворка на территории Краснодарского края (СНП)» пунктом 6, СНП предписывается «Проводить истребительные мероприятия против восточной каштановой орехотворки разрешёнными к применению инсектици-

дами в соответствии с «Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории РФ».

Ю. А. Гниненко, Ж. Г. Мелика [2] первыми в России констатировали факт, что «В настоящее время отсутствуют надежные и эффективные меры защиты от этой орехотворки. Будучи новым вредителем, против неё ещё не испытаны химические или биологические меры защиты». Даже и при наличии инсектицидов их применение на ООПТ было бы невозможным.

В поисках путей решения проблемы были сделаны запросы (лабораторией защиты леса от инвазивных и карантинных организмов Всероссийского НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства) в международные организации: Европейскую и Средиземноморскую организацию по карантину и защите растений (ЕОКЗР), а также Восточно-палеарктическую региональную секцию Международной организации по биологической борьбе с вредными животными и растениями (ВПРС МОББ). Из полученных ответов следует, что в настоящее время в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ, нет препаратов, разрешенных для использования против этого вредителя. В подавлении его популяции в зараженных зонах стран ЕОКЗР эффективной показала себя интродукция и акклиматизация паразитоида *Torymus sinensis*. Опыт ряда европейских стран, куда восточная каштановая орехотворка проникла ранее, например, Словении, Италии, Греции и др., показывает, что специализированный паразитоид *Torymus sinensis*, интродуцированный ими из Китая и Японии, эффективно регулирует численность вредителя. Он позволил свести к минимуму потери от орехотворки в лесах Словении и др. стран.

Использование этого энтомофага в России могло бы снизить возможные потери от карантинного вредителя в лесных насаждениях каштана посевного, однако борьба с восточной каштановой орехотворкой с помощью агента биологической борьбы *Torimus sinensis* на сегодняшний день в СНП также проводиться не может из-за отсутствия в стране производства данного энтомофага. И это ещё не самая главная причина. Согласно ФЗ от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» в них «*запрещается интродукция живых организмов в целях их акклиматизации*». В случае с данным опасным карантинным инвайдером было бы вполне оправдано использование энтомофага *Torimus sinensis*, являющегося специализированным паразитоидом, а т. е. видом, паразитирующим только на восточной каштановой орехотворке. Следует также разделять такие понятия, как «интродукция живых организмов в целях их акклиматизации» и «интродукция живых организмов в целях защиты растений».

Считаем, что и этот запрет требует внесения поправок для тех особых ситуаций, когда в результате инвазий агрессивных фитофагов-вредителей возникает реальная угроза нанесения ощутимого вреда или даже гибели ценных древесных пород на территориях ООПТ.

СНП обратился в Департамент государственной политики и регулирования в сфере охраны окружающей среды МПР РФ с просьбой дать указания о начале разработки биологических методов борьбы с каштановой орехотворкой соответствующим службам и организациям.

К сожалению, на сегодняшний день такие методы ещё не разработаны, и ситуация в каштанниках СНП остаётся прежней. Предписание Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Краснодарскому краю и Республике Адыгея – «Провести комплекс исчерпывающих мероприятий по локализации и ликвидации популяции карантинного объекта» – восточной каштановой орехотворки, выполнено быть не может. Сложилось положение, в котором СНП находится между жёстким требованием Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Краснодарскому краю и Республике Адыгея исполнения мероприятий по ликвидации опасного вредителя в насаждениях каштана посевного, и запретом на проведение этих мероприятий на ООПТ федеральным законодательством РФ.

В связи с меняющейся экологической ситуацией в лесных насаждениях ООПТ в результате инвазий чужеродных насекомых-вредителей (что показано нами на примере СНП), считаем, что безопасное природопользование в национальных парках возможно только после разумной корректировки законов, учитывающей различные сценарии развития событий в таком живом организме, как лес. Необходимо обеспечить гибкий подход к решению вопроса о выборе путей его защиты и сохранения, чтобы не допускать глобальных и непростительных потерь, таких как гибель ценной реликтовой и уникальной породы – самшита колхидского и дальнейшее усыхание не менее ценной породы – каштана посевного.

Список литературы

1. *Воронцов А. И., Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С.* Технология защиты леса. М. : Экология, 1991. 304 с.
2. *Гниненко Ю. А., Мелика Ж. Г.* Методические рекомендации по выявлению каштановой орехотворки *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. М. : ВПРС МОБЗР, 2009. 8 с.
3. *Гниненко Ю. А., Мелика Ж. Г.* Каштановая орехотворка *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu – новый опасный вредитель каштана посевного. Пушкино: ВНИИЛМ, 2011. 14 с.
4. *Гниненко Ю. И., Ширяева Н. В., Щуров В. И.* Самшитовая огневка – новый инвазивный организм в лесах российского Кавказа // Карантин растений. Наука и практика. 2014. № 1(7). С. 32–36.
5. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. Пестициды. М. : Минсельхоз России, 2014. С. 8–14.
6. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. Ч. 1. Пестициды. М. : Минсельхоз России, 2015. С. 7–13.
7. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. Ч. 1. Пестициды. М. : Минсельхоз России, 2016. С. 7–13.
8. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. Ч. 1. Пестициды. М. : Минсельхоз России, 2017. С. 9–16.
9. Красная книга Краснодарского края. Растения и Грибы. Краснодар: Администрация Краснодарского края, 2017. 850 с.
10. Красная книга Республики Адыгея. Ч. 1. Введение. Растения и грибы. Майкоп : Качество, 2012. 340 с.
11. Красная книга Республики Южная Осетия. Нальчик: Изд. М. и В. Котляровых, 2017. 304 с.
12. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.
13. *Масляков В. Ю., Ижевский С. С.* Адвентивные (инвазионные) растительноядные насекомые на территории России (Аннотированный список видов – Европейская часть России). М. : ИГРАН, 2010. 124 с.
14. *Ширяева Н. В.* Членистоногие лесных и городских насаждений Северного Кавказа и управление их численностью : автореф. дис. … д-ра биол. наук. Краснодар, 2001. 33 с.
15. Предварительные результаты программы борьбы с самшитовой огнёвкой *Cydalima perspectalis* Walker в Сочинском национальном парке / Н. В. Ширяева, Ю. И. Гниненко, Ю. А. Сергеева, Б. А. Борисов, М. Е. Лянгузов // Научные исследования в заповедниках и национальных парках России : тез. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 25-летнему юбилею биосфер. резервата ЮНЕСКО «Национальный парк «Водлозерский». Петрозаводск, 29 авг. – 4 сент. 2016 г. Петрозаводск : Карел. Науч. центр РАН, 2016. С. 260–261.
16. Проблемы применения биологических методов защиты растений на особо охраняемых природных территориях на примере Сочинского национального парка / Н. В. Ширяева, М. Е. Лянгузов, Ю. И. Гниненко, Ю. А. Сергеева, Б. А. Борисов // Материалы XII сессии Генеральной Ассамблеи ВПРС МОББ и докл. Междунар. науч. конф. «Биологическая защиты растений: успехи, проблемы, перспективы». 24–27 апр. 2017 г., Санкт-Петербург. Вып. 52. Информ. бюл. ВПРС МОББ. СПб. : ВПРС МОББ, ВИЗР, 2017. С. 325–329.
17. *Kruger E. O. Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) – neu furdie Fauna Europas (Lepidoptera, Crambidae) // Entomol. Zeitschr. 2008. Vol. 118, N 2. P. 81–83.
18. *Székely L., Dincă V., Mihai C. Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), a new species for the Romanian fauna (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae) Bul. inf. Entomol. 2011. Vol. 22. P. 3–4.

Раздел 5
ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕД И ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА

УДК 504

Влияние на качество атмосферного воздуха г. Нальчика от выбросов автотранспорта

С. О. Геккиева (sgekkieva@list.ru)
Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

Аннотация. Рассматривается вопрос загрязнения приземного слоя воздуха г. Нальчика автотранспортом. Поступление вредных примесей и их перенос воздушными массами, что приводит к снижению качества городской среды и ухудшению условий проживания населения.

Ключевые слова: экологические проблемы, загрязняющие вещества, автотранспорт, приземный слой атмосферы, здоровье человека.

Необходимость исследований по оценке качества окружающей среды всего Северного Кавказа не вызывает сомнений. Она определяется прежде всего уникальной комбинацией Северо-Кавказского региона как курорта и важного транспортного и индустриального центра юга России. В сложившейся ситуации представляется актуальным вопрос изучения загрязнения воздушной среды автотранспортом на примере города Нальчик, т. е. того приземного слоя атмосферы, в котором происходят наиболее интенсивные процессы, связанные с поступлением вредных примесей и их переносом воздушными массами.

Основными источниками поступления загрязняющих веществ в атмосферу Нальчика являются промышленные предприятия и автотранспорт. Каждый из этих источников имеет свои характерные черты и особенности. В условиях некоторого спада промышленного производства и резкого увеличения количества автомобилей, в последнее время роль автомобильного транспорта в загрязнении воздушной среды существенно выросла и, по ряду оценок, его вклад в настоящее время в суммарном выражении значительно превышает вклад промышленности.

В 2010 г. количество автомобилей в мире превысило 1 млрд единиц при сохранении такой динамики к 2040 г. оно достигнет 1,8 млрд единиц. По итогам рейтинга, составленного агентством «Альфа-страхование», обеспеченность автомобилями в России пока значительно ниже, чем в развитых европейских странах и США [10]. В то же время она из года в год увеличивается. Кабардино-Балкария в этом рейтинге занимает 74-е место с 213 машинами на тысячу жителей республики. Хуже дела обстоят среди Северокавказских регионов в КЧР (182), Дагестане (171), Ингушетия (142), Чечня (131) на конец 2016 г.

По данным официальных источников РИА «КБР» на 2018 г., в республике работают 282 маршрута общественного транспорта: международных – 2, межрегиональных – 51, межмуниципальных – 130, городских – 65, внутримуниципальных – 34.

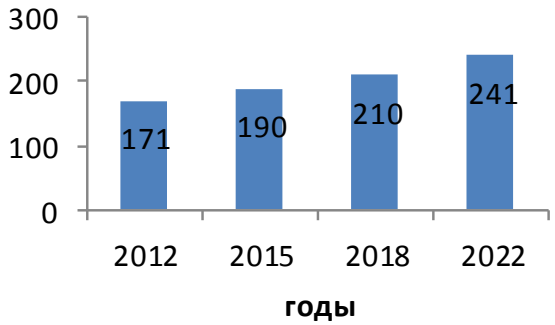


Рис. 1. Рост уровня автомобилизации Северо-Кавказского федерального округа с 2012 по 2022 г. по прогнозам «АльфаСтрахование» на 1000 жителей

Таблица 1

Парк легковых автомобилей по СКФО на 2013 г.

Регион	Парк легковых автомобилей		
	Всего, тыс. шт.	Иномарок, тыс. шт.	Доля иномарок, %
Республика Дагестан	532,8	124,4	23,4
Чеченская республика	192,3	52,2	27,1
Республика Ингушетия	71,7	20,9	29,2
КБР	188,6	60,5	32,1
Республика Северная Осетия Алания	169,5	57,6	34,0
КЧР	90,5	31,8	35,1

Масштабы и особенности загрязнений, также количество источников и выбросы загрязняющих веществ, объемы примесей, поступающих в атмосферу, существенно варьируют в зависимости от времени года и метеоусловий. На рассеивание примесей в воздушной среде влияют такие характеристики источников загрязнения, как высота выброса (автотранспорт относится к наземным источникам загрязнения 2–4 м) и температура выбрасываемой газовоздушной смеси. В связи с тем, что химические загрязнения от наземных источников поступают в нижний слой атмосферы, а процесс их рассеяния значительно отличается от процесса рассеяния высоких стационарных источников, вредные вещества аккумулируются в зоне дыхания человека. Из разных источников известно, что один легковой автомобиль за сутки может выбрасывать в атмосферу около 1 кг разных токсичных веществ, которые способны находиться в окружающей среде до 5 лет в зависимости от метеоусловий. Их влияние на окружающую среду огромно – парниковый эффект (таяние ледников, изменение климата и т. д.). Поэтому автомобильный транспорт следует отнести к категории наиболее опасных источников загрязнения атмосферного воздуха.

Таблица 2

Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в 2017г., тыс. т [11]

Наименование региона (города)	SO_2	NO_x	ЛОСНММ	CO	C	NH_3	CH_4	Всего
КБР	0,5	9,5	8,4	64,7	0,2	0,2	0,3	83,9
Нальчик	0,1	1,4	1,7	13,3	0,022	0,04	0,1	16,6
В целом по России	27,28	86,0	10,14	23,38	10,05	0,01	0,39	157,2

Сочетание метеорологических факторов обусловливают способность атмосферы в данном географическом пункте рассеивать и удалять поступающие в нее вредные вещества и формировать, таким образом, некоторый уровень загрязнения. Наиболее существенно на уровень загрязнения воздушной среды влияют следующие климатические условия: направление и особенности переноса и распространение примесей в атмосфере, вертикальное распределение температуры и скорости ветра, количество и продолжительность осадков, способствующих вымыванию примесей из атмосферы, интенсивность солнечной радиации, определяющая фотохимические превращения

примесей. В городах с большим количеством мелких и крупных предприятий, при наличии большого количества автотранспорта влияние метеорологических условий на рассеяние примесей зависит от соотношения низких и высоких источников выбросов, от нагретых и холодных выбросов [1]. Кроме метеоусловий, на рассеивание вредных веществ в приземном слое воздуха в значительной степени влияют архитектурные особенности города: ориентация и ширина транспортных магистралей и улиц. Высота и расположение зданий и сооружений, зеленые массивы и водные объекты, представляющие собой разные формы наземных препятствий воздушному потоку, которые могут привести к возникновению особых метеорологических условий в городе. Как показывают наблюдения [2], даже при постоянных объемах промышленных и транспортных выбросов в результате влияния метеорологических условий уровни загрязнения воздуха на одной и той же территории могут различаться в несколько раз. Особенности ветрового режима играют важную роль, так как ориентация большинства транспортных магистралей и улиц города совпадает с направлением преобладающего переноса воздушных масс с юга-запада на северо-восток и обратно. С одной стороны, это способствует суммированию ареалов загрязнения разных промышленных зон города, а с другой – обеспечивает вынос загрязняющих веществ ветрами за пределы городской черты.

Таблица 3

Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ $M^{L}_{k,i}$, г/км для различных категорий автомобилей

Наименование категории автомобилей	Номер категории	Выброс, г/км						
		CO	NO_x	CH	Сажа	SO_2	Формальдегид	Бенз(а)пирен
Легковые	I	0,8	0,3	0,24	$0{,}5\times10^{-2}$	$0{,}6\times10^{-2}$	$1{,}4\times10^{-3}$	$0{,}16\times10^{-6}$
Автофургоны микроавтобусы до 3,5т	II	4,2	1,6	0,63	$3{,}4\times10^{-2}$	$1{,}3\times10^{-2}$	$2{,}3\times10^{-3}$	$0{,}18\times10^{-6}$
Грузовые от 3,5 до 12т	III	4,8	5,8	1,4	0,34	$2{,}4\times10^{-2}$	$0{,}6\times10^{-2}$	$0{,}54\times10^{-6}$
Грузовые свыше 12т	IV	5,1	6,8	1,8	0,40	$3{,}5\times10^{-2}$	$0{,}7\times10^{-2}$	$0{,}66\times10^{-6}$
Автобусы свыше 3,5т	V	3,6	4,3	0,4	0,14	$2{,}0\times10^{-2}$	$0{,}2\times10^{-2}$	$0{,}18\times10^{-6}$

Таблица 4

Загрязняющие вещества и ПДК [3]

Загрязняющие вещества	ПДК максимальная разовая, мл/м^3	ПДК суточная	Класс токсичности
Угарный газ	5,0	3,0	4
Оксиды азота	0,4	0,06	3
Сажа (копоть)	0,15	0,05	3
Пыль нетоксичная	0,5	0,15	3
Сернистый газ	0,5	0,15	3

Одним из наиболее токсичных продуктов, содержащихся в выхлопных газах автомобиля, работающего на углеводородном топливе, является оксид углерода (или угарный газ). Хотя сам он не относится к веществам, вызывающий парниковый эффект, но легко вступает в реакцию с кислородом воздуха, с гидроксильными радикалами, образуя углекислый газ.

Загрязнение воздуха оксидами азота и кислотные дожди приносят огромный вред здоровью людей, а также растительному миру. Содержание токсичных веществ в выхлопных газах зависит от режима работы двигателя.

Таблица 5

Содержание (%) вредных веществ в выхлопных газах

Вредные вещества	Режим работы			
	холостой ход	постоянная скорость	Ускорение от 0 до 40 км/ч	Замедление от 40 до 0 км/ч
Оксиды углерода	0,5–8,5	0,3–3,5	2,5–5,0	1,8–4,5
Углеводороды	0,03–0,12	0,02–0,6	0,12–0,17	0,23–0,44
Оксиды азота	0,00–0,01	0,1–0,2	0,12–0,19	0,003–0,005

Таблица 6

Интенсивность (ед. /ч) и состав транспортного потока на основных улицах Нальчика: в 2002 г. (числитель) и в 2018 г. (знаменатель)

Улица, место наблюдения	Всего	Легковые	Грузовые	Автобусы	Маршрутные такси
Ул. Кабардинская, пересечение с ул. Идарова (Гагарина)	1836/2874	1491/2385	105/136	63/88	177/265
Ул. Мальбахова, мост над ж/д путями	1593/2334	1080/1620	120/132	75/105	318/477
Пр. Ленина, пересечение с ул. Толстого	1449/2158	1212/1818	18/15	30/42	189/283
Ул. Кирова, пересечение с ул. Мальбахова	1428/2089	1113/1670	117/125	27/38	171/256
Ул. Осетинская, пересечение с ул. Шогенцукова	1380/1925	963/1348	96/101	48/67	273/409
Ул. Кешокова, пересечение с ул. Шогенцукова	1326/2076	1095/ 1752	51/56	24/34	156/234

Как показано в табл. 6 результаты натурных исследований за 2002 [9] и 2018 гг., разница между магистралями Нальчика по интенсивности и характеру (составу) транспортного потока весьма значительна. Натурные обследования структуры и интенсивности автотранспортных потоков с подразделением по основным категориям автотранспортных средств были определены в соответствии с ГОСТ 32965–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока» [4]. Скоростной режим движения автотранспорта на улицах Нальчика изменяется в пределах 40–80 км/ч и более. Фактическую и расчетную интенсивность движения следует принимать суммарно в обоих направлениях. Состав движения существенно влияет на пропускную способность автомагистрали. Его необходимо учитывать при всех расчетах, связанных с оценкой уровня обслуживания движения и пропускной способности. Состав движения на дороге определяют на основе данных автоматизированного или визуального учета движения. В течение суток можно выделить два ярко выраженных периода увеличения интенсивности движения: внутренний в начале рабочего дня и вечерний в конце дня. Эти периоды носят название часы пик, и в течение их происходит 10–12 % от суточного объема движения. На самых загруженных участках по улицам Мальбахова, Идарова, Кабардинской в дневное время в час пик проходит более 7297 машин в обоих направлениях, периодически создаются пробки продолжительностью 5–7 мин. На улицах Ленина, Осетинской, Кешокова(Советской), Шогенцукова интенсивность движения составляет 6159 машин в час. Перечисленные магистрали составляют основу транспортного каркаса города. В данной работе рассматривается вопрос загрязнения города Нальчик от движущегося автотранспорта.

В качестве основного программного средства при проведении расчетов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу использована программа «Автотранспортное предприятие», разработанная фирмой «Экоцентр», в соответствии с утвержденными АО «НИИ Атмосферы» методическими документами для использования в 2018 г. [6; 7]. Результаты расчетов загрязняющих веществ атмосферы от автотранспорта для шести самых загруженных автомагистралей города представлены в табл. 8–13.

Таблица 7

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта на участке: пр. Кабардинская – ул. Идарова

Код	Загрязняющее вещество	Максимальный разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	0,0072747	0,0024198
304	Азот (II) оксид (азота оксид)	0,0011821	0,0003932
328	Углерод (сажа)	0,0003875	0,0000361
330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,001705	0,0006293
337	Углерод оксид	0,33759	0,1018547
415	Углеводороды предельные С1-С5	0,0625167	0,0093195
2704 2732	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0329633	0,0049573
2732	Керосин	0,0018083	0,0001423

Таблица 8

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта на участке: пр. Кешокова-ул. Шогенцукова

Код	Загрязняющее вещество	Максимальный разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	0,007904	0,0021016
304	Азот (II) оксид (азота оксид)	0,0012844	0,0003415
328	Углерод (сажа)	0,0003483	0,0000329
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,0018525	0,0005547
337	Углерод оксид	0,366795	0,078426
415	Углеводороды предельные С1-С5	0,067925	0,0062281
2704 2732	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0182875	0,0046664
2732	Керосин	0,0016256	0,0001282

Таблица 9

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта на участке: пр. Кирова – ул. Мальбахова

Код	Загрязняющее вещество	Максимальный разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	0,0070542	0,0018063
304	Азот (II) оксид (азота оксид)	0,0011463	0,0002935
328	Углерод (сажа)	0,0002713	0,0000265
330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,0016533	0,0004653
337	Углерод оксид	0,32736	0,0684285
415	Углеводороды предельные С1-С5	0,0606222	0,0056918
2704 2732	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0180833	0,0038244
2732	Керосин	0,0012658	0,0001032

Таблица 10

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта на участке: пр. Ленина-ул. Толстого

Код	Загрязняющее вещество	Максимальный разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	0,0078258	0,0014504
304	Азот (II) оксид (азота оксид)	0,0012717	0,0002357
328	Углерод (сажа)	0,0002411	0,0000107
330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,0018342	0,0004092
337	Углерод оксид	0,363165	0,063615
415	Углеводороды предельные С1-С5	0,0672528	0,0047452
2704 2732	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0180446	0,0040283
2732	Керосин	0,0008439	0,000041

Таблица 11

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта на участке: пр. Мальбахова (мост)

Код	Загрязняющее вещество	Максимальный разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	0,0131164	0,0023045
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,0021314	0,0003745
328	Углерод (сажа)	0,0004133	0,0000326
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,0030742	0,0005723
337	Углерод оксид	0,608685	0,0838168
415	Углеводороды предельные С1-С5	0,1127194	0,0077532
2704 2732	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0419533	0,0048777
2732	Керосин	0,0014467	0,0001258

Таблица 12

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта на участке: пр. Осетинская-ул. Шогенцукова

Код	Загрязняющее вещество	Максимальный разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	0,0112978	0,0019046
304	Азот (II) оксид (азота оксид)	0,0018359	0,0003095
328	Углерод (сажа)	0,0003444	0,0000275
330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,0026479	0,0004773
337	Углерод оксид	0,5242875	0,0678186
415	Углеводороды предельные С1-С5	0,0970903	0,0061135
2704 2732	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0261433	0,0040752
2732	Керосин	0,0012056	0,0001055

Для оценки степени негативного воздействия выбросов загрязняющих веществ в атмосферу выполняются расчеты по утвержденной в установленном порядке программным средством УПРЗА «Эколог-4.5», которая реализует положения методов расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [8]. Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферу рассмотрим на примере участка автомагистрали по ул. Шогенцукова (рис. 2). Данный участок находится в центральной части города неподалеку от курортного парка. Источником загрязнения атмосферы (ИЗА № 0001) является автотранспорт, движущийся по автомагистрали, от которого в атмосферу поступают загрязняющие вещества при сгорании топлива. Расчет загрязнения атмосферного воздуха был выполнен на расчетной площадке шириной 310 м с шагом 10 х 10 м. В качестве расчетных точек рассматривается граница ближней жилой зоны от автомагистрали (15м) и данные, приведенные в табл. 8–13. Опасная скорость ветра равна 0,65 м/с.

Согласно этим методам проводятся расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ (доли ПДК) в расчетных точках. Расчет загрязнения атмосферного воздуха был выполнен для точек, расположенных на границе жилой зоны на участках автомагистралей Кешокова-Шогенцукова и Мальбахова. Концентрация азота диоксида составляет 0,11–0,16ПДК, азота оксида 0,01ПДК, диоксида серы 0,01ПДК, оксида углерода 0,21–0,29ПДК, бензина 0,01–0,02ПДК, концентрация группы суммации диоксида азота и диоксида серы 0,08–0,1ПДК соответственно. Полученные данные выбросов загрязняющих веществ автотранспортом на городских автодорогах города-курорта Нальчик не превышают ПДК. Эти данные также могут быть использованы при проведении сводных расчетов загрязняющих атмосферный воздух города выбросами вредных веществ от объектов промышленности и транспорта.

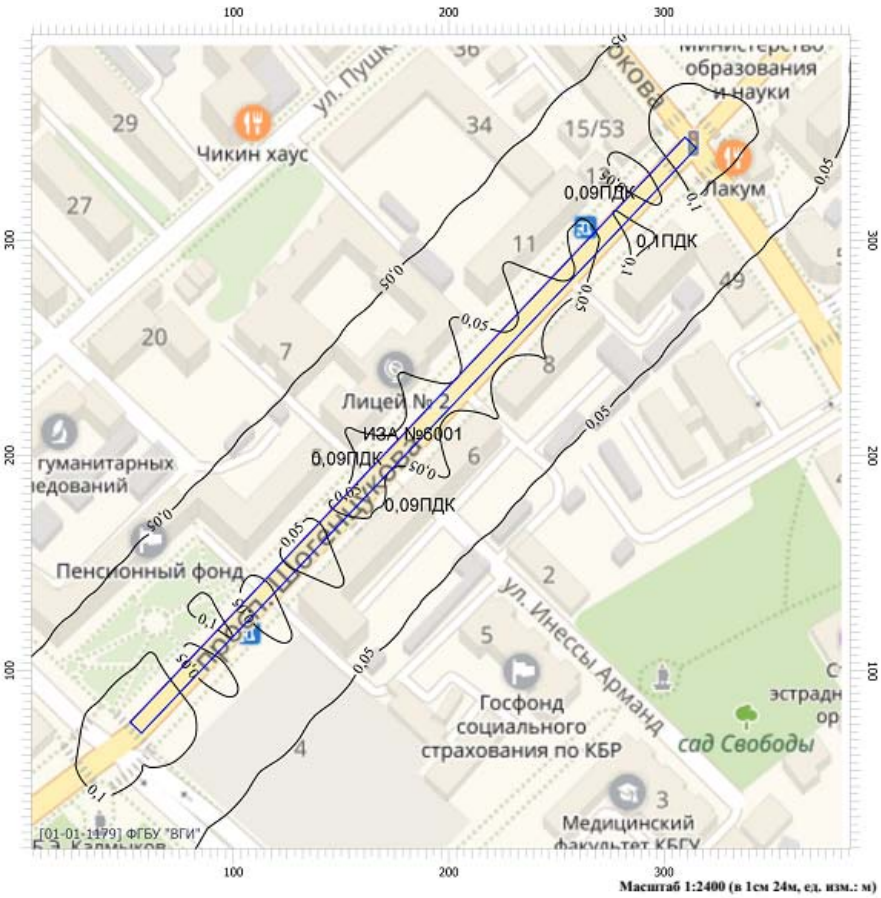


Рис. 2. Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере на участке автомагистрали по ул. Шогенцукова.

К сожалению, не имея системы наблюдений за параметрами погоды и качеством воздушной среды в Нальчике трудно продолжить дальнейшее исследование этой темы. Однако, если синхронизировать визуальные наблюдения и отбор проб воздуха в ходе инструментальных замеров, то можно получить более точные результаты и составить карту миграции загрязняющих веществ поступающих от автотранспорта в масштабах города.

Список литературы

19. *Безуглая Э. Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л. : Гидрометеоиздат. 1980. с. 184.
20. *Берлянд М. Е.* Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л. :Гидрометеоиздат. 1975. 448 с.
21. Гигиенические нормативы. ГН 2. 1. 6. 3492–17. М. 2018. Приложение. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
22. ГОСТ 32965–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока».
23. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие/отв. ред. Безуглая Э. Ю. Л. : Гидрометеоиздат,1983. с. 328.
24. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом)/ под ред.: Донченко В. В. [и др.]. М. 1998.
25. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух/отв. исполн. Буренин Н. С. СПб. : НИИ Атмосфера, 2012.
26. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе : приказ М-ва природ. ресурсов и экологии РФ от 06.06.2017 № 273. М. : Минюст РФ, 2017. 80 с.
27. Тр. ВГИ. Вып. 93. СПб. : Гидрометеоиздат, 1984. 84 с.
28. URL: http://www.pilotov. net (дата обращения: 03.10.2018)
29. URL: http://rpn.gov.ru/opendata/7703381225-transport, http: //www.gks.ru (дата обращения: 15.09.2018).

УДК 504

Оценка влияния активных воздействий на атмосферные процессы на загрязнение окружающей природной среды

С. О. Геккиева (sgekkieva@list.ru)
Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

Аннотация. Рассматриваются вопросы загрязнения окружающей среды продуктами активных воздействий на градовые процессы и особенности накопления реагентов при их многолетнем использовании.

Ключевые слова: экологические проблемы, активные воздействия, йодистое серебро.

В XXI веке погода и климат преднамеренно меняются под воздействием хозяйственной деятельности человека. Работы, ведущиеся во всем мире в области активного воздействия на погоду, можно разделить на шесть основных категорий: эксперименты с целью искусственного вызывания дождя и снега, борьба с градом, предотвращение молний, активные воздействия на ураганы, рассеяние туманов и воздействия на явления погоды, вызванные «небрежной» деятельностью человека. Во многих странах засев облаков широко применяется скорее в производственных, чем в исследовательских целях. Такие программы, выполняются в надежде, что засев облаков сможет увеличить количество выпадающих осадков, необходимых для сельского хозяйства, сможет облегчить последствия засухи или уменьшить ущерб, наносимый растительности градобитием. В ряде случаев затруднительно предсказать состояние природной среды для каждого района, где проводятся такие работы, но прогноз в целом по региону позволяет оценить возможные изменения окружающей среды.

При изучении проблемы загрязнения окружающей среды очень важным является случай, когда положительный эффект получается быстро, а ущерб от загрязнения проявляется достаточно медленно. В частности, проведение активных воздействий на атмосферные процессы также выдвигает ряд проблем экологического характера. Говоря о выгоде и риске активных воздействий, можно указать на применение реагентов, когда эффект от такого применения выявляется на конкретных полях, а риск рассеян. При выборе реагентов немаловажную роль играет их стоимость и экологическая безопасность. В мировой практике активных воздействий, включая Россию, наибольшее распространение получили льдообразующие пиротехнические составы на основе йодистого серебра (AgI). Это обусловлено высокой льдообразующей способностью аэрозоля этого вещества, устойчивостью к термической возгонке, относительной экологической безопасностью. При сгорании грамма пиротехнических смесей с 8-процентным содержанием AgI выход активных ядер кристаллизации при температуре среды -10 $^{\circ}C$ составляет не менее 5×10^{12} частиц. Высокая активность AgI объясняется наибольшей близостью его кристаллографической структуры к структуре льда.

Содержание серебра в природных объектах, как и других химических элементов, определяется разнообразными источниками. По данным лаборатории мониторинга природной среды Госкомгидромета [1, с. 97], антропогенное поступление серебра в целом на Земном шаре превалирует над природным, так эмиссия серебра от природных источников составляет 150 (т/год), а от антропогенных 1200 (т/год). Годовое поступление продуктов активных воздействий на основе йодистого серебра в атмосферу ничтожно мало по сравнению с общим поступлением этих веществ от антропогенных источников. В США, например, ежегодно расход серебра на средства активных воздействий составляет 1,5–2 т при том, что промышленность выбрасывает в атмосферу до 350 т [2, с. 140]. В СССР на эти цели расходовалось ежегодно до 1 т металла. Исходя из вышесказанного, можно заключить, что влияние активных воздействий на глобальное загрязнение атмосферы ничтожно мало. Однако, необходимо учитывать, что реагент из засеянных облаков вымывается локально и может приводить к загрязнению территорий, где проводятся активные воздействия.

Для оценки нагрузок AgI на окружающую среду при проведении работ по искусственному увеличению осадков (ИУО) самолетным методом в таблице 1 приведены сравнительные данные по активным воздействиям в Сирии, Иране и Якутии [3, с. 100].

Таблица 1

Сравнительные характеристики расхода AgI в различных проектах активных воздействий

Цель проекта, Страна	Годы реализации проектов	Площадь проведения работ по АВ, тыс. км^2	Сред. кол-во дней с АВ за сезон	Сред. сезон. расход AgI в год г/км^2	Сред. расход AgI за сезон АВ г/км^2
Сирия, ИУО	1992–1997	150	35	81 759	0,545
Иран, ИУО	1999–2001	125(1999 г.) 280(2000 г.) 385(2001 г.)	31	13 432 15 394 17 849	0,107 0,055 0,46
Якутия, ИУО	1995–1997 2003–2005	1500	9	7337	0,005

Сирийский проект (1992–1997 гг.) по искусственному увеличению осадков является наиболее значимым к настоящему времени. Расход реагента (AgI) за сезон составил более 81 кг при площади работ 150 тыс. км^2. Таким образом, ежегодный расход йодистого серебра на территории активных воздействий составляет 0,545 г/км^2. Предельный выброс йодида серебра в атмосфере при проведении активных работ должен быть меньше предельно допустимой концентрации (ПДК), равных: 0,5 мкг/м^3 в воздухе атмосферы; 0,05 мг/л в воде водоемов; 2,82 мг/кг в почве[4, с. 65].

В работе [5, с. 145] представлены результаты многолетних сезонных измерений экстремальных концентраций серебра в осадках, воздухе и сухих выпадениях. В районе проведения активных воздействий содержание серебра в большей части проб осадков в 4–100 раз было выше фоновых уровней. Сезонные максимальные значения концентрации отмечались в дни проведения засева облаков и фиксировались в пределах 1–2,5 мкг/л, что в 25–50 раз ниже уровня ПДК. Минимальные значения отмечались на уровне фоновых значений. Тенденции к росту концентрации не наблюдается, но четко прослеживается более высокий (2,4 раза) уровень содержания серебра в атмосферном воздухе. Также прослежены тенденции к увеличению концентрации серебра в местах выпадения осадков с градом и в градинах до 1 мкг/л и более.

Из рис. 1. видно, что рост значений концентраций серебра в водоемах, расположенных на территории активных воздействий, пропорционален использованному количеству реагента. Увеличение концентрации серебра приходится на сезон работ (апрель-сентябрь), далее концентрация уменьшается до фоновых значений, что объясняется природной миграционной способностью серебра и сезонным увеличением осадков. Поэтому говорить о загрязнении водоемов на защищаемой территории продуктами активных воздействий не приходится.

В очищении воздушной среды от разного рода загрязнений принадлежит атмосферным осадкам. Несмотря на разнообразие типов градовых процессов и технически трудное обслуживание плотной заборной сети было установлено, что 45–80 % введенного в облако реагента вымывается осадками на территории проведения работ по активному воздействию [6, с. 134]. Большой объем противоградовых работ проводился на Северном Кавказе. За период активных воздействий в 1971 г. было определено накопление серебра на единицу поверхности во всех пунктах наблюдения. Полученные данные показывают, что происходит довольно быстрое накопление на подстилающей поверхности реагентов, вводимых в облака. Характер хода накопления для различных полигонов идентичен. К концу сезона противоградовых работ накопление серебра составляет 0,8 г/км^2 . Хотя в работах по исследованию влияния соединений серебра на экологические системы заметного вредного действия не было установлено, авторы отмечают, что присутствие серебра в почве оказывает угнетающее действие на растения [7, с. 98].

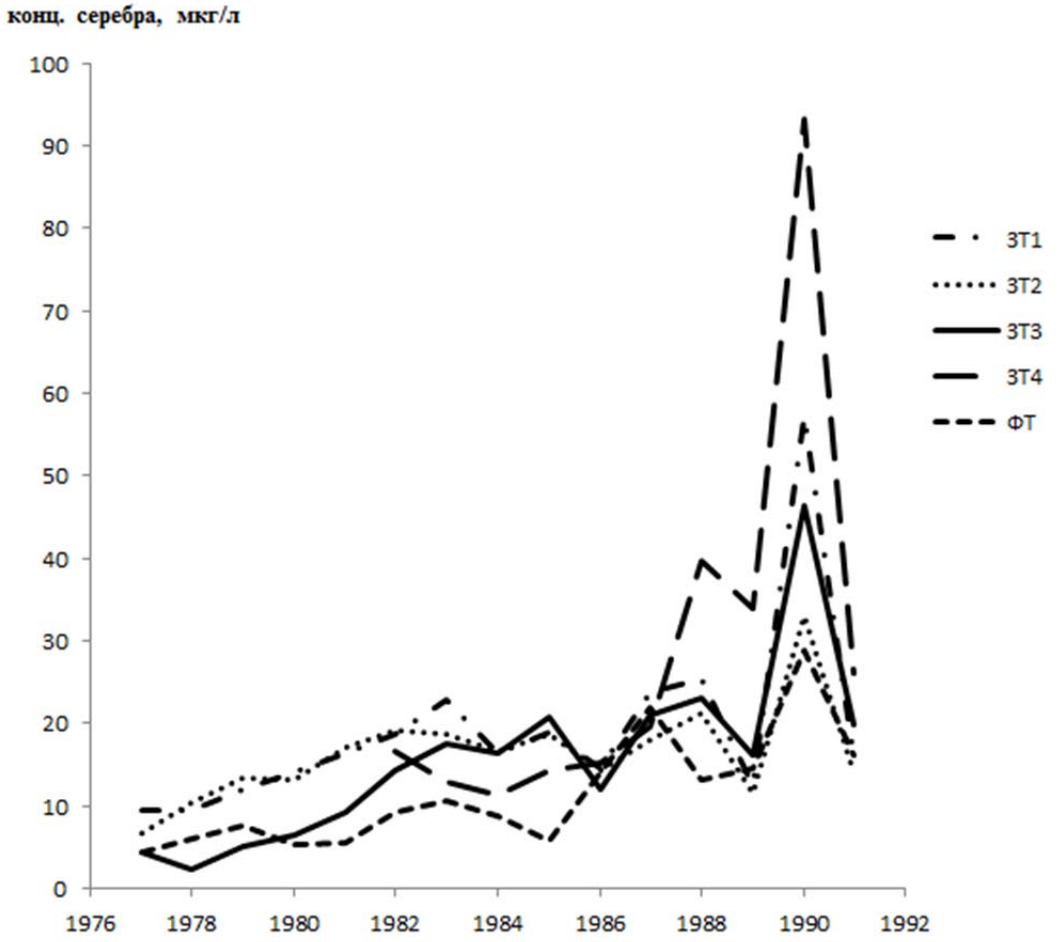


Рис. 1. Динамика накопления концентраций серебра в водоемах территорий, где проводились активные воздействия в сравнении с фоновой территорией

Ежегодно в мире в результате активных воздействий рассеивается несколько тонн реагента, которые выпадают на поверхность земли с атмосферными осадками. Возможная первоначальная концентрация AgI в облаке составляет порядка 10^{-6} г/л, в результате дальнейшего разбавления уменьшается до 10^{-11}–10^{-10} г/л. Максимум распределения спектра аэрозоля, диспергированного в облаке методом взрыва, приходится на частицы диаметром порядка 10^{-5} см [8, с. 345]. Так, аэрозоли антропогенного происхождения, присутствующие в атмосфере, могут внести ощутимый вклад не только, в загрязнение осадков и воздуха, но и повлиять на изменение радиационного баланса атмосферы. Ввиду того, что реагент в облако вводится противоградовыми изделиями, непосредственный контакт человека с аэрозолями в этом случае исключен, и поэтому опасность для человека и животных аэрозоли реагента в момент внесения не представляют. Повышенное внимание к реагентам на основе AgI связано с тем, что это вещество, а также йод, содержащийся в продуктах сгорания пиротехнических смесей, относятся, в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76, ко второму классу опасности, т. е. серебро стоит в одном ряду с мышьяком, свинцом, цианидами и другими ядовитыми веществами, имеющими такой же класс опасности. Йодид серебра практически не растворяется в воде. Однако постоянное присутствие в атмосфере аммиака, соединений цинка, сульфатов приводит к быстрому разложению AgI, вследствие чего в водных средах всегда имеются не связанные ионы серебра и йода. Влияние серебра на природные объекты определяется способностью аккумулироваться в той или иной среде и их токсичностью. Металлы, присутствующие в живых организмах, в ничтожно малых количествах играют очень важную роль, так как входят в состав биологически активных веществ, регулируют нормальную жизнедеятельность организмов. Соотношение концентраций

металлов в организмах вырабатывалось на протяжении всего хода эволюции органического мира и незначительное отклонение от этих соотношений вызывает отрицательные, часто губительные, последствия для живых организмов. Сложно оценить токсическое действие относительно невысоких концентраций металлов, оказывающее внешне малозаметное влияние на окружающую среду. Между тем загрязнение именно такого рода, действуя длительное время способно вызвать серьезные сдвиги в существующем в природе биологическом равновесии. Представляется, что экологические нормы не могут быть едиными для любого типа экосистем, а также для любых физико-географических условий. Имеется чрезвычайно важное обстоятельство. Имеющиеся в настоящее время санитарно-гигиенические нормы определяют предельно допустимые для человека концентрации в конкретной среде: атмосферном воздухе, питьевой воде. В этих нормах не учитываются (или учитываются частично) эффекты химического и биологического накопления вредных веществ в недопустимо высоких концентрациях в результате их перехода в другую среду, например из воздуха в воду, из воды в биоту и т. д., также не учитывается их накопление в пищевых цепочках, превращение при миграции в более токсичные формы. Таким образом, если в какой-либо среде концентрация вредного вещества ниже предельно допустимой нормы, то это не означает, что при том же количестве вещества в другой среде его концентрация не будет выше ПДК. Санитарно-гигиенические нормы в их современном виде правомерны главным образом для условий городов, населенных пунктов, мест водопользования, т. е. для тех объектов, в которых вторичные природные процессы являются несущественными. При оценке воздействия вредных веществ на экосистемы оказывается, что именно эти, не имеющие большого значения для санитарно-гигиенического нормирования «вторичные эффекты» приобретают важную, а зачастую и решающую роль. Нередко определяющей оказывается не первоначальная концентрация вредных веществ в какой-либо среде, а их накопление и трансформация в звеньях экосистемы. В результате чего наблюдаются иные концентрации и вторичные продукты с иными токсичными свойствами [9, с. 73].

Малоизученность влияния йодистого серебра на окружающую среду, по-видимому, связано с естественной низкой концентрацией серебра в природе и сравнительно недавно начавшимся антропогенным загрязнением, включающим и работы по активным воздействиям на кучевые облака. Аэрозоли йодистого серебра, обладая непревзойденными льдообразующими свойствами, могут накапливаться в атмосфере и вызывать не планируемые и, что важно, нежелательные изменения, будь то связано с усилением облакообразования или рассеиванием облачности. Здесь прогнозирование является одним из инструментов в процессе принятия окончательного решения, поэтому при заданном варианте хозяйственной деятельности необходимо уметь осуществлять прогнозирование состояния окружающей среды.

Как определять приоритетность действий, когда сталкиваются экологические и экономические интересы? В последние два десятилетия все большее распространение получают работы по защите мегаполисов и других объектов от неблагоприятных погодных явлений, связанных с облаками, такие как рассеяние тумана, снижение интенсивности ливневых осадков и т. д. Человек в XXI в. может многое, наука шагнула далеко вперед, но здесь важно включение фактора будущего и его влияния на управленческие действия по формированию новых тенденций развития страны и науки. Это такое развитие, когда мы детям и внукам передаем нашу страну не в худшем состоянии, чем получили ее от отцов и дедов. Поэтому управление рисками, возникновение структурных кризисов и экологических катастроф – важнейшая задача фундаментальной науки. Речь идет о принятии превентивных мер по предотвращению опасных тенденций. Как показывает опыт, на ликвидацию катастроф уходит средств на порядок больше, чем на их предупреждение. Для обеспечения экологической безопасности нет необходимости ждать будущих прорывов в области технологий. Уже сегодня необходимо начинать действовать, используя те стратегии, научные знания и «зеленые» технологии, которые

имеются в распоряжении. Только используя достижения фундаментальной науки и развивая их, можно решить серьезнейшие экологические проблемы, волнующие все человечество.

Список литературы

1. Лаборатория мониторинга природной среды и климата. Обзор фонового состояния окружающей среды в СССР за 1989 г. М. : Гидрометеоиздат, 1990. 97 с.
2. Распространение и вымывание кристаллизующего реагента при проведении активных воздействий на градовые процессы / И. И. Бурцев [и др.] // Тр. ВГИ. 1982. Вып. 51. С. 140.
3. *Корнеев В. П.* Опыт работ по искусственному вызыванию осадков методами активных воздействий // Сб. докл. Междунар. конф., посвящ. 50-летию начала работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий в Республике Молдова / Спец. служба по активному воздействию на гидрометеорологические процессы РМ. 2014. С. 100.
4. *Воробьева Т. И., Гущина Л. П., Черняк М. М.* Безопасные уровни содержания вредных веществ в окружающей среде // Тр. ВГИ. 1989. Вып. 3. С. 145.
5. *Черняк М. М. [и др.]* // Тр. ВГИ. 1987. Вып. 68. с. 134.
6. *Бурцев И. И., Бурцева Л. В., Воробьева Т. И.* // Тр. ВГИ. 1974. Вып. 25. С. 98.
7. *Гавашели Ш. Г.* Исследование загрязнения воздуха и атмосферных осадков в результате активного воздействия на облака. Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. Л. : Гидрометеоиздат, 1971. 345 с.
8. *Израэль Ю. А.* Экология и контроль состояния природной среды. М. : Гидрометеоиздат, 1984. 73 с.

УДК 504.064

Проблемы выявления загрязнения и оценки качества почв юга Европейской части России

В. В. Дьяченко (v-v-d@mail.ru)[1], Л. Г. Дьяченко (v-v-d@mail.ru)[1]

[1]*Новороссийский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО Кубанский государственный технологический университет, г. Новороссийск*

Аннотация. Статья посвящена научному обоснованию и разработке географически-дифференцированных принципов и показателей оценки состояния почв и определения критических нагрузок для управления качеством окружающей среды и рациональным землепользованием. С этой целью предлагается использовать ландшафтно-геохимический подход к определению региональных нормирующих концентраций химических элементов в почвах, основанный на картографировании и опробовании почв ландшафтов региона. Рассмотрены вопросы интеграции ландшафтно-геохимической информации в систему экологического нормирования, экономического механизма природопользования и методологии использования предлагаемых показателей.

Ключевые слова: почвы, микроэлементы, экологическое нормирование, ландшафт, картографирование, оценка состояния почв, выявление загрязнения, фон, кларк.

Введение

Индустриальное развитие человечества неизбежно приводит к обострению проблем загрязнения окружающей среды ввиду несовершенства ресурсных циклов. В наибольшей степени этому подвержены почвы, как самый консервативный компонент биосферы, активно аккумулирующий загрязнение, и особенно катионы, тяжелые металлы, что приводит к «металлизации» биосферы в широком смысле этого понятия. В дальнейшем почвы становятся вторичным источником загрязнения всей биосферы, особенно при изменении (климатическом, антропогенном и др) физико-химических параметров среды и усилении миграции.

Почвы подвержены загрязнению не только в зоне активного техногенного воздействия, чему есть огромное количество примеров. Повышается фоновое содержание химических элементов в почвах на глобальном уровне, что находит выражение даже в повышении кларков и субкларковых величин [7; 13]. Это приводит к тому, что мы те-

ряем точку отсчета для оценки текущего состояния почв, особенно в тех регионах, где ранее не были проведены региональные ландшафтно-геохимические или почвенно-геохимические исследования с целью установления регионального фона химических элементов в почвах (региональных кларков). Один из вариантов выхода из этой ситуации предложен в работе [17], где в результате анализа кларков, определенных различными авторами, разработана сводная таблица наиболее достоверных кларковых величин по широкому кругу химических элементов. Однако, это сделано для горных пород верхней части континентальной земной коры, поэтому для почв их можно использовать только в качестве глобального репера и с некоторыми оговорками.

Постановка проблемы

Почвы различных физико-географических районов, а уж тем более, различных ландшафтов, весьма существенно отличаются по содержанию большинства химических элементов. Это можно проиллюстрировать на примере юга России. Еще А. П. Виноградов [2], отмечал совершенно отличные условия миграции химических элементов в черноземах, каштановых почвах и сероземах по сравнению с другими зональными почвами, вследствие насыщенности их коллоидами и кальцием, высоким содержанием органических веществ (в черноземах) и щелочностью почвенных растворов. Все это существенно влияет на концентрации микроэлементов. Позже, к аналогичным выводам пришли и специалисты, исследовавшие распределение ограниченного круга микроэлементов в почвах СССР под руководством В. А. Ковды и Н. Г. Зырина [18].

Наши исследования, проводящиеся с конца 70-х годов, подтверждают ярко выраженную геохимическую специфику почв Кавказа и юга России и позволяют охарактеризовать ее количественно. Причем, сомнения в достоверности выводов отрицаются параллельным определением тех же элементов, в то же время и на тех же приборах в горных породах. Так вот содержание микроэлементов в них соответствует кларкам как различных горных пород, так и верхней части земной коры в целом (за исключением отдельных элементов), а в почвах нет. Для повышения объективности выводов были использованы кларки почв и горных порох одних и тех же авторов [4; 7].

Проблемы санитарно-гигиенического нормирования микроэлементов в почвах

Геохимическое своеобразие почв юга России проявляется не только при сравнении с кларками. Еще в большей степени оно становится очевидным при использовании для оценки их состояния экологических нормативов (ПДК и ОДК). Так вот почвы всех 124 ландшафтов Северного Кавказа удовлетворяют требованиям нормативов только по фоновому содержанию As, Cd и Co. По уровню фонового содержания Ni, Zn и Cu такие ландшафты практически отсутствуют. Для Sn, Cr, Pb, Mo, V, Mn и Sr ситуация переходная. В итоге, если сравнить почвы региона с экологическими нормативами, то окажется, что для большей части ландшафтов и территории наблюдается их превышение по Ni, Zn, Cu, Mo, Cr, Sn, Pb. Причем, это характерно как для рисовых чеков, садов и виноградников, так и для различных, иногда практически девственных высокогорных лесов и лугов Кавказского биосферного заповедника [5; 6]. Среди элементов, региональные кларки почв которых ниже ПДК только Cd, As, Co,V, Mn, Sr, (табл. 1).

Использование данных экологических нормативов почв делает бессмысленным и высокая геохимическая дифференциация ландшафтов. Среднее содержание Li в почвах различных ландшафтов только Северного Кавказа отличается в 1,6 раза; Y в 1,7 раза; V, Ti, Sn в 1,9 раза; Nb в 2,0 раза; Yb, Co, Ga, Zr в 2,1 раза; Sc, в 2,2 раза; Be в 2,4 раза; Ge в 2,5 раза; Ba, Ni в 2,8 раза; Pb в 3,0 раза; Zn, Ag в 3,2 раза; W в 3,6 раза; Cr в 3,7 раза; Mn в 4,7 раза; P в 4,9 раза; Sr в 5,9 раза; Mo в 6,1 раза; Cu в 7,1 раза [4]. Интервал колебаний фоновых содержаний широк настолько, что концентрации, нормальные для одних ландшафтов, могут быть аномально высоки для других и катастрофически велики (или низки) для третьих. В результате, в первом случае, ориентируясь на ПДК мож-

но не обратить внимания на масштабное загрязнение или не заметить негативных процессов в природопользовании, а во втором – предъявить претензии к субъекту землепользования при фактическом отсутствии нанесенного ущерба. В итоге, регионы или ландшафты с повышенным естественным фоном автоматически переходят в разряд «загрязненных», а почвы с пониженным фоном даже при загрязнении и повышении содержаний в 2–3 раза остаются формально «чистыми». И, чем больше изучаемая территория и разнообразней ее природные и техногенные особенности, чем больше различных ландшафтов и шире перечень рассматриваемых химических элементов, тем чаще встречаются такие факты. Это относится как к валовому содержанию тяжелых металлов, так и к их подвижным (водорастворимой, ацетатно-аммонийной и кислотной) формам, экологический контроль за которыми представляется еще более важным [8; 9].

Таблица 1

Распределение геохимических ландшафтов Северного Кавказа по группам в зависимости от соответствия почв экологическим нормативам

Элемент	Типы ландшафтов	Количество ландшафтов		Количество ландшафтов достигших	
		Соответствующих нормативам	Не соответствующих нормативам (ПДК, ОДК)	ОДК 2	ОДК 3
Ni	Природные	-	46	31	1
	Антропогенные	-	78	66	-
Zn	Природные	-	46	22	-
	Антропогенные	-	78	35	-
Cu	Природные	-	46	-	-
	Антропогенные	1	77	5	3
Sn	Природные	2	44		
	Антропогенные	4	74		
Cr	Природные	13	33		
	Антропогенные	9	69		
Pb	Природные	19	27	-	-
	Антропогенные	30	48	-	-
Mo	Природные	44	2		
	Антропогенные	68	10		
V	Природные	42	4		
	Антропогенные	72	6		
Mn	Природные	45	1		
	Антропогенные	77	1		
Sr	Природные	45	1		
	Антропогенные	77	1		
Co	Природные	48	-		
	Антропогенные	76	-		
Cd	Природные	48	-	-	-
	Антропогенные	76	-	-	-
As	Природные	48	-	-	-
	Антропогенные	76	-	-	-

Экосистемные принципы экологического нормирования

Все это следствие того, что различные ландшафты характеризуются своим средним содержанием химических элементов, соответствующим комплексу внешних факторов миграции и своим уровнем аномальности. По мнению В. В. Добровольского, установление для почв всех ландшафтов одного универсального уровня концентрации химического элемента, превышение, которого будет свидетельствовать о загрязнении с научной точки зрения несостоятельно [3]. Каждый ландшафт имеет определенную, присущую только ему радиальную и латеральную структуру и характер взаимодействия между подсистемами. Поэтому ландшафты, отличающиеся растительным покровом и видом природопользования, химизмом почвенных растворов и интенсивностью

аэральной миграции, особенностями рельефа и геологическим строением (или хотя бы одним из этих факторов), закономерно отличаются концентрациями и соотношениями химических элементов в почвах, растениях, грунтовых водах, а также ассимиляционным потенциалом и реакцией на внешнее воздействие [8].

Все вышесказанное приводит к выводу о несовершенстве современных методов оценки состояния почв. И, если тезис о геохимическом своеобразии почв может быть менее применим к другим регионам России (?), то ландшафтно-геохимическая дифференциация почв не может подвергаться сомнению. Она обоснована многими почвенно-геохимическими работами. Игнорирование естественной региональной и ландшафтной дифференциации геохимического фона почв приводит к тому, что количественная оценка их состояния становится недостоверной, а решения о затратах на их охрану (восстановление) или штрафных санкциях к «виновникам» загрязнения – необоснованными [14]. Использующиеся, до настоящего времени в качестве основного нормативного показателя состояния почв – ПДК разработаны для ограниченного количества химических элементов и веществ, имеют массу недостатков и дискредитированы не столько необоснованностью этих величин или методикой определения, сколько сильно расширившейся сферой применения, на которую они не были рассчитаны. Ведь ПДК характеризуют не почву (воду) или ее состояние, а, очень приближенно, степень токсичности концентраций содержащихся в них химических элементов для живых организмов и, даже, без учета формы нахождения.

Исправлению данной ситуации посвящены многие работы, а предлагаемые механизмы нацелены на решение различных задач – определение токсичности для людей, интенсивности перехода из почв в живые организмы, оценку потенциала накопления или самоочищения ландшафтов, установление критических нагрузок и др. При этом в качестве ключевых параметров используются pH почвенных растворов, грансостав почв, концентрация микроэлементов в подвижной форме и тд. Однако многочисленность и специфичность этих методов значительно усложняют оценку состояния почв и не позволяют решить главную задачу – произвести экосистемную оценку почв, определить степень соответствия уровня концентраций химических элементов имеющемуся комплексу природных и техногенных условий и критичность отклонения от фоновых величин. В связи с этим, следует вспомнить определение понятия загрязнения данное ООН, согласно которому – это экзогенные химические вещества, встречающиеся в ненадлежащем месте, в ненадлежащее время и в ненадлежащем количестве. Заметим, что вопрос экзогенности подчас решить невозможно, но в целом данное определение имеет ярко выраженное экосистемное звучание и предполагает универсальный подход к выявлению загрязнения без универсальных, однозначных величин.

Все изложенное приводит к выводу о необходимости разработки сравнительно простых методов оценки состояния почв, выявления загрязнения, основанных на учете природной геохимической дифференциации региона и введение иерархической системы [12; 15; 20]. В ней, при сохранении федеральных санитарно-гигиенических показателей, место региональных и локальных (что предусмотрено законом об охране окружающей среды) будут занимать параметры фонового и аномального распределения химических элементов в почвах, определенные для каждого значимого ландшафта (группы ландшафтов) на основе ландшафтно-геохимического картографирования и опробования. Интегральной характеристикой, помимо известного Zc, может являться коэффициент индивидуальности – Ки, рассчитанный относительно региональных кларков [7; 11].

Этот коэффициент по смыслу близок известному Zc, но отражает степень отклонения почв каждого ландшафта от регионального фона [14] по концентрации любого количества химических элементов (в нашем случае 25) не только в область повышенных содержаний, но и пониженных, что с точки зрения геохимии ландшафтов и оценки состояния биосферы не менее важно. Поэтому суммарная степень отклонения от регионального фона определяется сложением не только коэффициентов концентраций (Кк),

но и коэффициентов рассеяния (Кр), в случаях, когда Кк меньше единицы, за вычетом количества рассмотренных элементов. Ки изображается в виде дроби, где в числителе приведена сумма Кк, а в знаменателе – Кр. Сумма этих величин характеризует степень геохимического своеобразия ландшафта – Ки. При повышенной роли в формировании Кк или Кр какого-либо микроэлемента (Кк или Кр > 1,5), его символ приводится рядом. Использование данного коэффициента [7; 11] показало хорошую взаимосвязь численных значений со степенью техногенного преобразования и природными особенностями (ландшафтообразующими факторами), что позволяет объективно выявить наиболее геохимически своеобразные (трансформированные, загрязненные) и требующие особого внимания ландшафты (части ландшафтов и отдельные точки), как по валовому содержанию химических элементов, так и в подвижной форме.

Ландшафтно-геохимический подход к определению региональных нормирующих концентраций представляет собой гораздо более тонкий и обоснованный метод, позволяющий обнаружить слабоконтрастное загрязнение уже на ранней стадии формирования, более точно определить нанесенный ущерб, значительно расширить перечень контролируемых элементов и оценить динамику их концентраций в различных условиях. Методология геохимии ландшафта основана на взаимосвязи между строением участка земной поверхности его биогенными, абиогенными и техногенными особенностями и содержанием химических элементов и соединений в ландшафте. Поэтому, картографирование геохимических ландшафтов позволяет судить о наиболее вероятном содержании химических элементов в почвах даже не опробованных районов, на основе ландшафтно-геохимического изучения аналогичных [16].

Для определения региональных нормативных величин, необходимо использовать параметры распределения (среднее, коэффициент вариации, дисперсию, критерии аномальности и др.) химических элементов в почвах, установленные для каждого ландшафта (или группы ландшафтов) в отдельности на основе опробования конкретного региона. Применять результаты статистической обработки опробования почв, проведенной на ландшафтно-геохимической основе в качестве нормирующих величин можно при соблюдении следующих условий [7; 8].

1. Для получения объективных данных и снижения вероятности влияния на результаты расчетов местных, локальных факторов площадь опробования должна быть достаточно большой (примерно соответствующей площади субъектов Российский Федерации), а масштаб картографирования и плотность опробования могут изменяться в зависимости от природного разнообразия и техногенной нагрузки, рекреационной значимости и размеров административной единицы. Поэтому, в Адыгее целесообразно проведение работ в масштабе 1:100 000, а в Тюменской области 1:1 000 000 (что не исключает возможности сгущения сети наблюдений в отдельных районах). Но базовым масштабом картографирования, на основе которого может быть осуществлено сопоставление и стыковка соседних территорий, формирование единой базы данных, обмен результатами опробования аналогичных ландшафтов в сопредельных территориях, как показывает опыт, должен быть 1:500 000 или 1:1 000 000.

2. Каждый ландшафт должен быть опробован равномерно на всей площади распространения в рассматриваемом регионе и, по возможности, в каждом контуре.

3. Количество проб в каждом ландшафте должно быть более 30.

4. Статистические параметры естественного и аномального распределения тяжелых металлов в почвах должны быть рассчитаны на основе проб собранных не за короткий период опробования – месяц или даже год (может быть специфический по экологическим и климатическим особенностям), а в течение более, менее длительного периода (от трех лет).

5. В процессе проведения опробования и аналитических работ должны быть обеспечены стабильное лабораторное сопровождение, подготовка проб (желательно в

одной уполномоченной лаборатории при обязательном внешнем контроле) и стандартный пробоотбор.

6. Необходимо создать хранилище проб и стандартный образец, для предотвращения лабораторного «дрейфа», повышения достоверности анализов и результатов мониторинга.

7. Ввиду особой важности для оценки токсичности тяжелых металлов их концентраций в подвижной форме необходимо установление ее доли в валовом содержании (на фоновых участках) и определение тех же статистических параметров распределения. Не надо бояться большой дисперсии (хотя надо с ней бороться). Это неотъемлимое свойство подвижных форм. Тем более что, сезонный и межгодовой мониторинг показывают, устойчивость уровня концентраций для одной и той же точки опробования [7; 9].

Технологии использования показателей экосистемного нормирования

Методологической основой использования предлагаемых показателей является идентификация ландшафтно-геохимических особенностей рассматриваемого участка с его региональными аналогами и сравнение показателей его экологического состояния с нормированными характеристиками. При проведении мониторинга больших территорий для комплексной оценки, целесообразно использовать принципы, предложенные В. В. Добровольским [3]. При мониторинге небольших участков или точечном опробовании в случае отклонения параметров определенных в контрольных пробах от фонового значения, дальнейший порядок действий зависит от степени отклонения концентрации в контрольной пробе от нормы (фона), для чего можно использовать несколько уровней аномальности, – Ca_9, Ca_2, Ca_1. Эти величины широко используются в геохимии [1; 21], биологии, экологии и других науках для вероятностной оценки рассеяния значений вокруг среднего.

Величина Ca_9 называется минимально-аномальным значением и определяется по формуле – $Ca_9 = X + S$ (где X-среднее значение, а S-среднеквадратичное отклонение) при нормальном законе распределения и по формуле – $Ca_9 = Сф*E$ (где Сф – фоновое значение, а E – безразмерная величина, равная antlg(S)) при логнормальном распределении. Ca_2 рассчитывается для двух коррелирующих проб и определяется по формулам – $Ca_2 = X + 2S$ и $Ca_2 = Сф*E^2$. Соответственно Ca_1 рассчитывается для единичной пробы по формулам – $Ca_1 = X + 3S$ и $Ca_1 = Сф*E^3$.

Таким образом, значение Ca_1 характеризует самый высокий уровень аномальности. Иначе говоря, повышенную концентрацию химического элемента в пробе, которая требует особого внимания. Значение Ca_9 – самое низкое содержание, начиная с которого проба может считаться аномальной, но статистически достоверной только при наличии рядом еще восьми проб с таким уровнем концентрации, либо меньшего количества проб, но с более высоким уровнем аномальности – Ca_1 или Ca_2. В принципе можно рассчитать аномальные значения и для восьми коррелирующихся проб и для семи и т. д. Они будут несколько выше Ca_9, но ниже Ca_2. Иногда, особенно при использовании результатов полуколичественного спектрального анализа, это позволяет выделить аномалии при небольшом количестве проб и невысоком уровне аномальности. Данные параметры можно использовать и при выявлении аномально низких содержаний химических элементов в почвах.

Для примера использования этих значений в качестве нормативных можно привести следующий порядок их применения. Обнаружение хотя бы в одной пробе концентраций равных или превышающих величину Ca_1, должно повлечь повторный анализ, а при подтверждении – работы (за счет землепользователя или виновника загрязнения) по установлению причин, масштабов нанесенного ущерба, применение санкций и т. д. (иногда и рекультивации земель).

Концентрации, равные или превышающие величину Ca_2, характеризуют среднюю степень отклонения от фона. И служат основанием для принятия тех же мер, в случае если таких проб на рассматриваемом участке не менее 2–3.

Наконец, обнаружение в контрольных пробах концентраций равных или превышающих величину Ca_9 может служить основанием для установления нанесенного ущерба и применения санкций в случае, если таких проб не менее 9 или меньшее количество, когда есть пробы более высокого уровня аномальности (Ca_8, Ca_7, Ca_6 и т. д.).

Кроме того, в случае обнаружения контрастных аномалий одного или нескольких химических элементов, необходимо произвести анализы на большее количество элементов (до 40–50), и в дальнейшем от экспрессных сравнительно дешевых методов анализа перейти на более точные, результаты которых могут быть использованы в суде или арбитражных спорах. После установления перечня химических элементов, концентрации которых превышают допустимые для этого ландшафта значения, следует определить долю содержания этих элементов в подвижной форме, т. е. оценить токсичность.

В случае если результаты контрольного обследования и опробования выявили аномальные пробы, но их характеристика и уровень контрастности не соответствуют вышеприведенным, можно ограничиться штрафом, составлением протокола, указанием на несоблюдение санитарно-гигиенических норм и технологий или другими мерами, в зависимости от масштабов ущерба и токсичности агентов загрязнения.

Процедуры обследования земель необходимо проводить не только при регулярном мониторинге или в чрезвычайных ситуациях, но и всякий раз при смене владельца земли или землепользователя. В результате за счет средств субъектов землепользования, будет фиксироваться состояние земель, пополняться кадастр и определяться качество землепользования, что значительно повысит меру ответственности при эксплуатации природных ресурсов.

Предлагаемая методика позволит поставить на научную основу и оценку состояния городских почв. Определив по карте геохимических ландшафтов место нахождения населенного пункта и конкретный ландшафт (или несколько) в пределах (или на месте) которого он находится, можно использовать параметры распределения химических элементов полученные на основе результатов его опробования вне города в качестве фона. Это значительно объективней, чем предлагающееся некоторыми авторами определение фона на основе опробования почв на удалении 50–70 км от города. Использование регионального фона позволит воплотить и разработки по экологическому нормированию, в которых, в качестве санитарно-гигиенического норматива предлагается использовать степень превышения концентраций микроэлементов в почвах над фоном. Поскольку в настоящее время природоохранные органы, такими величинами, как правило, не располагают.

Таким образом, ландшафтно-геохимический подход к определению региональных и локальных нормирующих показателей дает методологическую основу для разработки качественных и количественных экологических нормативов и процедур для экологической оценки состояния почв, а также районирования территорий для экологического нормирования. Его применение позволяет обнаруживать слабоконтрастное загрязнение уже на ранней стадии формирования, задолго до достижения критически нормированных величин, более точно определять нанесенный ущерб и в сравнительно короткие сроки значительно расширить перечень контролируемых элементов (ПДК и ОДК в почвах утверждены только для 8 элементов по валу и 5 элементов в подвижной форме).

Следует особо подчеркнуть, что предлагаемая методика в основном нацелена на экосистемное нормирование и только в этом может заменить ПДК. Для оценки же токсичности концентраций химических элементов, установления санитарно-гигиенических и транслокационных характеристик, возможно использование других подходов. Например, исходя из транслокационного аспекта основным критерием загрязнения

почв агроландшафтов является качество выращиваемой на них продукции, которое в свою очередь, оценивается в соответствии с существующими ПДК для растений. Поэтому, ПДК для почв сельхозугодий следует разрабатывать с учетом не только региональных особенностей почв, но и выращиваемых культур [7; 10].

Заключение

Экономический механизм применения географически-дифференцированных принципов и показателей оценки состояния почв может быть и другим. Исходя из практики использования экологических нормативов необходимо продумать использование географически адекватной эколого-экономической системы и конкретных показателей с целью мониторинга земель, определения качества землепользования, степени загрязнения почв для установления обоснованных платежей, исчисления штрафных санкций за нерациональное использование природных ресурсов и оценки кадастровой стоимости земельных участков, внедрения в широкую практику их экологических паспортов. Регионально дифференцированные показатели необходимы федеральным и муниципальным уровням исполнительной власти для оптимизации управления природопользованием, а также обеспечения благоприятного уровня состояния окружающей среды, в т. ч. уникальных рекреационных территорий, и, как следствие, привлечения инвестиций в область туризма. Установление новых эколого-экономических принципов управления природопользованием позволит усовершенствовать систему определения платежей в землепользовании, объективно оценивать ущерб, нанесенный почвам (с учетом геохимических особенностей географической дифференциации региона) и укрепить нормативно-правовые аспекты применения экономических расчетов. Таким образом, может быть создан более тонкий, географически обоснованный механизм контроля состояния и управления качеством земельных ресурсов и окружающей среды, который имеет как прикладное, так и фундаментальное значение для экономики природопользования в регионах России.

Список литературы

1. *Алексеенко В. А.* Экологическая геохимия. М. : Логос, 2000. 310 с.
2. *Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М. : Изд-во АН СССР, 1957. 203 с.
3. *Добровольский В. В.* Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639–645.
4. *Дьяченко В. В.* Основные закономерности формирования геохимического спектра почв Северного Кавказа // Изв. вузов. Сев.-Кавказ. регион. Естеств. науки. 2001. № 3. С. 86–88.
5. *Дьяченко В. В.* Разработка региональных и локальных показателей состояния почв для экологического нормирования на ландшафтно-геохимической основе // Экол. системы и приборы. 2001. № 8. С 3–6.
6. *Дьяченко В. В.* Определение региональных нормирующих содержаний химических элементов в почвах на ландшафтно-геохимической основе // Изв. вузов. Сев.-Кавказ. регион. Естеств. науки. 2001. № 4. С 109–112.
7. *Дьяченко В. В.* Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону. 2004. 268 с.
8. *Дьяченко В. В., Дьяченко Л. Г., Девисилов В. А.* Науки о Земле : учеб. пособие. М. : Кнорус, 2010. 302 с.
9. *Дьяченко В. В., Дьяченко Л. Г.* Подвижные формы микроэлементов в почвах Западного Кавказа и Предкавказья // Геохимия ландшафтов (к 100-летию А. И. Перельмана) : докл. Всерос. науч. конф. Москва, 18–20 окт. 2016 г. М. : Геогр. факультет МГУ, 2016.
10. *Дьяченко В. В., Казаров О. М., Лаганин С. В.* Сельское хозяйство Краснодарского края как фактор экологической опасности в регионе // Безопасность жизнедеятельности. 2003. № 9. С 8–11.
11. *Дьяченко В. В., Ляшенко Е. А., Малыхин Ю. А.* Экосистемные принципы интегральной геоэкологической оценки селитебных и рекреационных ландшафтов // Научные чтения, посвященные 100-летию со дня рождения академика В. Б. Сочавы. Иркутск, 2005. С. 136–139.
12. *Дьяченко В. В., Ляшенко Е. А., Бургонский Д. Ю.* Проблемы эколого-геохимического нормирования почв юга России // Безопасность в техносфере. 2008. № 6. С. 28–36.
13. *Дьяченко В. В., Матасова И. Ю.* Загрязнение и динамика микроэлементов в почвах юга России // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2015. № 4. С. 324–332.

14. *Дьяченко В. В., Матасова И. Ю.* Региональные кларки химических элементов в почвах юга европейской части России // Почвоведение. 2016. № 10. С. 1159–1166.
15. *Заславский Е. М., Заславская Т. А.* Система управления качеством окружающей среды. Основные принципы // Экологические системы и приборы. 2000. № 9. С. 10–14.
16. Карта геохимических ландшафтов Кабардино-Балкарской АССР и Северо-Осетинской АССР / *В. А. Алексеенко* [и др.] ; под ред. А. И. Перельмана. М. : ГУГК при Совете Министров СССР, 1990.
17. *Касимов Н. С., Власов Д. В.* Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестн. Моск. ун-та. География. 2015. № 2. С. 7–17.
18. *Ковда В. А., Зырин Н. Г.* Микроэлементы в почвах Советского Союза. Вып 1. Европейская часть. М. : МГУ, 1973. 283 с.
19. *Малыхин Ю. А., Малыхина А. Г., Дьяченко В. В.* Медико-экологическое исследование урбанизированных территорий // Безопасность в техносфере. 2008. № 3. С. 16–21.
20. Перспективы развития экологического нормирования в Российской Федерации / А. Ю. Опекунов [и др.] // Экология и пром-сть России. 2000. № 6. С. 34–36.
21. *Перельман А. И., Касимов Н. С.* Геохимия ландшафта. М. : Астрея-2000, 1999. 768 с.

УДК 631.8:504.064.36

Использование тест-культур Daphnia Magna и Paramecium Caudatum для оценки качества среды обитания для растений салата при их некорневой обработке разными препаратами в замкнутой системе фитотрона ИСР-1

В. Н Зеленков (zelenkov-raen@mail.ru) [1,2,3], В. Н. Петриченко (vnpetrich@yandex.ru) [1], А. И. Попов (paihumic@gmail.com)[4], М. Ю. Волков (mik-vik@yandex.ru)[5], В. В. Латушкин (slavalat@yandex.ru)[3], М. И. Иванова (ivanova_170@mail.ru)[2], Л. Г. Елисеева (eliseeva-reu@mail.ru)[6], И. Б. Леонова (ibleonova@yandex.ru) [6], Я. Ю. Паршина (yyparshina@yandex.ru) [6], В. П. Барышок (baryvik@yandex.ru)[7], В. В. Потапов (vadim_p@inbox.ru)[8]

[1]АНО «Институт стратегий развития», г. Москва; [2]Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО), Московская область, Раменский район, д. Верея; [3]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва; [4] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт–Петербург; [5]ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии», г. Москва; [6]ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», г. Москва; [7]ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,г. Иркутск; [8]ФГБУН Научно-исследовательский геотехнологический центр, г. Петропавловск-Камчатский

Аннотация. Некорневая обработка растений салата препаратами и регуляторами роста растений разного происхождения оказывает многостороннее положительное влияние на продуктивность и качество выращенной продукции (рост урожайности, содержания витаминов группы В, аскорбиновой кислоты, сухих веществ, рост антиоксидантной активности, снижение накопление нитратов и токсичного элемента свинца). Происходит активизация физиологических функций растений, в листьях значительно повышается содержание хлорофилла «а» и хлорофилла «б». При биотестировании продукции, выращенной с использованием кремнийсодержащих препаратов, установлено стимулирующее влияние на рост и размножение дафний и парамеций, т. е. создается иная, более качественная среда для обитания дафний и парамеций, приводящая к сильному стимулирующему эффекту. В то же время некорневая обработка многокомпонентным биопрепаратом ГлАуксин не вызывала заметных изменений в размножении тест-объектов, хотя урожайность растений увеличилась на 20,7 % и качество продукции повысилось.

Ключевые слова: некорневая подкормка, биотестирование, регуляторы роста, фитотрон, замкнутая система, салат листовой, кремнийорганические соединения, гуминовые вещества

В последние десятилетия XX и в XXI в. с ростом научно-технического прогресса меняются социально-экономические условия, продолжается деградация природных систем, обеспечивающих возможность самого существования человека. В результате в современных условиях продукты питания часто загрязнены различного рода ксенобиотиками, вследствие чего нарушается природная безопасность пищи, провоцируются возникновение и развитие ряда хронических заболеваний и снижение качества жизни человека в целом. Поэтому широкое распространение приобретает направление органического земледелия, позволяющее снизить химическую нагрузку на агроэкосистемы и уменьшить загрязнение окружающей среды [1].

В рамках традиционных промышленных агротехнологий разрабатываются приемы и способы безопасного для окружающей среды и человека ведения сельскохозяйственного производства. Одним из наиболее перспективных и малозатратных направлений является некорневая обработка вегетирующих растений некоторыми биологически активными препаратами, в частности, кремнийорганическими [23; 24], гуминовыми веществами [21; 22], а также комплексными биопрепаратами [3; 31]. Несмотря на кажущуюся простоту метода, такие обработки вызывают существенную перестройку метаболических процессов в растениях и, как следствие, повышение стрессоустойчивости, урожайности и качества продукции при снижении химической нагрузки. Особое значение листовая подкормка имеет в случаях, когда в почве наблюдается низкий уровень питательных веществ, верхний слой почвы сухой, и корневая активность в течение репродуктивного периода уменьшается [18]. Некорневые обработки как экспресс – метод применим в разных системах земледелия и растениеводства, в том числе органических и традиционных.

При оценке воздействия ксенобиотиков на растения и окружающую среду в целом мы сталкиваемся с методологическими трудностями. Традиционные методы не позволяют оценить комбинированное влияние двух или более ксенобиотиков на организм человека. В этой связи особое значение приобретает поиск надежных методов определения суммарной биологической токсичности [16]. Перспективным в этой связи является использование методов биотестирования с помощью тест – объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие именно вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов [2; 20]. Метод биотестирования получил распространение в области оценки токсичности кормов для сельскохозяйственных животных и рыб [9], для оценки загрязнения водных сред [25; 28] и др. В последние годы биотестирование используется в связи с внедрением нанотехнологий и нанопродуктов [19; 29].

В литературе в настоящий момент недостаточно данных по комплексной оценке урожайности и качества продукции с учетом химического состава и биотестирования.

Поэтому целью настоящей работы являлось изучение влияния некорневых обработок биопрепаратами и регуляторами роста растений на продуктивность и качество продукции салата листового с тестированием выращенной продукции в условиях замкнутых объемов фитотрона на биообъектах при введении в среду их обитания растительный компонент продукции салата выращенного при обработке различными препаратами.

Материалы и методы

Изучение влияния некорневой обработки биопрепаратами проводили на растениях салата листового в условиях гидропонной культуры на субстрате из минеральной ваты в фитотроне ИСР-1 конструкции АНО «Института стратегий развития» в РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Фитотрон ИСР-1 представляет собой закрытую камеру высотой 1800 мм., длиной 1000 мм, шириной 500 мм. Растения расположены в три яруса: размеры полок 920 мм*350 мм. Фитотрон оборудован таймером с возможностью задавать время включения/выключения освещения и вентиляции с интервалом 15 мин, системой капельного полива и программатором. Система освещения состоит из светодиодных светильников Рубин 75 компании KTL (красные и синие светодиодыи люминесцентных светильников по 30 Вт (с возможностью отключения) с цветовой температурой 6500 К. Суммарный спектр освещения определен на спектрометре PG 100 N компания UPRtek, Тайвань. Интенсивность облучения (плотность потока фотонов) составила порядка 132 мкмоль/м^2*с, из них на красную область света приходится 87 мкмоль/м^2*с, на синюю 27,2, на зеленую 18 мкмоль/м^2*с.

В качестве объекта исследований использовался салат листовой (Lactuca sativa L.) сорта Балет (селекции ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» и ФГОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»). Сорт включен в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» [4].

Условия выращивания растений: гидропонная культура, субстрат – минеральная вата. Использовались блоки минеральной ваты компании «Агрос», длина блока 33 см, ширина 10 см, высота 7,5 см. В одном блоке 4 посадочных места. Технология выращивания общепринятая, использовался питательный раствор для салатных линий, разработанный компанией «Rijk Zwaan» (Нидерланды) [27].

Обработка растений салата биопрепаратами и регуляторами роста растений проведена однократно на 15 день после появления всходов методом некорневой подкормки. Изучались три группы препаратов различного происхождения:

1. Кремнийсодержащие препараты различного состава: продукты органического синтеза Энергия М и этоксилатран+крезацин (далее ЭС) и природный гидротермальный нанокремнезем+крезацин (далее ГНК). В составе всех препаратов имеется фитогормон крезацин, усиливающий действие основного компонента за счет синергического эффекта [4; 13; 23; 24].

2. Питательный препарат «Нива», содержащий гуминовые вещества, микро – и макроэлементы [21; 31].

3. Многокомпонентный биопрепарат «ГлАуксин» (фитоминерал), созданный на основе автолизатов бактерий Pseudomonas aureofaciens ВКПМ В-2883, Bacillus megaterium ВКПМ В-607, Bacillus subtilis ВКПМ В-3679 с добавлением минерала глауконита, микроэлементов, хвойного экстракта, хлорофилло-каротиновой пасты, трилона Б [3].

Использовали следующие дозировки препаратов: Энергия М– 1 капсула (0,5 г) на 10 л. воды, «Нива» – 50 мл/л, ГлАуксин – 5 мл/л, ЭС и ГНК с фитогормоном готовили согласно инструкции изготовителя.

Биотестирование с использованием тест-культуры Daphnia magna проводили следующим образом: вносили салат различной степени измельчения в среду культивирования Daphnia magna, которую готовили смешиваем 50 % исходной среды культивирования (питательной среды) и 50 % подготовленной водопроводной воды. В емкости со 100 мл среды вносили по 5 штук 6–7- дневных особей. Культивировали в стандартных условиях в течении. Во время проведения эксперимента дафний не кормили. Регистрировали активность, характер движения и количество особей. Подсчёт проводили визуально.

Метод биотестирования с использованием тест-культуры Paramecium caudatum: Для этого проводили посев простейших на питательную среду Лозин-Лозинского с добавлением салата исследуемых образов. Порядок выполнения биотестирования с использованием Paramecium caudatum следующий. Вносили в культуру парамеций плотностью 1…2 клетки на 10мкл среды 0,1 % измельченного салата и проводили изучение

возможности развития инфузорий Paramecium caudatum в присутствии салатов. Проводили наблюдение за поведением инфузорий, их состоянием и развитием в присутствии салата. Учитывали изменения поведенческих характеристик и накопление биомассы простейших в присутствии образцов салата, выращенного на различных субстратах и специальным образом обработанного. Осуществляли культивирование культуры в стандартных условиях. Подсчёт осуществляли в 10 мкл среды через 7–14 дней культивирования.

Контроль качества продукции проводили по следующим методикам:

1. *Определение сухих веществ* – высушиванием до постоянной массы по ГОСТ 28561–90 [6].

2. *Определение нитратов* – ионометрическим методом по ГОСТ 29270–95 [7].

3. *Определение витамина С* – титрованием раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия до установления светло-розовой окраски по ГОСТ 24556–89 [8].

4. *Определение витаминов группы В* – методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105» [15]

5. Определение антиоксидантной активности листьев салата – фотоколориметром PHOTOCHEM Analytik Jena AG [14].

6. Определение токсичных элементов кадмия и ртути – инверсионно-вольтамперометрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 51301–99 [10].

8. *Органолептическую оценку выращенной продукции* – по ГОСТ Р.547032011 [11].

9. Определение фотосинтетических пигментов растений – спектрофотометрическим методом по РД 52.24.784-2013 [12; 26] и ГОСТ 17.1.4.02-90 [7].

Результаты и их обсуждение

Для моделирования влияния некорневой обработки проведено сопряженное изучение влияния препаратов трех различных групп на продуктивность растений, содержание фотосинтетических пигментов, биохимический состав и суммарную оценку качества продукции с использованием биотестов, а именно, на физиологические характеристики биообъектов при изменении естественной среды их обитания при внесении в нее различных вариантов салата, выращенного с обработкой препаратами разного происхождения.

Для изучения стимулирующего эффекта некорневой обработки биопрепаратами и регуляторами роста определяли общее состояние растений по 5-балльной шкале, высоту и биомассу растений и урожайность. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние некорневой обработки на урожайность и общее состояние растений салата

№ п п	Вариант	Урожайность, г/м^2	% от контроля	Средняя масса растения (товарная часть), г	Высота растений, см	Средний балл общего состояния растений
1	Контроль (без обработки)	2254,0	100,0	32,2	23,5	3,5
2	Энергия М	2597,0	115,2	37,1	24,8	4,5
3	ЭС с фитогормоном	2373	105,3	33,9	23,5	3,8
4	ГНК с фитогормоном	2849,0	126,4	40,7	25,4	5,0
5	Фитоминерал (глауксин)	2720,7	120,7	38,9	25,0	5,0
6	Питательный препарат «Нива»	2513,0	111,5	35,9	24,0	4,2

Все изученные препараты оказывают стимулирующий эффект на рост и продуктивность растений. После проведения некорневой обработки урожайность растений увеличивалась до 26,4 % по сравнению с контролем. Лучшие результаты по комплексу показателей (общему состоянию растений, биометрическим показателям и урожайности) получены при некорневой обработке составом гидротермального нанокремнезема с фитогормоном и многокомпонентным препаратом глауксмном.

Многостороннее положительное влияние некорневой обработки на физиологическую активность растений подтверждается значительным ростом содержания в листьях салата фотосинтетических пигментов (рис. 1). Активность фотосинтетических пигментов влияет на весь комплекс метаболических процессов, скорость и направленность биохимических процессов в растительных тканях и может служить индикатором физиологического состояния растительного объекта Способность организма реагировать и изменять направленность физиолого-биохимических реакций при изменении условий окружающей среды связана с изменением пигментного комплекса зеленых растений. В оптимальных для растения условиях содержание хлорофилла «а» превышает содержание хлорофилла «в» (соотношение «а»:»в» выше единицы). Нарушение физиологического состояния зеленых растений приводит к уменьшению этого соотношения до значений меньше 1 [17; 30].

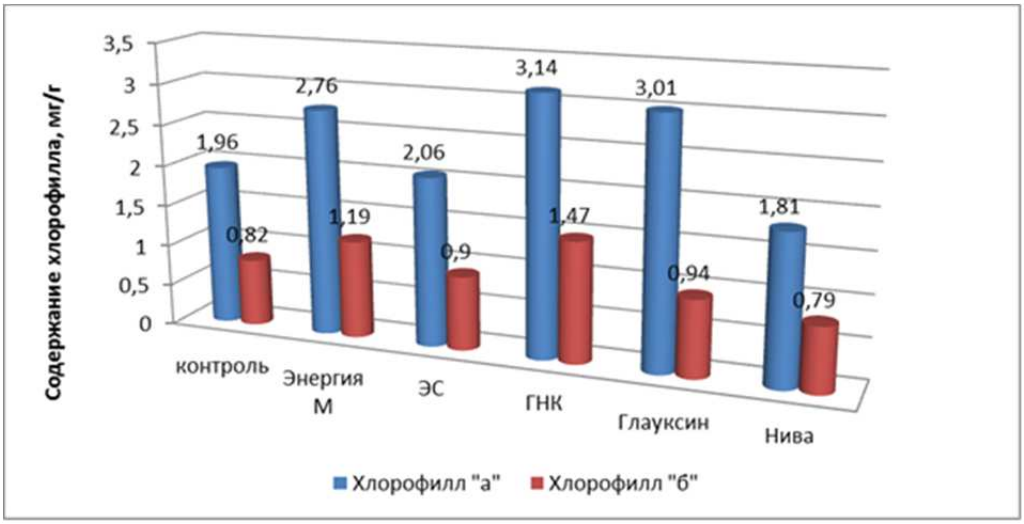


Рис. 1. Содержание хлорофилла «а» и хлорофилла «б» в листьях салата

Для целей настоящего эксперимента представляло интерес оценить, сопровождается ли рост урожайности изменением качества продукции. Оценку качества проводили в два этапа. На первом определялась суммарная токсичность и пищевая безвредность выращенной продукции методом биотестирования с использованием двух тест-культур: Daphnia magna (рис. 2) и Paramecium caudatum (рис. 3). На втором этапе полученные при биотестировании результаты сопоставляли с результатами анализа химического состава, антиоксидантной активности, накопления нитратов и токсичных элементов (свинца).

Результаты эксперимента показали, что обработка растений салата регуляторами роста растений ГНК и Энергия М оказывает наиболее выраженный значительный стимулирующий эффект на рост и размножение дафний, что свидетельствует о пищевой безвредности и высокой пищевой ценности продукции (листьев салата). В меньшей степени проявилось воздействие питательного препарата «Нива» и комплексного препарата «ГлАуксин» на основе метаболитов грибов и минерала глауконита.

Использование тест-культуры (Paramecium caudatum) также показало наличие стимулирующего эффекта изученных препаратов, однако парамеции – менее чувствительный тест-объект, чем дафнии, т. е. различия не проявлялись так отчетливо. Однако, основные закономерности и ранжирование препаратов аналогичны биотесту на дафниях.

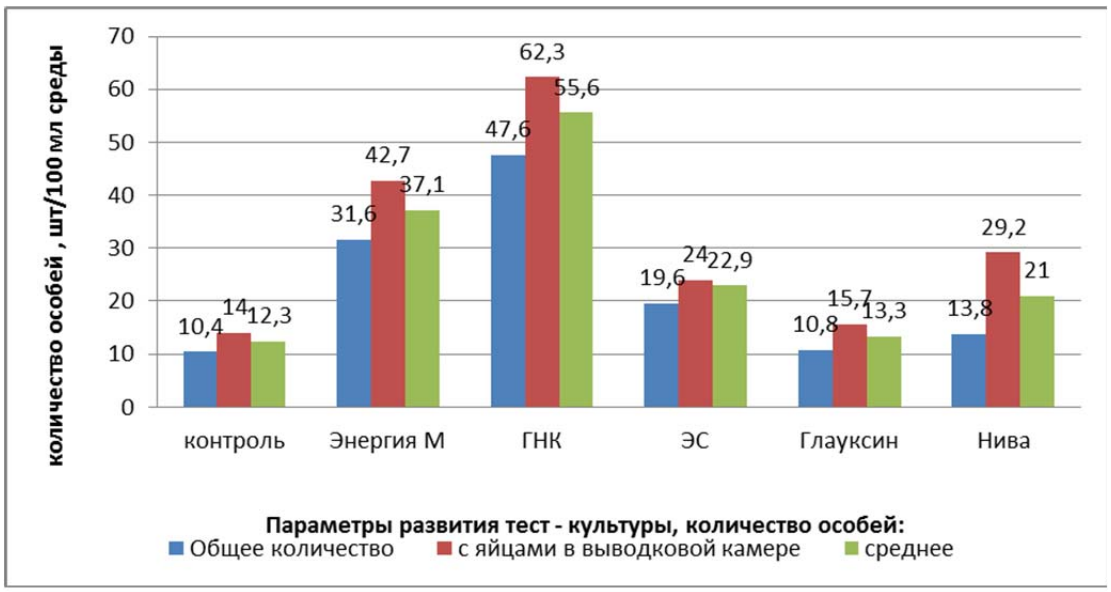


Рис. 2. Влияние обработки листьев салата регуляторами роста растений на развитие тест – культуры Daphnia magna

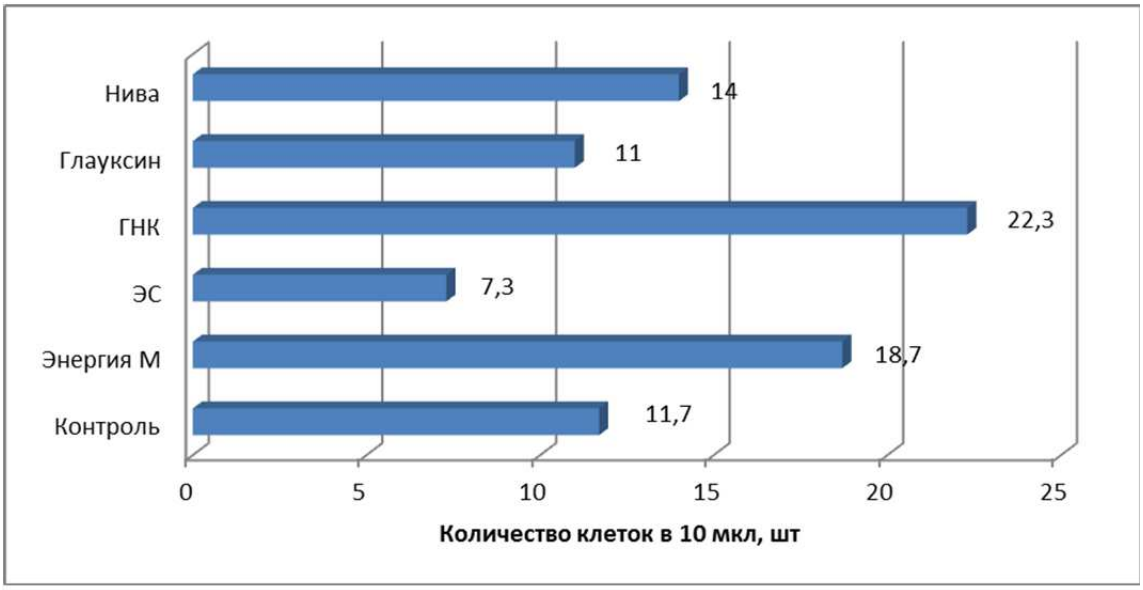


Рис. 3. Влияние обработки листьев салата регуляторами роста растений на развитие тест-культуры Paramecium caudatum

Представляет интерес сопоставить повышение продуктивности растений при некорневой обработке биопрепаратами и изменение жизнеспособности тестовых культур при добавлении в питательную среду листьев салата соответствующих вариантов. При использовании кремнийорганических соединений (Энергия М и ГНК) рост урожайности сопровождался усилением активности размножения дафний и парамеций. В то же время некорневая обработка растений салата многокомпонентным биопрепаратом ГлАуксин не вызывала заметных изменений в размножении тест-объектов, хотя урожайность растений увеличилась на 20,7 %. Очевидно, следует учитывать неоднозначность ответных реакций тест-культур на стрессовые воздействия. Отсутствие угнетения дафний и парамеций при добавлении в питательную среду листьев салата после некорневых подкормок позволяет, по-видимому, сделать заключение о пищевой безвредности и высокой пищевой ценности выращенной продукции. При добавлении листьев салата, обработанных кремнийорганическими соединениями создается иная, более качественная среда для обитания дафний и парамеций. Насколько данная реакция

биотестов может говорить о повышенной биологической ценности листьев салата как пищевого продукта остается до конца неясным и требует дальнейших исследований.

Так как биотестирование является комплексным методом, сложно установить вклад отдельных составляющих в формировании качества продукции. Однако проведенные анализы химического состава и пищевой ценности по нескольким параметрам свидетельствуют, что после обработки кремнийсодержащими препаратами возрастают антиоксидантная активность, содержание сухих веществ, витамина С и, наоборот, снижается накопление токсичного элемента свинца и нитратов (табл. 2).

Одним из существенных эффектов некорневой обработки листьев салата биопрепаратами и регуляторами роста является повышение содержания в продукции витаминов группы В (рис. 4).

Таблица 2

Некоторые показатели качества листьев салата

№ п п	Вариант	Сухие вещества, %	Антиоксидантная активность, нмоль	Нитраты, мг/кг	Свинец, мг/кг	Витамин С, мг/100г
1	Контроль (без обработки)	7,4	27,340	124	0,077	8,95
2	Энергия М	7,7	29,288	112	0,011	7,68
3	ГНК	8,6	31,282	112	0,009	10,24
4	ЭС	8,3	28,758	115	0,047	7,04
5	Фитоминерал (глауксин)	6,4	29,380	124	0,027	9,6
6	Питательный препарат «Нива»	8,1	29,220	126	0,051	8,95

Очевидно, повышение содержания сухих веществ, витаминов и снижение концентрации токсичных элементов могли внести свой вклад в создание благоприятной для дафний среды жизнедеятельности, что отразилось на результатах биотестирования. По ряду параметров данные химического анализа продукции коррелируют с данными биотестирования. Например, при использовании ГНК получены растения с максимальным накоплением полезных веществ и минимальным содержанием токсикантов. При биотестировании ГНК также вызывал максимальный эффект стимуляции жизнедеятельности дафний и парамеций.

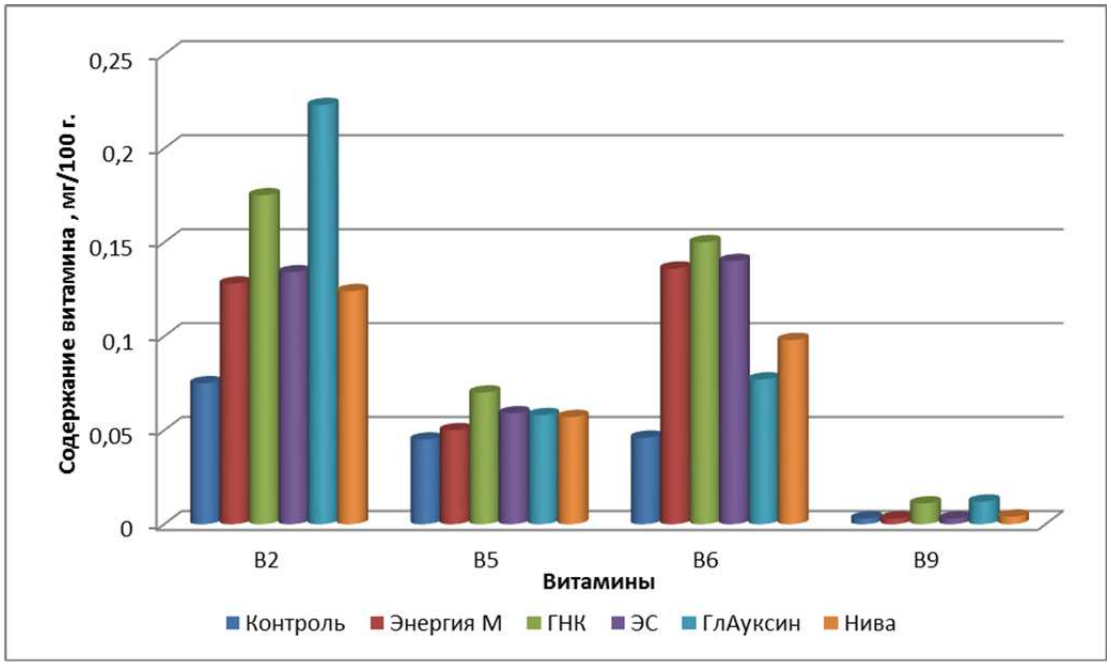


Рис. 4. Содержание витаминов группы В в листьях салата после некорневой обработки разными препаратами

Выводы

Некорневая обработка растений салата биопрепаратами и регуляторами роста растений оказывает положительное влияние на продуктивность и качество выращенной продукции. Урожайность увеличивалась на 5,6–26,4 % , в листьях увеличивается содержание витаминов группы В, аскорбиновой кислоты, сухих веществ, возрастает антиоксидантная активность, снижается накопление нитратов и токсичного элемента свинца.

Повышение продуктивности связана с усилением физиологической активности растений. В частности, значительно возрастает содержание в листьях фотосинтетических пигментов хлорофилл «а» и хлорофилл «б».

Использование метода биотестирования на тест-объектах Daphnia magna и Paramecium caudatum показало высокие уровни пищевой безвредности и качества продукции, выращенной при использовании некорневых подкормок.

При применении кремнийорганических соединений (Энергия М и ГНК) повышение урожайности сопровождалось усилением интенсивности жизнедеятельности и размножения у тест –культур при добавлении листьев салата к культуральной жидкости. Очевидно, создается иная, более качественная среда для обитания дафний и парамеций, приводящая к сильному стимулирующему эффекту. В то же время некорневая обработка многокомпонентным биопрепаратом ГлАуксин не вызывала заметных изменений в размножении тест-объектов, хотя урожайность растений увеличилась на 20,7 % и качество продукции повысилось. Очевидно, следует учитывать неоднозначность ответных реакций тест – культур на стрессовые воздействия.

Список литературы

1. *Борисов В. А., Литвинов С. С.* Перспективы развития органического земледелия в овощеводстве РФ // Сб. науч. тр. РАЕН. 2016. № 3. С. 98–103
2. *Виноходов Д. О.* Научные основы применения инфузорий в биотестировании : автореф. дис. …д-ра биол. наук. СПб, 2007. 46 с.
3. *Волков М. Ю., Разин А. Н., Аникин С. В., Венков Д. А.* Заявка на Патент РФ № 2018113637/10(021432) Биопрепарат для повышения урожайности растений и защиты их от болезней и способ получения, 13.04.2018.
4. *Воронков М. Г.,* Дьяков В. М. Силатраны. Новосибирск : Наука, 1978. 208 с.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (офиц. изд.). М. : Росинформагротех, 2018. 504 с.
6. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. М. : Стандартинформ, 2011. 85 с.
7. ГОСТ 29270-95. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов. М. : Стандартинформ, 2010. 11 с.
8. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003. 10 с.
9. ГОСТ Р 52337-2005. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности.
10. ГОСТ Р 51301-99. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка). М. : Стандартинформ, 2010. 22 с.
11. ГОСТ Р. 547032011. Салат-латук, эндивий кудрявый, эндивий эскариол свежие. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2014. 12 с.
12. ГОСТ 17.1.4.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла «А». М. : ИПК Изд-во стандартов, 1999. 14 с.
13. Извлечение коллоидного кремнезема из гидротермальных растворов мембранными методами / В. В. Потапов, В. Н. Зеленков, В. А. Горбач, В. Н. Кашпура, Г. М. Мин. М. :РАЕН, 2006. 228 с.
14. Инструкция по эксплуатации PHOTOCHEM Analytik Jena AG.
15. *Комарова Н. В., Каменцев Я. С.* Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб. : Веда, 2006. 212 с.
16. *Мелехова О. П.* Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. СПб. : Академия, 2007. 288 с.
17. *Мерзляк М. Н.* Использование спектроскопии отражения в анализе пигментов высших растений // Физиология растений. 2003. Вып. 50. С. 785–792.

18. *Минеев В. Г.* Агрохимия. М. : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2010. 720 с.
19. *Моргалев Ю. Н., Моргалева Т. Г., Григорьев Ю. С.* Методика определения индекса токсичности нанопорошков, изделий из наноматериалов. Нанопокрытий, отходов и осадков сточных вод, содержащих наночастицы, по смертности тест-организма Daphnia magna Straus. МВИ 4-2010. Свидетельство об аттестации № 4-10 от 27.07.2010. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет». Томск, 2010. 34с.
20. *Неверова О. А.,* Еремеева Н. И. Опыт исследования биоиндикаторов в оценке загрязнения окружающей среды. Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2006. 88 с.
21. *Попов А. И.* Гуминовые вещества. Свойства, строение, образование. СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2004. 248 с.
22. *Попов А. И.* Биологическая коррекция продуктивности растений – третий эволюционный шаг // Вестн. РАЕН. 2014. № 6. С. 3- 8.
23. *Потапов В. В., Сивашенко В. А., Зеленков В.* Н. Нанодисперсный диоксид кремния: растениеводство и ветеринария // Наноиндустрия. 2013. Вып. 4. С. 18–25.
24. *Потапов В. В., Сивашенко В. А., Зеленков* Применение нанодисперсного диоксида кремния в сельском хозяйстве // Бутлеров. сообщ. 2015. Т. 43, № 9. С. 40–48.
25. РД 52.24.643-2002. Методические указания «Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». СПб. : Гидрометеоиздат, 2003. 49 с.
26. РД 52.24.784-2013. Массовая концентрация хлорофилла. Методика измерений спектрофотометрическим методом с экстракцией этанолом / М-во природ. ресурсов и экологии.
27. «Райк Цваан». Каталог 2016–2017. Сорта и гибриды овощных культур для открытого и защищенного грунта». М. : Райк Цваан Россия, 2016. 52 с.
28. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов». М. : РЭФИА, НИА – Природа, 2002. 61 с.
29. *Хамидулина Х. Х.,* Давыдова Ю. О. Международные подходы к оценке токсичности и опасности наночастиц и наноматериалов // Токсикол. вестн. 2011. № 6. С. 53–57.
30. *Хит О.* Фотосинтез (Физиологические аспекты). М. : Мир, 1972. 315 с.
31. Экспертное заключение по установлению биологической эффективности агрохимиката. Экстракт гуминовых кислот Нива. М. : Россельхозакадемия, 2013. 12 с.

УДК 550.4.02

К вопросу о нормировании предельно-допустимых концентраций поллютантов

О. Г. Кузнецова (o-g-k@list.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва

Аннотация. Приведены результаты геохимического анализа почв и вод на территории государственного природного заповедника «Присурский» и ландшафтов рядом с городами Шумерля и Вурнары в пределах западного склона Приволжской возвышенности. Полученные данные по тяжелым металлам сравнены с предельно-допустимой концентрацией и с «эталонной» территорией заповедника. Показано, что сравнение с ненарушенными ландшафтами позволяет определить степень загрязнения.

Ключевые слова: геохимия, аквальные ландшафты, тяжелые металлы, поллютанты, «эталонные» ландшафты, Приволжская возвышенность, ГПЗ «Присурский».

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества – это гигиенический норматив, который утверждается постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России. При превышении концентрации поллютантов ПДК подразумевается лимитирующее воздействие на человека, экосистему в целом. Таким образом, сравнивая полученные результаты концентраций поллютантов с ПДК, мы понимаем, насколько условно «чиста» экосистема. Аналогичные результаты, полученные на «эталонных» ландшафтах (испытывающие минимальное антропогенное воздействие) позволяют говорить о степени загрязненности экосистемы, проследить степень нарастания техногенного воздействия.

Нами исследованы две экосистемы: «эталонная» на территории ГПЗ «Присурский» и нарушенная вблизи городов Шумерля и Вурнары в пределах западного склона Сура-Свяжского междуречья Приволжской возвышенности (см. рис. 1).

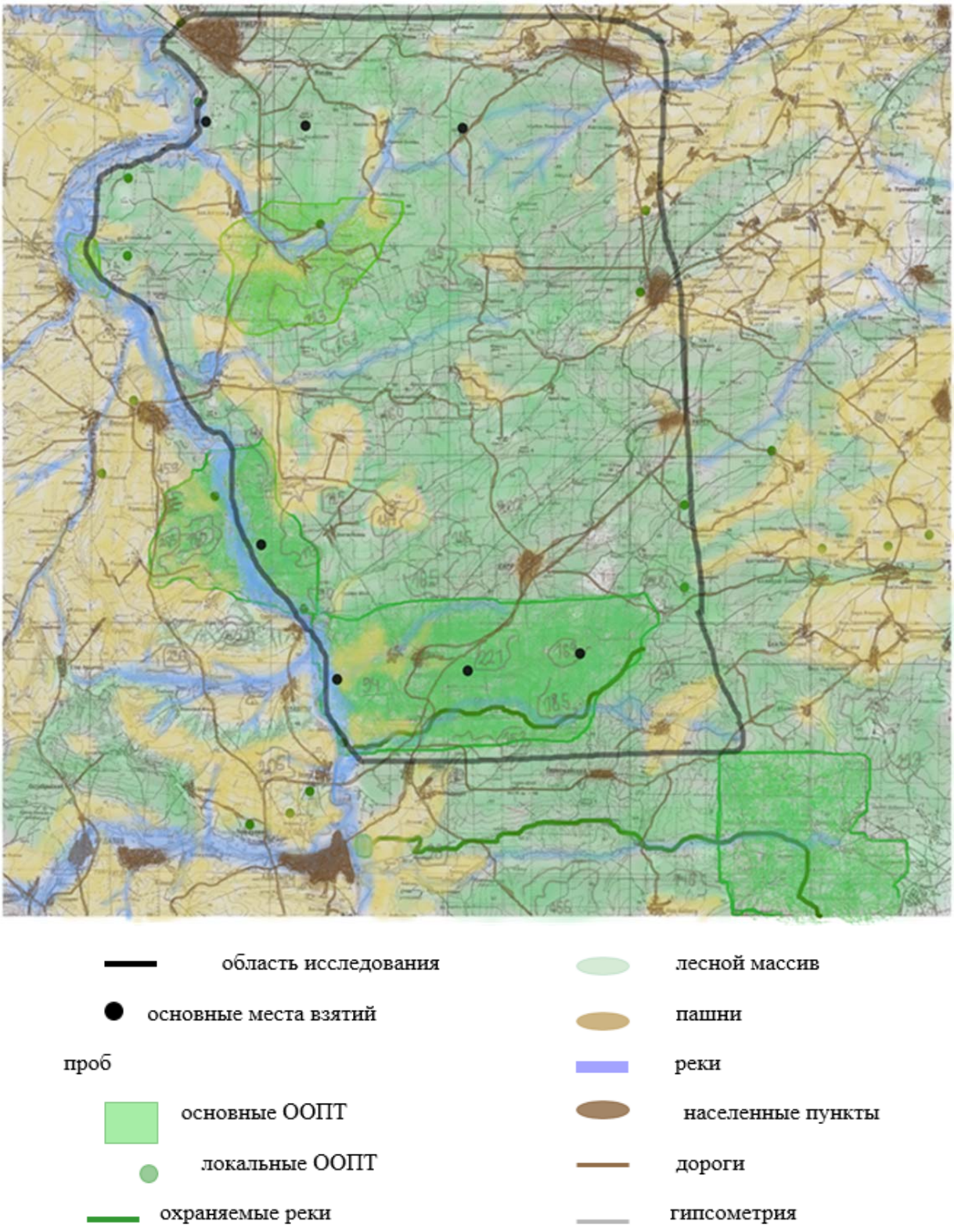


Рис. 1. Карта-схема района исследуемой территории

Исследованные нами виды растительности показали превышение концентраций тяжелых металлов в несколько раз на территории, техногенно-нарушенной, по сравнению с «эталонной» на территории заповедника (табл. 1). Злаки нарушенных ландшафтов содержали марганца в 2,5 раза больше концентрации марганца в злаках заповедника; меди – в 4,5 раза больше; цинка – в 6 раз. Древесные растения нарушенных ландшафтов содержали марганца в 1,5 раза больше; меди – в 2 раза; цинка – одинаковое количество. Таким образов, наблюдается аккумуляция поллютантов в растительности техногенно-нарушенных ландшафтов [3].

Таблица 1

Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в растительности «эталонных» и нарушенных ландшафтов

Тяжелые металлы, мг/кг	«Эталонный» ландшафт	Нарушенные ландшафты
Злак		
Mn	812,05	2869,68
Zn	67,54	395,29
Cu	38,58	171,71
Ива козья (зеленая масса)		
Mn	8718,07	11305,26
Zn	747,50	767,66
Cu	127,44	346,07

Нами исследованы на территории заповедника озера Кулюкары и Щучье. Эти ландшафты мы считаем «эталонными», так как техногенное воздействие здесь минимально (возможен перенос воздушных масс с загрязнённых территорий). Озеро Ургуль находится вблизи города Шумерля и испытывает техногенное воздействие как прямое (использование в качестве зоны рекреации), так и опосредованное (сток поллютантов из города и с находящихся гипсометрически выше полей).

Все пробы воды исследуемой территории не превышали ПДК (табл. 2). Однако пробы воды нарушенных ландшафтов содержали сухой остаток в 2,5 раза превышающий значения «эталонных» ландшафтов; хлоридов в 1,5 раза. Сульфатов больше в 2,6 раза в озерах заповедника. Вероятно, это связано с близким залеганием гипсовых месторождений. Активная реакция среды в озерах с нарушенных ландшафтов – слабокислая (5,6–6,7); озера Ургуль – близка к нейтральной (7,3). Нитратов больше в водах озер заповедника (1,92–1,68 мг/л). Эти показатели в 1,5 раза выше показаний вод озера Ургуль (1,06 мг/л), испытывающим техногенное воздействие [2].

Таким образом, воды нарушенных экосистем содержат большее количество сухого остатка и хлоридов, нежели воды озер заповедника. Однако все они не превышают ПДК. Исходя из этого, нарушенные экосистемы можно считать слабонарушенными

Тяжелые металлы и их соли – в первую очередь промышленные загрязнители [1]. Воды озера Ургуль превышали ПДК по кадмию в 2 раза (табл. 3). Превышение ПДК связано с расположенным гипсометрически выше городом Вурнары, в котором функционирует химический завод «Смесевых препаратов», производящий химические средства защиты растений, минеральные удобрения и продукцию бытовой химии. Также кадмий входит в состав минерального удобрения «Суперфосфат» и фунгицидов, которые вносят в почву расположенных гипсометрически выше полей. Кадмий поступает в воды гидроморфных ландшафтов из расположенных гипсометрически выше рек Вурнарка и Апнерка, в которые сбрасываются недостаточно очищенные сточные воды капитальной жилой и общественной застройки, «Завода смесевых препаратов» и «Завода сухого обезжиренного молока», и других предприятий города Вурнары.

Таблица 2

Сравнительная характеристика гидрохимических свойств «эталонных» и нарушенных экосистем

Наименование анализируемого показателя	Методы испытаний	Ед. изм. Номер пробы	Содержится в пробе								Озеро Ургуль	Допустимый уровень
			1	2	3	4	1	2	3	4		
Место отбора пробы			Озеро Кулюкары				Озеро Щучье					
Сухой остаток	ГОСТ 18164	Мг/л	95	93	95	95	95	98	92	95	254,8	1000
Хлориды	ГОСТ 4245	Мг/л	4,55	4,55	4,55	4,55	4,75	4,75	4,75	4,75	7,6	350
Сульфаты	ГОСТ 4389	Мг/л	8,5	8,3	8,7	8,5	12,8	7	12,3	7,8	4,9	500
Кислотность (pH)		Ед. pH	6,0	6,7	6,3	6,5	5,6	6,0	5,7	6,0	7,3	6,5–8,5
Нитраты	МУ ЦИНАО-96	Мг/л	1,76	1,69	1,62	1,6	1,76	1,8	1,92	1,74	1,06	45

Таблица 3

Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в пробах воды «эталонных» и нарушенных ландшафтов

Тяжелые металлы	ИСО 8288–86		Озеро Кулюкары				Озеро Щучье				Озеро Ургуль	Допустимый уровень
Медь		Мг/л	0,0043	0,0007	0,0007	0,001	0,0047	0,0009	0,005	0,0032	0,09	1,0
Цинк		Мг/л	0,019	0,0068	0,0116	0,0053	0,0118	0,003	0,0162	0,0066	0,15	5,0
Свинец		Мг/л	0,0006	0,0003	0,0009	0,0004	0,003	0,001	0,001	0,00124	0,01	0,03
Кадмий		Мг/л	0,00006	0,00017	0,00003	0,00003	0,0004	0,0001	0,0001	0,00009	0,002	0,001

На рисунке 2 представлена диаграмма экстремумов содержания тяжелых металлов в водах заповедника и нарушенной экосистемы. Из диаграммы видно, что максимальные значения концентраций тяжелых металлов в воде в «эталонной» экосистеме во много раз меньше средних значений концентраций техногенно-нарушенных экосистем. Сравнение диаграмм содержания тяжелых металлов природных и «эталонных» ландшафтов показало, что:

- свинца в 25 раз;
- цинка в 50 раз;
- меди – в 128 раз больше в нарушенных экосистемах, нежели «эталонных».

Это говорит о процессах накопления тяжелых металлов водами озер нарушенных экосистем (см. табл. 3).

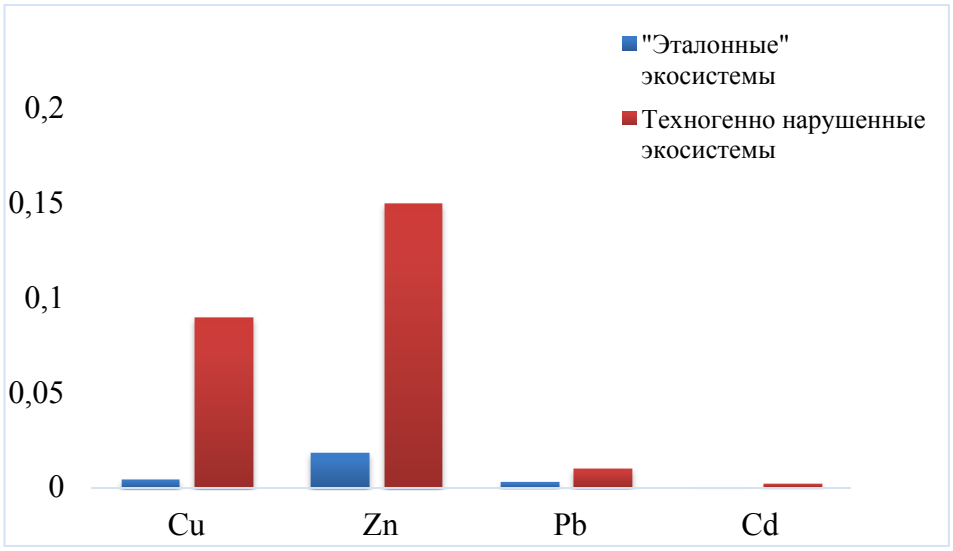


Рис. 2. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в воде «эталонных» и нарушенных экосистем

Таким образом, на территории техногенно нарушенной зафиксирована аккумуляция тяжелых металлов как растительностью, так и водами. Практически все пробы не превышали ПДК. Кроме концентрации кадмия в озере Ургуль (с техногенной нагрузкой), где зарегистрировано превышение ПДК по кадмию в два раза для вод хозяйственно-бытового назначения.

Воды озера Ургуль превышающие ПДК (0,001 мг/л) по кадмию в 2 раза (0,002 мг/л), позволяют связать его в единую систему с расположенным выше гипсометрически городом Вурнары, в котором функционирует химический завод «Смесевых препаратов», производящий химические средства защиты растений, минеральные удобрения и продукцию бытовой химии, а также с расположенными гипсометрически выше сельскохозяйственными угодьями, поскольку кадмий входит в состав минерального удобрения «Суперфосфат» и фунгицидов, которые вносят в почву для улучшения их свойств [4].

Несмотря на данные в пределах нормативов, мы видим процессы аккумуляции металлов по сравнению с «эталонными» ландшафтами. Несомненно, аккумуляция тяжелых металлов неблагоприятно сказывается на состоянии экосистемы. Тяжелые металлы можно считать начальными индикаторами нарастания техногенной нагрузки на экосистему [5].

Список литературы

1. *Водяницкий Ю. Н.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М. : ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН. 2008. 85 с.
2. *Горшкова О. Г.* К ландшафтно-геохимической характеристике гидроморфных ландшафтов бассейна среднего течения реки Суры // Вестн. МГОУ. Сер. Естеств. науки. 2009. № 2. С. 39–43.

3. *Добровольский В. В.* Основы биогеохимии. М. : Высш. шк., 1998. 413 с.
4. *Костовска С. К., Кузнецова О. Г.* Выявление антропогенной истории ландшафтов гидрохимическими методами // Природа и общество. Динамика кризиса. Серия «Социоестественная история. Генезис кризисов природы и общества в России» / отв. ред. Борисова Е. А. Вып. 39. М. : МБА, 2015. С. 148–152.
5. *Перельман А. И., Касимов Н. С.* Геохимия ландшафта. М. : Астрея, 2000. 768 с.

УДК 551.5

Современное состояние атмосферного воздуха в г. Тюмени

П. В. Мальцева (maltsevapolina@rambler.ru), Л. В. Переладова (LORA-geograf@mail.ru)

Тюменский государственный университет, г. Тюмень

Аннотация. Приведены результаты анализа динамики загрязняющих веществ атмосферного воздуха г. Тюмени с 2007 по 2017 г. по данным Тюменского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». Выявлены главные источники дестабилизации состояния воздушной оболочки территории исследования.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, примеси, ПДК м. р. предельно допустимая концентрация максимально разовая, ПДК с. с. предельно допустимая концентрация среднесуточная, средняя концентрация за год, взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, бенз(а)пирен, фенол, формальдегид, оксид и диоксид азота.

Введение

Атмосферный воздух является главным жизнеобеспечивающим компонентом окружающей природной среды. Однако, рост городов и высокие темпы развития производства сопровождаются возрастающими масштабами воздействия человека на природу, в особенности на атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха городских поселений является одной из главных проблем современности, имеющей далеко идущие негативные последствия, которые начинаются с воздействия на все остальные компоненты природы и распространяются на состояние здоровья населения, а также городской инфраструктуры. Поэтому для осуществления атмосферно-охранной деятельности в городах крайне важно получение информации о систематических наблюдениях за содержанием газов и примесей в атмосфере с последующим ее анализом. Это помогает предупредить критические ситуации, которые могут стать опасными как для здоровья людей, так и других живых организмов.

Географическая справка

Город Тюмень расположен на территории долинного комплекса р. Туры, в юго-западной части Западно-Сибирской равнины. Географические координаты населенного пункта – 57°09' с. ш., 65°32' в. д. Дата основания г. Тюмени – 1586 г.

Городской округ – город Тюмень граничит с Нижнетавдинским муниципальным районом и с десятью муниципальными образованиями Тюменского муниципального района (Каскаринским, Ембаевским, Мальковским, Андреевским, Боровским, Червишевским, Московским, Горьковским, Кулаковским, Новотарманским).

Город Тюмень является крупным транспортным узлом. Через него проходит Транссибирская железнодорожная магистраль «Москва – Владивосток» – единственная трансконтинентальная железная дорога, полностью проходящая по территории РФ. К ней примыкает железнодорожная линия «Тюмень – Новый Уренгой», обслуживающая перевозки северных округов. К числу основных автомобильных дорог относятся федеральные автодороги на Екатеринбург, Омск, Сургут и Курган. По ним же осуществля-

ется связь города Тюмени почти со всеми районами области. Город имеет два аэропорта: «Рощино» (международного и федерального значения) и «Плеханово» (обслуживает часть местных авиалиний). В период навигации для грузопассажирских перевозок используется река Тура.

Основная особенность Тюменского транспортного узла состоит в том, что он является единственной точкой подключения к общероссийской транспортной сети основных транспортных коммуникаций Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и Ямало-Ненецкого автономного округа. Значение узла особенно велико, если учитывать высокую интенсивность хозяйственных и социальных связей Тюмени с северными округами.

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в городе Тюмени

Регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в городе Тюмени проводит отдел мониторинга окружающей среды Тюменского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Обь – Иртышское УГМС» в соответствии с требованиями, опубликованными в [1 – 6].

В соответствии с пунктом 2 [1] число постов и их размещение определяется с учетом численности населения, площади населенного пункта и рельефа местности, а также развития промышленности, сети магистралей с интенсивным транспортным движением и их расположением на территории города, сосредоточенности мест отдыха и курортных зон. Стационарные наблюдения за состоянием атмосферного воздуха Тюмени проводятся на 5 постах (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пунктов наблюдения за атмосферным воздухом в г. Тюмени

Номер	Район города	Адрес	Дата открытия
ПНЗ-2	Центральная часть города	ул. Мориса Тореза, 2	1967 г.
ПНЗ-3	Район ТЭЦ-1	ул. Котовского, 54	1982 г.
ПНЗ-6	Район Дома обороны	ул. Белинского, 22	1981 г.
ПНЗ-9	Заречная часть города	ул. 2-я Луговая, 35	2004 г.
ПНЗ-10	Район Государственного архитектурно-строительного университета	ул. Луначарского, 26	2007 г.

С 25 мая 2017 г. временно установлен ПНЗ в районе улиц Ирбитская-Комбинатская по адресу ул. Ирбитская, 57.

Число стационарных постов за состоянием воздуха в г. Тюмень соответствует нижней границе их количества в зависимости от численности населения (5–10 постов при более 500 тыс. жителей). В соответствии с утвержденной программой наблюдений, ежедневно 3–4 раза в сутки наблюдатели ПНЗ отбирают пробы атмосферного воздуха и в лаборатории определяют в них содержание 18 примесей. За год в Тюмени производится около 29 тыс. измерений.

В атмосферном воздухе на территории города определяется содержание 18 загрязняющих веществ: пыль (взвешенные вещества), диоксид серы , окись углерода, диоксид азота, оксид азота, сажа, фенол, формальдегид, бенз(а)пирен и 9 металлов (хром, свинец, марганец, никель, цинк, медь, железо, кадмий, магний).

Загрязнение атмосферного воздуха города Тюмени

Качество воздуха зависит от содержания в нем загрязняющих веществ. Уровень загрязнения атмосферы отдельными веществами оценивается по средним за год и максимальным значениям концентраций примесей в сравнении с его ПДК. В работе произведен анализ данных о загрязняющих веществах атмосферного воздуха территории исследования за последние 11 лет с 2007 по 2017 г.

Представленные ниже графики (рис. 1–8) отражают изменение отдельных загрязняющих веществ по средним за год значениям относительно предельно допусти-

мых концентраций максимально разовых и среднесуточных. Как видно на рисунке 1 концентрация в воздухе взвешенных веществ за одиннадцатилетний период на территории города снижается и, начиная с 2014 г., находится ниже значений среднесуточных ПДК.

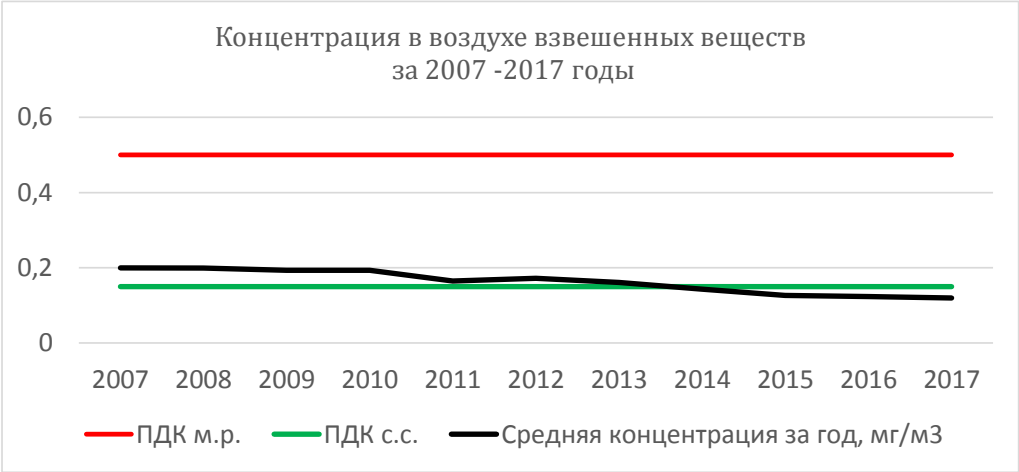


Рис. 1. Взвешенные вещества

Средняя за год концентрация диоксида серы в воздухе (рис. 2) за анализируемый период стабильно низкая, не превышает значений предельно допустимых концентраций не только максимально разовых, но и среднесуточных.

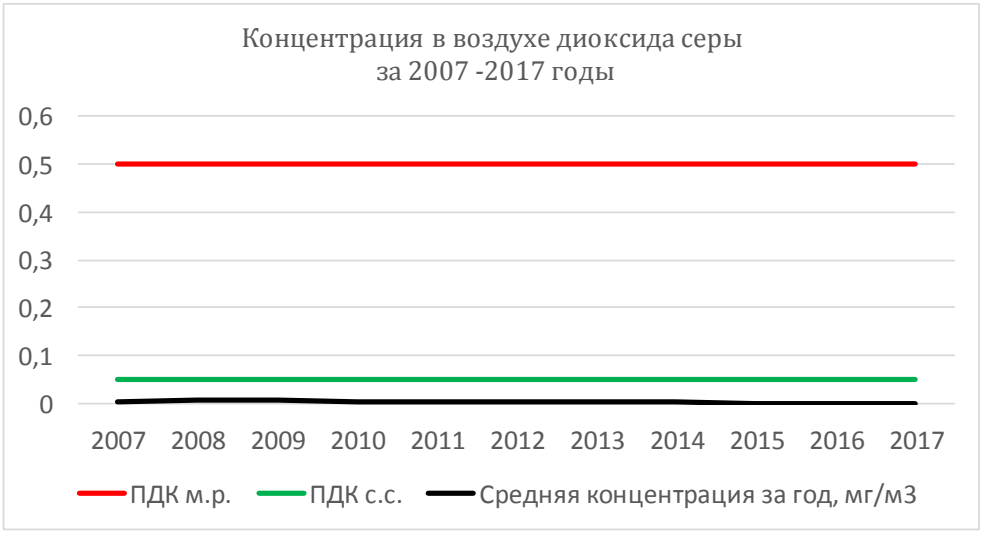


Рис. 2. Диоксид серы

Среднегодовая концентрация оксида углерода в воздухе (рис. 3) территории города за десятилетний период снизилась в два раза, начиная с 2014 г.

Значения среднегодовой концентрации диоксида азота в воздухе (рис. 4) за анализируемый период постепенно снижаются, достигнув в 2014 и 2017 гг. предельно допустимой среднесуточной концентрации, а в 2015 и 2016 гг. – ниже допустимого значения.

Для среднегодовой концентрации оксида азота в воздухе (рис. 5) за одиннадцатилетний период заметен значительный спад. До 2014 г. значения оксида азота выше среднесуточных значений ПДК (ПДКс. с.), однако с 2014 г. показатели стали немного ниже значений ПДК с. с.

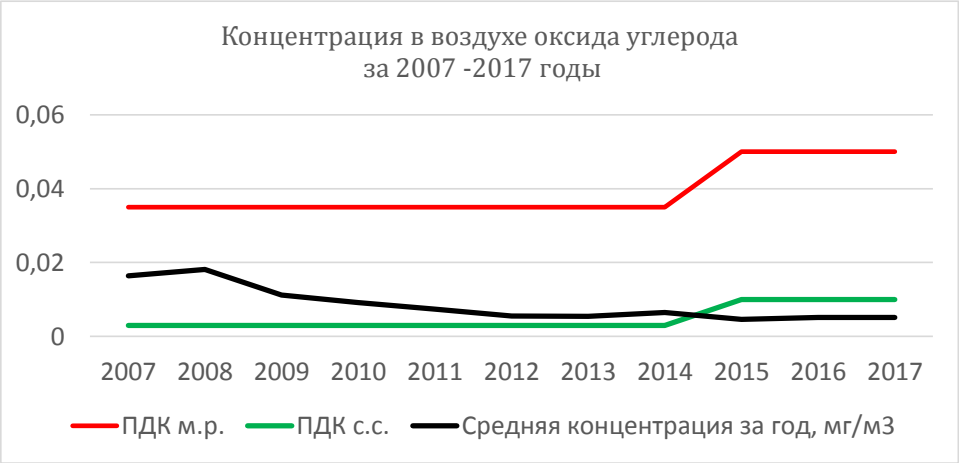


Рис. 3. Оксид углерода

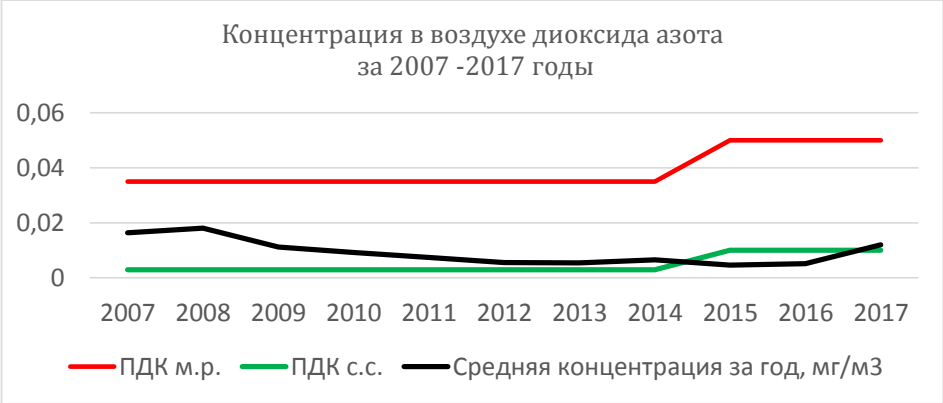


Рис. 4. Диоксид азота

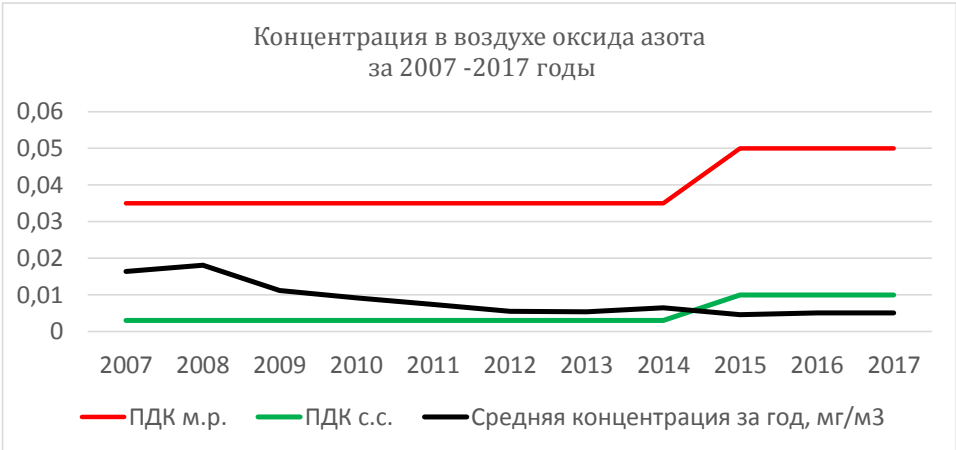


Рис. 5. Оксид азота

Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена в воздухе (рис. 6) города уверенно снижается на протяжении последних трех лет и к настоящему времени ее показатели находятся ниже значений ПДК с. с.

Концентрация специфического загрязняющего вещества – фенола (рис. 7) за анализируемый период не стабильна. До 2016 г. наблюдалась тенденция его постепенного снижения. Причем по 2014 г. включительно его среднегодовое содержание превышало значений ПДК с. с. В 2015–2016 гг. концентрации стали ниже допустимого показателя в связи с увеличением порога норматива. Однако в 2017 г. концентрация фенола заметно увеличилась и превысила новый показатель ПДК с. с.

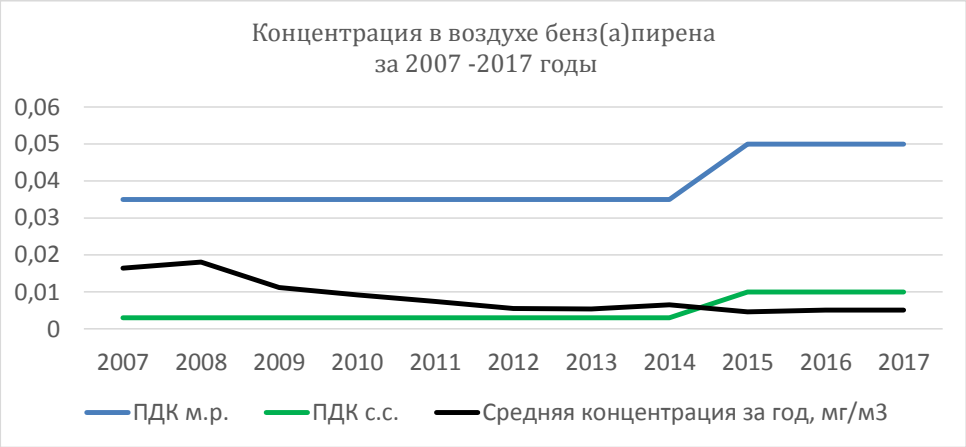


Рис. 6. Бенз(а)пирен



Рис. 7. Фенол

Величина среднегодовой концентрации формальдегида в воздушной среде города (рис. 8) за одиннадцатилетний период снизилась в два раза. С введением с 2014 г. новых показаний предельно допустимых максимально разовых и среднесуточных концентраций в 2015 и 2016 гг. зафиксированы средние значения содержания формальдегида в воздухе ниже ПДК с. с. В 2017 г. концентрации формальдегида вновь превысили значений ПДК с. с.

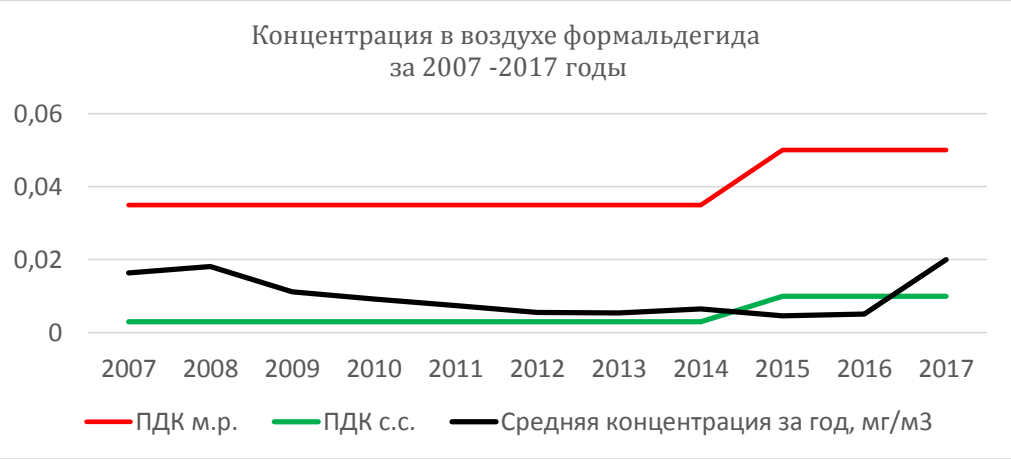


Рис. 8. Формальдегид

Выводы

С начала двухтысячных годов уровень загрязнения воздуха в г. Тюмени характеризуется как высокий. С 2006 по 2013 г. город находился в приоритетном списке городов РФ с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы. Наивысший уровень загряз-

нения отмечен в 2008 г. (очень высокий). Анализ данных наблюдений показал за период 2008– 2016 гг. общую тенденцию снижения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Тюмени, что связано не только с введением новых нормативов, но и с усилением контроля за выбросами. За последние 5–7 лет из центра города перенесены на окраину или за его пределы предприятия, дающие большой вклад в загрязнение воздуха. Например, прекратил свою деятельность Тюменский завод пластмасс, перенес свою промышленную площадку Тюменский фанерный завод. Поэтому с 2013 г. уровень загрязнения воздуха характеризуется уже как повышенный, с 2016 г. – пониженный. Основным источником загрязнения воздушной среды города был и остается автотранспорт, выбросы которого составляют 80 % и более всех суммарных антропогенных выбросов. В 2017 г. концентрации по диоксиду азота, фенолу и формальдегиду вновь возросли, что требует дальнейших наблюдений и выявления причин.

Список литературы

1. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных мест.
2. ГН 2.1.6.1338-03. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
3. Федеральный закон № 96-ФЗ от 22.04.1999 «Об охране атмосферного воздуха».
4. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002. «Об охране окружающей среды».
5. Федеральный закон № 113-ФЗ от 19.06.1998 «О гидрометеорологической службе».
6. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

УДК 621.039.75

Система мониторинга глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов

Ю. В. Маркова (markova@secnrs.ru), П. М. Верещагин (vereschagin@secnrs.ru)

ФБУ «НТЦ ЯРБ», г. Москва

Аннотация: Рассматриваются нормативно-правовые требования к мониторингу, а также отдельные методы мониторинга недр, проводимого при эксплуатации пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов с целью подтверждения локализации жидких радиоактивных отходов в установленных границах геологической среды.

Ключевые слова: пункт глубинного захоронения, жидкие радиоактивные отходы, недра, эксплуатационный горизонт, нагнетательная скважина, наблюдательная скважина, мониторинг.

Введение

В Российской Федерации с середины прошлого века эксплуатируются три пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов (далее – ПГЗ ЖРО), расположенные в г. Северск (Томская область), г. Железногорск (Красноярский край) и г. Димитровград (Ульяновская область). ПГЗ ЖРО являются уникальными геолого-техническими объектами, созданными с целью надежной изоляции жидких радиоактивных отходов (далее – ЖРО) и обеспечивающими радиационную безопасность человека и окружающей среды на весь период потенциальной опасности ЖРО. Технология глубинного захоронения ЖРО заключается в контролируемом нагнетании ЖРО через нагнетательные скважины в глубокозалегающие подземные эксплуатационные горизонты, изолированные от ниже- и вышележащих горизонтов водоупорными породами [3].

ПГЗ ЖРО включают два основных комплекса сооружений: поверхностный и подземный.

В поверхностный комплекс входят сооружения для приема и нагнетания ЖРО – трубопроводы, приемные емкости, насосное оборудование, павильоны и каньоны нагнетательных скважин, системы электро- и водоснабжения, передвижное оборудование, а также административно-технические здания и инженерно-технические средства физической защиты. Поверхностные сооружения находятся в пределах установленной санитарно-защитной зоны (далее – СЗЗ) ПГЗ ЖРО, за исключением оголовков части наблюдательных скважин.

Подземный комплекс включает в себя:

– нагнетательные скважины, использующиеся для нагнетания ЖРО в эксплуатационный горизонт;

– наблюдательные скважины – для наблюдений за распределением компонентов ЖРО в эксплуатационном горизонте и протекающими в нем процессами, для наблюдений за состоянием вышележащих водоносных горизонтов;

– дополнительные скважины, используемые в технологическом процессе нагнетания ЖРО (разгрузочные, водозаборные);

– горный отвод недр ПГЗ ЖРО, который является естественным барьером безопасности и устанавливается в целях обеспечения рационального использования и охраны недр, охраны окружающей среды.

Скважины ПГЗ ЖРО – инженерный барьер безопасности – наиболее значимые сооружения, от технического состояния которых во многом зависит изоляция захороненных РАО от окружающей среды. Глубины скважин зависят от глубин залегания эксплуатационных горизонтов и контролируемых горизонтов (буферных, вышезалегающих). Скважины представляют собой горную выработку малого сечения (диаметр 0,15–0,3 м) и большой протяженности (сотни метров), оборудованные несколькими обсадными колоннами труб. Пространство между внешними стенками колонны и породами зацементировано, в нижней части скважина сообщается с контролируемым горизонтом. Схема пункта глубинного захоронения ЖРО представлена на рисунке.

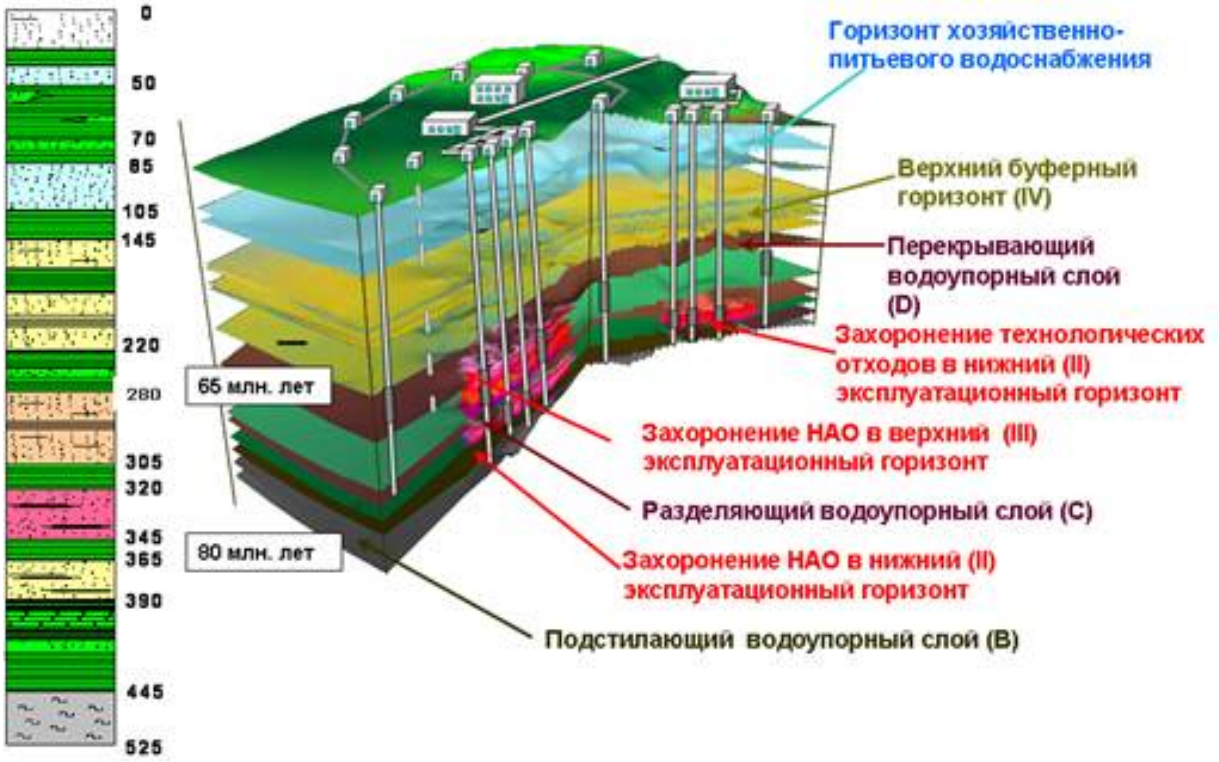


Рис. Схема пункта глубинного захоронения ЖРО

Краткое описание ПГЗ ЖРО

ПГЗ ЖРО «Железногорский» (г. Железногорск, Красноярский край) был введен в эксплуатацию в 1967 г. и предназначен для глубинного захоронения ЖРО ФГУП «Горно-химический комбинат» в песчано-глинистые горизонты. Захоронение среднеактивных ЖРО производится в I эксплуатационный горизонт, залегающий в интервале глубин 355–500 м, низкоактивных ЖРО – во II эксплуатационный горизонт, залегающий в интервале глубин 180–280 м. Эксплуатационные горизонты перекрыты от дневной поверхности толщей слабопроницаемых глин [3].

Площадь проекции горного отвода, выделенного для захоронения, составляет 44,9 км^2, объем недр в пределах отвода – 11,3 км^3. В состав ПГЗ ЖРО «Железногорский» входит 13 нагнетательных и 63 наблюдательных скважины.

ПГЗ ЖРО «Северский» (г. Северск, Томская область) состоит из двух технологических площадок 18 и 18а, используемых для захоронения ЖРО АО «Сибирский химический комбинат». Площадь проекции горного отвода, выделенного для захоронения, составляет 110 км^2, объем недр – 24,6 км^3. Контроль состояния подземных вод проводится с помощью наблюдательных скважин, вскрывающих все водоносные горизонты.

Площадка 18 была введена в эксплуатацию в 1967 г. и предназначена для захоронения низкоактивных ЖРО. Захоронение осуществляется во II и III песчаные горизонты, залегающие в интервалах глубин 375–430 и 260–303 м соответственно.

На площадке 18 имеются 22 действующие нагнетательные скважины. Количество наблюдательных скважин составляет 115.

Площадка 18а была введена в эксплуатацию в 1963 г. и предназначена для захоронения среднеактивных ЖРО. Захоронение отходов осуществляется во II горизонт, залегающий в интервале глубин 315–345 м [3]. На площадке 18а имеются 6 нагнетательных и 111 наблюдательных скважин.

Эксплуатационные горизонты отделены от водоносного горизонта палеогеновых отложений двумя водоупорными глинистыми слоями и буферным песчаным горизонтом IV.

Эксплуатация ПГЗ ЖРО «Димитровградский» (г. Димитровград, Ульяновская область), предназначенного для захоронения низко- и среднеактивных отходов исследовательских установок АО «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов», началась в 1966 г. Площадь проекции горного отвода, выделенного для захоронения, составляет 83,85 км^2, объем недр в границах горного отвода – 101,5 км^3.

В качестве эксплуатационных горизонтов, пригодных для захоронения ЖРО, используются III и IV проницаемые зоны. III водоносный комплекс сложен песчаниками с прослоями глин, аргиллитов и алевролитов и залегает в интервале глубин 1440–1550 м, IV водоносный комплекс сложен известняками и доломитами и залегает в интервале глубин 1130–1410 м [3].

В состав ПГЗ ЖРО «Димитровградский» входят 34 скважины, из них 4 нагнетательные и 30 наблюдательных.

Требования нормативных правовых документов к мониторингу системы захоронения радиоактивных отходов

Основные требования, предъявляемые к ПГЗ ЖРО как природно-антропогенному объекту, а также к осуществляемому на нем мониторингу и радиационному контролю, регулируются нормативными документами в области использования атомной энергии, охраны окружающей среды и охраны недр.

Согласно Федеральному закону от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами…» [2], организация, эксплуатирующая ПГЗ ЖРО, проводит радиационный контроль в санитарно-защитной зоне.

Деятельность, связанную с использованием и охраной недр, регулирует Закон Российской Федерации «О недрах» [1], в котором установлено, что пользователь недр должен обеспечить предотвращение загрязнения недр за пределами горного отвода.

Деятельность по эксплуатации ПГЗ ЖРО осуществляется в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии. Согласно требованиям пункта 38 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии НП-055–14 «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности» [3], в районе размещения и на площадке ПГЗ ЖРО должен обеспечиваться мониторинг параметров процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения на всех этапах жизненного цикла ПГЗ ЖРО, включая закрытие и период после закрытия.

НП-055–14 установлено, что в целях подтверждения безопасности системы захоронения РАО должен проводиться мониторинг системы захоронения РАО, включающий системные наблюдения и контроль за состоянием барьеров безопасности и компонентов природной среды. Должна выполняться оценка и прогноз изменений в ближней зоне ПГЗ ЖРО, т. е. в той части недр, характеристики которой меняются или могут измениться под воздействием размещенных в них РАО, а также оказать воздействие на инженерные барьеры безопасности.

Требования к мониторингу внешних воздействий на объект использования атомной энергии (далее – ОИАЭ) установлены в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии НП-064–17 «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии» [5]. Данный документ не устанавливает требования к мониторингу на ПГЗ ЖРО, который является ОИАЭ, однако основные положения по мониторингу можно рассмотреть и применительно к ПГЗ ЖРО.

Так в НП-064–17 указано, что мониторинг параметров процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения должен осуществляться с учетом данных глобальных и единых государственных систем мониторинга, действующих на территории Российской Федерации, и включать следующие виды мониторинга:

- радиационный;
- метеорологический;
- аэрологический;
- гидрологический;
- гидрогеологический;
- геотехнический мониторинг грунтов основания, включая наблюдения за кренами и осадками зданий и сооружений ОИАЭ;
- сейсмологический;
- геодинамический мониторинг современных движений земной поверхности;
- периодический контроль параметров внешних техногенных воздействий.

Для мониторинга параметров процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения должны использоваться средства измерений и измерительные системы утвержденного типа, прошедшие поверку. Результаты измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации. Средства измерений и измерительные системы для мониторинга и периодического контроля параметров процессов, явлений и факторов должны проходить поверки.

Результаты мониторинга параметров процессов и явлений природного происхождения должны использоваться совместно с данными государственных систем мониторинга, которые имеются на территории Российской Федерации в районе размещения площадки ОИАЭ.

Виды мониторинга глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов

С целью подтверждения безопасности и соблюдения нормативных требований на ПГЗ ЖРО проводятся мониторинг недр и радиационный контроль площадки размещения.

Основные цели мониторинга: контроль распределения компонентов ЖРО в недрах, оценка текущего и будущего состояния недр, информационное обеспечение управляющих решений по эксплуатации ПГЗ ЖРО [4].

Основные задачи мониторинга системы захоронения:

– получение достоверной информации о состоянии недр и скважин;

– оценка текущего состояния недр, контроль ореола распространения компонентов ЖРО в границах горного отвода недр;

– прогноз изменения состояния недр и скважин;

– выявление потенциально опасных природных и техногенных процессов, протекающих в недрах;

– получение исходных данных для уточнения технологических режимов эксплуатации ПГЗ ЖРО.

Решение задач мониторинга позволяет осуществить обоснование, реализацию и анализ эффективности технических решений по эксплуатации ПГЗ ЖРО.

Радиационный контроль (радиоэкологический мониторинг) проводится с целью комплексной оценки влияния ПГЗ ЖРО на экологическую ситуацию в зоне возможного загрязнения и предполагает наблюдение и контроль состояния объектов окружающей среды и радиационной обстановки с использованием широкого арсенала средств контроля при одновременном учете природных параметров. В объектах окружающей среды также контролируется содержание радионуклидов.

Радиоэкологический мониторинг осуществляется по следующим основным направлениям:

– мониторинг ландшафтно-геологической среды с целью получения базовой информации для оценки и прогноза общей радиоэкологической обстановки на загрязненных радионуклидами территориях и их влияния на экологическую обстановку прилегающих территорий;

– мониторинг поверхностных и подземных водных систем;

– мониторинг природоохранных, в том числе водоохранных объектов;

– мониторинг локальных долговременных источников реального и потенциального радиационного загрязнения.

Для проведения мониторинга системы захоронения РАО используется комплекс методов, который можно разделить по следующим группам: гидродинамические, гидрохимические и геофизические. Использование различных методов позволяет повысить достоверность результатов, учесть основные процессы, протекающие в системе захоронения, и в конечном итоге способствует повышению безопасности при эксплуатации ПГЗ ЖРО.

В таблице приведена применимость различных методов для решения двух задач мониторинга – определения положения и динамики распространения ореола компонентов ЖРО и определения состояния скважин, конструкции которых являются инженерными барьерами.

Таблица

Задачи, решаемые различными методами мониторинга

Методы мониторинга	Область распространения компонентов ЖРО	Техническое состояния инженерных барьеров безопасности
Гидродинамические	Да	Косвенно
Гидрохимические	Да	Нет
Геофизические	Да	Да

Данные гидродинамического мониторинга позволяют определять преимущественные направления движения отходов и подземных вод, оценивать гидродинамическую структуру потока, пространственно-временной размер купола репрессии при нагнетании, а также своевременно выявлять гидравлические связи различных водоносных горизонтов. В отдельных случаях гидродинамические методы позволяют также оперативно выявлять нарушения целостности конструкций скважин.

Основными параметрами при осуществлении гидродинамического мониторинга являются избыточное давление жидкости на устье нагнетательных скважин (за исключением используемой для нагнетания в данный момент) и уровни подземных вод в наблюдательных скважинах, получаемые по результатам гидропрослушивания.

Данные гидродинамического контроля представляются в виде таблиц, карт-схем купола репрессии (области повышенного давления в эксплуатационном горизонте, формирующейся при нагнетании отходов), графиков колебания уровня подземных вод.

К основным контрольно-измерительным приборам и вспомогательному оборудованию для гидродинамического мониторинга относятся:

– в нагнетательных скважинах: датчики-преобразователи давления и разности давления, технический манометр, расходомеры-регистраторы, интегратор-счетчик объема жидкости;

– в наблюдательных скважинах – ручные и электрические уровнемеры, скважинные барометры.

Основной целью гидрохимического мониторинга является оценка текущего и будущего гидрохимического состояния недр. Гидрохимический мониторинг позволяет определить преимущественные направления миграции компонентов ЖРО и достоверно определить границы области их распространения, а также выявить возможные гидравлические связи различных водоносных горизонтов.

Гидрохимический мониторинг выполняется методом опробования подземных вод различных водоносных горизонтов и включает отбор и лабораторные исследования проб пластовой жидкости.

В рамках гидрохимического мониторинга определяются удельные суммарные активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов, удельные активности основных радионуклидов, а также химический состав подземных вод, включая содержание макрокомпонентов ЖРО.

Для проведения гидрохимического мониторинга используются все наблюдательные скважины, за исключением «глухих» (геофизических). Отбор проб осуществляется регулярно, с частотой не менее 1 раз в год из каждой скважины.

К основному оборудованию относятся пробоотборники проточного и всасывающего типов, а также лабораторные приборы, такие как альфа- и бета-спектрометры, оборудование для пробоподготовки (в том числе радиохимической), количественного химического анализа и т. д.

Основной целью геофизического мониторинга является контроль технического состояния скважин, уточнение фактической мощности эксплуатационных горизонтов и профиля распространения радионуклидов по толще горизонта. Также геофизические методы позволяют контролировать вертикальную миграцию компонентов ЖРО, в том числе выявлять на ранней стадии потенциальные перетоки через водоупоры по затрубному пространству.

Геофизический мониторинг выполняется с помощью следующих методов: термометрия, резистивиметрия, радиометрия (гамма-каротаж), дефектоскопия-толщинометрия, акустическая цементометрия.

Параметрами и показателями геофизического мониторинга являются мощность дозы гамма-излучения горных пород и подземных вод, удельная электрическая проводимость подземных вод, температура водоносных горизонтов, местонахождение и ха-

рактеристики дефектов труб, наличие и качество сцепления затрубного цемента с горными породами и с обсадной трубой скважины.

По данным геофизического мониторинга составляются карты-схемы областей распространения отходов, разрезы и профили с интервалами распространения отходов, строятся графики колебания значений мощности экспозиционной дозы гамма-излучения во времени, карты-схемы динамики контура области распространения отходов, готовятся заключения о техническом состоянии скважины и др.

К основному оборудованию для проведения геофизического мониторинга относятся потенциометры-регистраторы, термометры, резистивиметры, зонды гамма-каротажа, магнито-импульсные дефектоскопы-толщиномеры, аппаратура волнового акустического каротажа и пр. Для спускоподъемных работ используют передвижные каротажные станции с подъемником и каротажным кабелем.

Периодичность измерений зависит от особенностей режима подземных вод и распространения отходов, назначения контролируемого горизонта, степени гидродинамической активности скважины, а также удаленности и технической доступности наблюдательных скважин в разные сезоны года и определяется программой мониторинга. Программа мониторинга на каждом ПГЗ ЖРО ежегодно актуализируется на основании ранее полученных данных, с целью совершенствования и оптимизации системы мониторинга.

Заключение

Существующая система мониторинга ПГЗ ЖРО, созданная в соответствии с требованиями нормативной и правовой документации, позволяет контролировать состояние инженерных и естественных барьеров безопасности. В районе размещения ПГЗ ЖРО регулярно проводятся наблюдения за состоянием эксплуатационного и вышележащих горизонтов, с целью подтверждения локализации компонентов отходов. Техническое состояние нагнетательных, разгрузочных и наблюдательных скважин позволяет производить безопасное удаление ЖРО в эксплуатационные горизонты и осуществлять контроль за распространением ЖРО в геосфере.

Список литературы

1. О недрах : закон РФ от 21.02.1992 № 2395–1.
2. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ (в ред. федер. закона от 02.07.2013 № 188-ФЗ).
3. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов / А. И. Рыбальченко [и др.]. М. : ИздАТ, 1994. 256 с.
4. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности. НП-055–14: утв. приказом Федер. службы по экол., технол. и атомному надзору от 22 авг. 2014 г. № 379.
5. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. НП-064–17: утв. приказом Федер. службы по экол., технол. и атомному надзору от 30 нояб. 2017 г. № 514.

УДК 632.93:574.4

Мониторинг фитопатогенных микроорганизмов и экологически безопасные методы борьбы с ними в условиях защищенного грунта

М. В. Маслова (marinamaslova2009@mail.ru)[1,2], Е. В. Грошева (ekaterina2687@mail.ru)[1,2], А. В. Будаговский (budagovsky@mail.ru)[1,2], О. Н. Будаговская (budagovsky@mail.ru)[1,2]

[1] *Мичуринский государственный аграрный университет,*
[2] *Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина, г. Мичуринск*

Аннотация. Проведен фитосанитарный мониторинг в тепличных отделениях с овощными культурами. Выявлены доминирующие штаммы патогенных микроорганизмов, входящие в состав воздушной, эпифитной и эндофитной микробиоты защищенного грунта. Определен характер влияния выделенных бактерий и грибов на растение-хозяина. На основе проведенных исследований дана оценка эффективности применения экологически безопасных химических, биологических и физических средств борьбы с возбудителями болезней овощных культур. Рекомендовано комплексное применение различных методов защиты растений в соответствии с принципами органического земледелия.

Ключевые слова: фитосанитарный мониторинг, методы защита растений, диагностика функционального состояния растений.

Введение

Одной из важнейших проблем овощеводства защищенного грунта является получение экологически безопасной продукции. На всех этапах организации работ по борьбе с патогенными микроорганизмами в условиях теплицы приоритетным направлением является поиск средств защиты растений, безопасных для человека и окружающей среды.

Основным элементом современных тепличных технологий является грамотно проведенный фитосанитарный мониторинг. Он включает в себя качественный и количественный анализ состава фитопатогенов, их распространенности, вирулентности, агрессивности и чувствительности к защитным препаратам, что необходимо для дальнейшего прогнозирования напряженности фитосанитарного состояния агробиоценозов и разработки рекомендаций по его оптимизации.

Целью данной работы являлось проведение фитосанитарного мониторинга овощных культур защищенного грунта для выявления наиболее вредоносных патогенов и оценка эффективности экологически безопасных химических, биологических и физических средств защиты растений от болезней.

Методика проведения исследований

Исследования проведены на базе научно-исследовательской проблемной лаборатории биофотоники и учебно-исследовательского тепличного комплекса ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Фитосанитарную диагностику состояния овощных культур защищенного грунта проводили методами визуального обследования, микроскопирования, культивирования микроорганизмов на питательных средах [3; 8].

Состав воздушной микробиоты оценивали на основе исследования проб взятых путем улавливания клеток и спор микроорганизмов на поверхность твердых питательных сред в чашках Петри. Для этого их оставляли в открытом виде в различных зонах тепличных отделений. Затем определяли количество вариантов, где тестировался тот или иной микроорганизм. Данный показатель, выраженный в процентах от общего числа тестов, отражал частоту тестирования грибов и бактерий.

Эпифитные микроорганизмы смывали с поверхности побегов и листьев растений стерильной водой. Для этого брали пробирки с 10 мл стерильной дистиллирован-

ной воды. В них помещали растительные образцы и интенсивно встряхивали. Полученные смывы высевали на агаризированную питательную среду в чашки Петри. По мере роста микроорганизмов проводили учет выросших колоний и их идентификацию [3].

Изолирование эндофитной микробиоты осуществляли путем посева стерильных эксплантов на твердую картофельно-глюкозную среду. Экспланты стерилизовали, погружая в 96 % спирт и обжигая в пламени спиртовки. Выделенные микроорганизмы культивировали в пробирках, частоту тестирования грибов и бактерий выражали в процентах от общего числа тестов [5].

Для оценки функционального состояния листьев с различной степенью поражения патогенами применяли метод неразрушающей количественной диагностики по показателям фотосинтетической активности [7]. Данный метод основан на определении параметров медленной индукции флуоресценции хлорофилла. О функциональном состоянии растений судили по их удельной фотосинтетической активности, которую выражали в условных единицах и определяли по динамическим характеристикам кривой Каутского. Оценку параметров медленной индукции флуоресценции хлорофилла проводили с помощью портативного хлорофиллфлуориметра LPT (Россия) по величине показателей F_m (максимум флуоресценции) и K_f (удельная фотосинтетическая активность).

Листья томата выдерживали в растворах метаболитов *Clavibacter michiganensis* с концентрацией 2,5; 5 и 10 %. Перед измерением проводили темновую адаптацию листового материала в течение 30 минут. В ходе эксперимента, параметры фотосинтеза измеряли в 6 точках поверхности каждого листа.

Изучение чувствительности чистых культур патогенов к химическому дезинфектанту Хайдрокеа проводилось на основании оценки жизнеспособности клеток микроорганизмов после обработки 1 %-ным раствором препарата путем посева суспензии на твердые питательные среды.

Антимикробную способность биоагентов, входящих в состав защитных биопрепаратов Алирин Б и Гамаир, определяли методом двойных культур, т. е. совместного культивирования бактерии-антагониста и возбудителей болезней растений. По степени снижения скорости линейного роста колонии судили о фунгицидной и бактерицидной активности токсинов антагонистов.

Для оценки влияния лазерного облучения на состояние растений облучение биологических объектов проводили с использованием лазерной установки ГН – 40 (длина волны 632,8 нм, плотность мощности – 2 Вт/м^2, экспозиция облучения 120 с, 240 с). Семена проращивали в условиях *in vitro* на среде MS, в последствие учитывали морфометрические параметры проростков.

Облучение суспензий и культур бактерий проводили с использованием лазерной установки ГН – 40, плотность мощности – 2 Вт/м^2. Длительность экспозиции от 15 до 960 с. Для оценки влияния лазерного облучения на изменение числа КОЕ в суспензии биопрепаратов посев проводили на всю поверхность картофельно-глюкозного агара в чашки Петри. При определении влияния когерентного света на рост колоний культуры высевали точкой в центр чашки Петри.

Результаты исследований

Мониторинг воздушной микробиоты в теплице после выращивания растений томата и огурца позволил установить частоту тестирования бактерий и грибов, которая отражает процент положительных тестов на микроорганизмы. Выявлено, что в состав воздушной микробиоты в отделениях после культивирования томата входили патогенные грибы (*Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Botrytis*) и бактерия *Clavibacter*. Так же тестировались с высокой частотой сапртрофные грибы *Penicillium* и *Aspergillus*.

Средняя частота тестирования грибов составила 55,5 %, при этом тот же показатель по бактериальной микробиоте был равен 34,4 %. Отмечено, что наибольшие значения частоты тестирования характерны для *Cladosporium* (100 %), *Penicillium*

(100 %), *Aspergillus* (93,8 %), *Botrytis* (68,8 %). Патогенные грибы рода *Fusarium* тестировались в 18,8 % случаев. Для бактерий *Bacillus* и *Clavibacter* процент выхода был равен 25,0 % и 43,8 % соответственно.

Изучение состава эндофитной и эпифитной микробиоты сельскохозяйственных растений является неотъемлемой частью фитопатологической экспертизы на наличие инфекционного фона. Тестирование эндофитной микробиоты овощных растений (огурец, томат) позволило установить присутствие во внутренних тканях исследуемых образцов как бактерий, так и грибов. Средняя частота тестирования бактериальной микробиоты составила: у огурца – 48,4 % и у томата – 86,7 % от общего числа тестов. Из сосудистой системы исследуемых растений были изолированы и грибные колонии, процент выхода которых составил у огурца – 26,0 %; у томата – 3,9 %. При посеве смывов с поверхности испытуемых растений отмечено, что во всех вариантах опыта отмечался выход бактериальной микробиоты. Грибы тестировались в 75,3 % случаев.

Оценка фитосанитарного состояния насаждений овощных культур защищенного грунта на основе тестирования эндофитной и эпифитной микробиоты растений позволила выявить преобладание в патоценозах сельскохозяйственных культур бактериальной микробиоты и условно-патогенных грибов. Выделенные бактерии относились к родам *Bacillus* и *Pseudomonas.* Грибная микробиота была представлена некротрофами родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*. На листьях и стеблях растений томата также были обнаружены бактерии *Clavibacter* и гриб *Botrytis*, а на листьях огурца выявлено наличие спор гриба *Ascochita*.

Для выявления различий между показателями фотосинтетической активности хлорофиллсодержащих тканей растений с симптомами поражения *C. michiganensis* и без них использовались листья томата гибрида Таганка. Установлено, что наличие инфекции статистически достоверно снижает как величину F_m , так K_f , что указывает на ослабление фотосинтетической активности.

Показатель F_m, коррелирует с содержанием хлорофилла. Дефицит хлорофилла повышает интенсивность работы хлоропластов (компенсаторная функция). На это указывают более высокие значения K_f и F_m. У инфицированных листьев в силу развития патологического процесса снижается как удельная фотосинтетическая активность, так и содержание хлорофилла. Так, показатель K_f у пораженных листьев составил 0,42, у бессимптомных 0,547 усл. ед., F_m. 93,0 и 88,7 соответственно (рис. 1; 2).

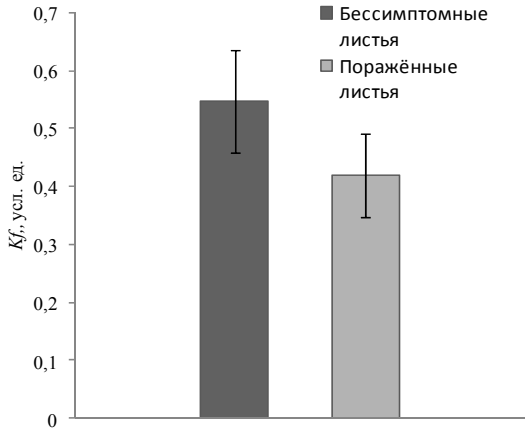


Рис. 1. Влияние заражения бактериальным раком на фотосинтетическую активность (*Kf*) листьев томата гибрида Таганка

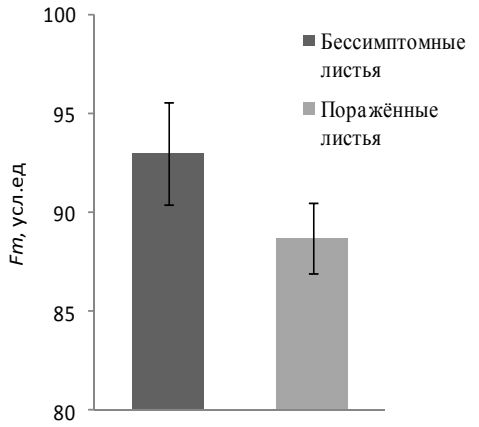


Рис. 2. Влияние заражения бактериальным раком на максимум индуцированной флуоресценции хлорофилла (*Fm*) листьев томата гибрида Таганка

Нами также проводилась оценка фотосинтетической активности листьев инкубируемых в растворах токсических метаболитов по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла. В ходе эксперимента было установлено, что наибольшей токсической активностью обладал раствор культуральной жидкости в концентрации 10,0 %, где наблюдалось снижение фотосинтетической активности относительно контрольного значения на 18,6 % (табл.).

Таблица

Влияние растворов метаболитов *C. michiganensis* с различной концентрацией на степень пораженности листьев и их фотосинтетическую активность

Концентрация ФКЖ *C. michiganensis*, %	Фотосинтетическая активность, усл. ед.
0 (контроль)	0,431±0,016
2,5	0,445±0,018
5,0	0,461±0,023
10,0	0,350±0,023

Было установлено, что в растворах метаболитов бактерии *C. michiganensis* в концентрации 2,5 и 5,0 % культуральный фильтрат оказывал стимулирующее влияние на фотосинтез исследуемых тканей растений, удельная фотосинтетическая активность составила 0,445 и 0,461 усл. ед. соответственно, при значении этого показателя 0,431 усл. ед. в контроле. Это связано с таким часто распространенным явлением, как активизация фотосинтетической деятельности растительных тканей на начальных этапах патогенеза или при слабой форме течения болезни [6].

Поиск средств защиты растений, безопасных для окружающей среды является актуальной задачей овощеводства защищенного грунта. Правильно выбранный способ фитосанитарного мониторинга насаждений овощных культур позволяет, основываясь на принципах интегрированного метода защиты растений, принимать адекватные решения по контролю фитосанитарной ситуации [4].

С целью оптимизации фитосанитарного состояния тепличных отделений проводилась оценка эффективности биологических средств борьбы с патогенами овощей защищенного грунта, химических препаратов, а также физических методов повышения функциональной активности растений и микробов антагонистов возбудителей болезней овощных культур.

Перспективным направлением в борьбе с фитопатогенами является разработка и внедрение в сельскохозяйственную практику средств биологического контроля возбудителей болезней растений.

Установлено, что при совместном культивировании биоагента (бактерии *Bacillus. subtilis* из препаратов Гамаир и Алирин-Б) и микробов-тестеров (*Fusarium oxysporum*, *C. michiganensis*, *Pseudomonas syringae*) отмечалось подавление роста патогенов в результате действия токсинов бактерии-антагониста, которые диффундировали в среду. Объем биомассы гриба *F. oxysporum* в вариантах с использованием *B. subtilis* в среднем снижался на 76,6 % по сравнению с контролем. Площадь колоний возбудителей бактериальных болезней растений *C. michiganensis* и *P. syringae* при совместном культивировании с биоагентом из препаратов была меньше на 67,5 % по сравнению с данным показателем в контрольном варианте.

Для экологически безопасной борьбы с патогенной микробиотой целесообразно использовать химический препарат Intra Hydrocare. Он создан на основе 50 % раствора перекиси водорода и коллоидного серебра. Посев суспензии клеток *Cladosporium fulvum*, *F. oxysporum*, *C. michiganensis* на твердые питательные среды показал их полную

гибель после обработки Intra Hydrocare, при этом в контрольном варианте наблюдалось формирование колоний исследуемых грибов и бактерии.

Применение лазерного облучения открывает широкие перспективы в области стимуляции роста и развития растений. Проведенные исследования показывают, что когерентное излучение является эффективным фоторегуляторным фактором, способным повышать функциональную активность и иммунный статус растений [1; 2]. Обработка семян огурца когерентным светом в условиях воздействия токсина *F. solani* способствовала увеличению главного корня проростков на 8,0 % и более интенсивному формированию корней второго порядка, а также на 28,2 % увеличило длину стебля проростка по сравнению с вариантами без облучения. Облучение плодов огурца на начальной стадии развития фузариоза снижало интенсивности поражения на 17,9 %. Это свидетельствует об активизации защитных свойств растительного организма под влиянием когерентного света.

Воздействие когерентного света способно существенно повысить жизнеспособность бактериальных клеток, входящих в состав биопрепаратов, а значит и их эффективность. Экспериментально доказано, что лазерное облучение позволяет увеличить биомассу колоний биоагентов в среднем на 16,0 % и числа колониеобразуемых единиц на 50,4 % по сравнению с необлученным контролем.

Заключение

В целях снижения ущерба, наносимого фитопатогенами, первоочередное значение необходимо придавать четкой организации системы защиты растений, предполагающей интеграцию различных методов борьбы с учетом принципов органического земледелия.

Проведенный фитосанитарный мониторинг в тепличных отделениях с овощными культурами позволил выявить доминирующие штаммы микроорганизмов, входящих в состав воздушной, эпифитной и эндофитной микробиоты, определить характер их воздействия на ткани растения-хозяина. Это явилось основой для оценки эффективности применения химических, биологических и физических средств борьбы с выделенными возбудителями болезней овощных культур защищенного грунта.

Список литературы

1. *Будаговский А. В.* Теория и практика лазерной обработки растений. Мичуринск-Наукоград РФ, 2008. 548 с.
2. *Будаговский А. В.* Будаговская О. Н., Мищенко А. Лазерные технологии для растениеводства // Субтропическое и декоративное садоводство. 2014. Т. 51. С. 207–214.
3. . Методы экспериментальной микологии : справочник. / *И. А. Дудка [и др.*]. Киев : Наукова думка, 1982. 551 с.
4. Российско-вьетнамское сотрудничество по оценке вредоносности главнейших вредителей и болезней основных сельскохозяйственных культур во Вьетнаме в 1980–1990 гг. // А. Ф. Зубков, Нгуен Ван Хань, Н. Д. Тряхов, Нгуен Тхо, С. Г. Иванов // Вестн. защиты растений. 2015. № 2 (84). С. 58–64.
5. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений // И. Бёттхер, Т. Ветцель, Ф. В. Древе, Х. Кеглер, К. Науманн, Б. Фрайер, К. Фрауэнштайн, Э. Фукс ; пер. с нем. К. В. Попковой, В. А. Шмыгли. М. : Агропромиздат, 1987. 224 с.
6. *Рубин Б. А., Арциховская Е. В., Аксенов В. А.* Биохимия и физиология иммунитета растений. М. : Высш. шк., 1975. 315 с.
7. Способ оценки фотосинтетической активности растительных организмов: патент РФ 2352104 МПК: A 01 G 7 00 / О. Н. Будаговская, А. В. Будаговский, И. А. Будаговский; заявка № 2007121425/12 от 07.06.2007.
8. *Теппер Е. З.* Практикум по микробиологии : учеб. пособие для вузов. М. : Дрофа, 2004. 256 с.

УДК 504.054:656(571.53)

Влияние выбросов автомобильного транспорта Иркутской агломерации на состояние почв и растительности придорожных полос

С. А. Новикова (novikovasveta41@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Проведена оценка влияния выбросов автомобильного транспорта на состояние почв и растительности придорожных территорий в городах Иркутской агломерации. Произведен отбор проб на ключевых участках, характеризующихся интенсивным движением автотранспортных потоков. Проведен массовый (полуколичественный) полный спектральный анализ отобранных проб почв и растительности на содержание в них тяжелых металлов. Рассчитаны коэффициенты техногенного загрязнения на исследуемых территориях, выявлены категории загрязнения почв.

Ключевые слова: Иркутская агломерация, автотранспорт, выбросы, почвы, растительность, массовый спектральный анализ, техногенное загрязнение.

Введение

Эколого-геохимическая ситуация в населенных пунктах влияет на здоровье людей, проживающих в них. Компоненты окружающей среды находятся в тесной взаимосвязи, в связи с чем изменение одних приводит к нарушению состояния других компонентов. Так, загрязнение атмосферы, поверхностных водотоков, образование отходов повлечет за собой изменение состава почв и растительности территорий [1].

Почва является аккумулятором загрязняющих веществ, и как следствие, индикатором загрязнения компонентов окружающей природной среды, и атмосферного воздуха, в частности. Наибольшую опасность представляют тяжелые металлы в почвах, поскольку они являются весьма токсичными и плохо выводятся из ее состава. Тяжелые металлы входят в состав выхлопных газов автотранспортных средств. Увеличение количества автомобилей в городах влечет за собой ухудшение состояния окружающей природной среды.

В городах Иркутской агломерации была проведена оценка влияния выбросов автотранспортных средств на состояние придорожной почвы и растительности. На первом этапе исследования была проведена оценка интенсивности движения автотранспортных потоков на выбранных ключевых участках.

На рисунке 1 представлена диаграмма количества автотранспортных средств (АТС), зафиксированных во время натурных обследований перекрестков в часы пик. Далее на ключевых участках, характеризующихся повышенной интенсивностью движения автотранспортных потоков, проведен отбор проб почвы, листвы (хвои) и травы.

Методы исследования

В Центральной аналитической лаборатории Байкальского филиала «Сосновгеология» АО «Урангео» (г. Иркутск) проведен массовый (полуколичественный) полный спектральный анализ отобранных проб. Пробы высушивались при комнатной температуре, взвешивались, затем измельчались в порошок до размеров частиц 75 мкм и прокаливались в специальных установках при температуре 400 °С, с целью избежать потерь летучих элементов. Применяемая «Методика массового (полуколичественного) полного спектрального анализа» (СТП-ПГО-009–84) [3] позволяет определить в отобранных пробах 50 химических элементов: Si, Al, Mg, Ca, Fe, Na, K, Mn, Ni, Co, Ti, V, Cr, W, Mo, Zr, Hf, Nb, Ta, Cu, Pb, Zn, Sn, Sb, Tl, As, Ge, Bi, Cd, Ag, Be, Sc, Ga, Ce, La, Y, Yb, P, U, Th, Ba, Sr, Li, Rb, Cs, B, Te, In, Gd, Au.

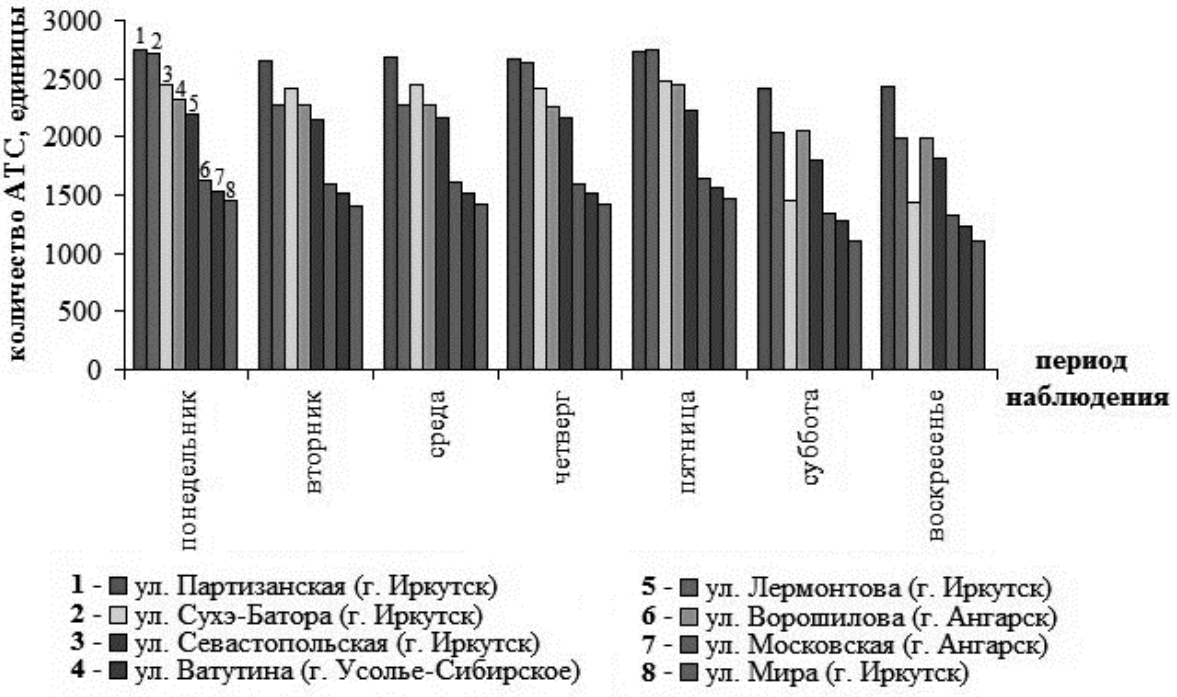


Рис. 1. Динамика количества автотранспортных средств (АТС), зафиксированных на ключевых участках в часы пик

Согласно данной методике каждый химический элемент обладает характерным, присущим только ему, спектром испускания. Интенсивность испускаемого линейчатого спектра является функцией содержания определяемого элемента в исследуемом образце. В качестве источника возбуждения характеристического спектра используется вертикальная электрическая дуга между угольными электродами, в один из которых помещается порошок исследуемого геологического образца. Для разделения в спектре линий элементов, отличающихся летучестью и другими физико-химическими константами, используется явление фракционного испарения элементов анализируемого материала – способ токо-временной развертки. Для разложения излучения в спектр и его фотографической регистрации применялся дифракционный спектрограф ДФС-8–1. Фотографическая регистрация спектров осуществляется на спектральные фотопластинки размером 13х18 см. Каждая анализируемая проба испаряется в дуговом разряде один раз. После окончания съемки фотопластинку проявляют, фиксируют и сушат. Визуальная интерпретация спектров анализируемых проб проводится по способу «появления-усиления линий» в сочетании со способом «сравнения интенсивности линий» [3]. Спектры стандартных геологических материалов с известными содержаниями определяемых химических элементов сравнивались со спектрами анализируемых проб, полученными в идентичных условиях. Пределы обнаружения элементов оценивались по искусственным смесям и пробам с известными содержаниями химических элементов.

Результаты и их обсуждение

На рисунках 2–7 представлены диаграммы результатов спектрального анализа почв на содержание в них тяжелых металлов, входящих в состав выхлопных газов автотранспортных средств, зафиксированных на выбранных ключевых участках.

Так, концентрации хрома в придорожных почвах превышают значение ПДК в отобранных образцах: на ул. Московской (г. Ангарск) – в 3 раза, ул. Ворошилова (г. Ангарск) – в 2,4 раза, ул. Партизанской (г. Иркутск) – в 2,3 раза, ул. Сухэ-Батора (г. Иркутск) – в 1,5 раза, ул. Севастопольской (г. Иркутск) – в 1,4 раза, ул. Лермонтова (г. Иркутск) – в 1,3 раза. Концентрации хрома в образцах почв, отобранных на улицах Мира (г. Иркутск) и Ватутина (г. Усолье-Сибирское), находятся на границе ПДК. Кон-

центрации хрома во всех образцах почв превышают фоновую в 41–143 раза. Во всех образцах травы концентрации хрома превышают фоновое значение в 1,5–38,7 раза. Содержание хрома во всех образцах листвы превышает фоновое значение в 1,5–11,2 раза. Содержание хрома в хвое, отобранной на ул. Лермонтова превышает значения фона в 5,2 раза, на ул. Московской и Ватутина – в 1,1 раза (см. рис. 2).

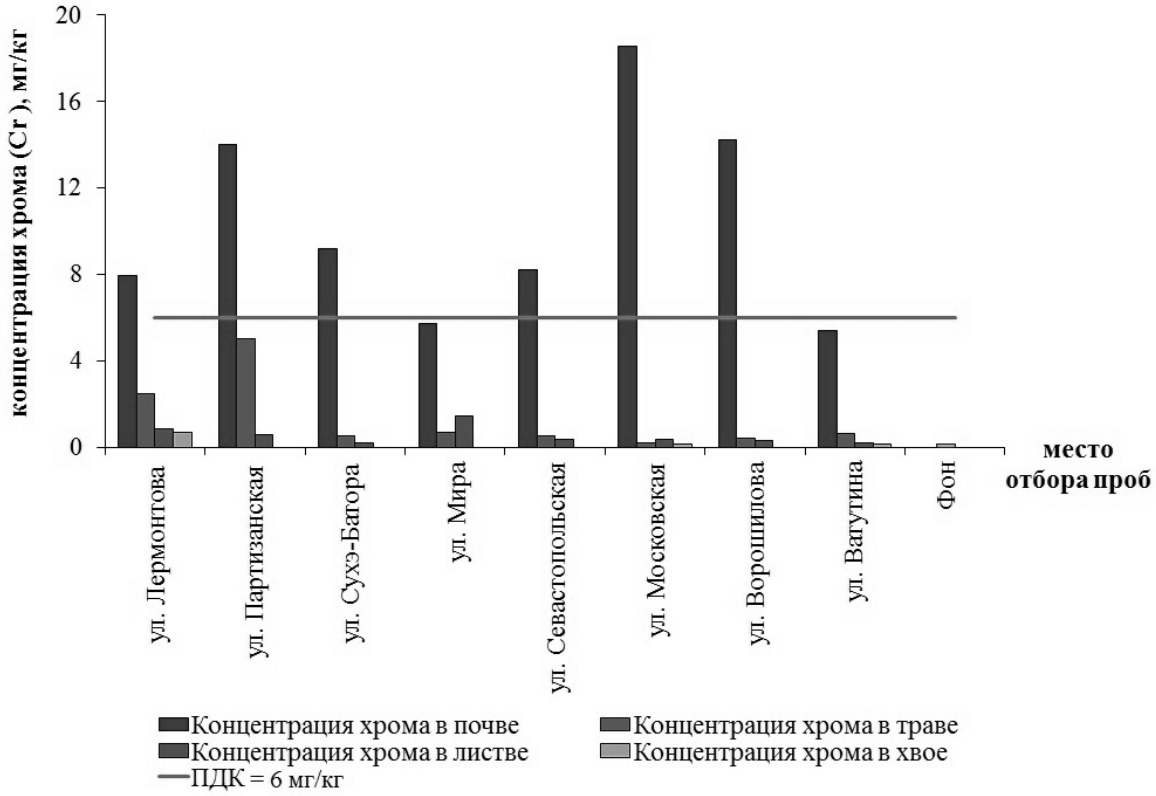


Рис. 2. Концентрация хрома в отобранных образцах

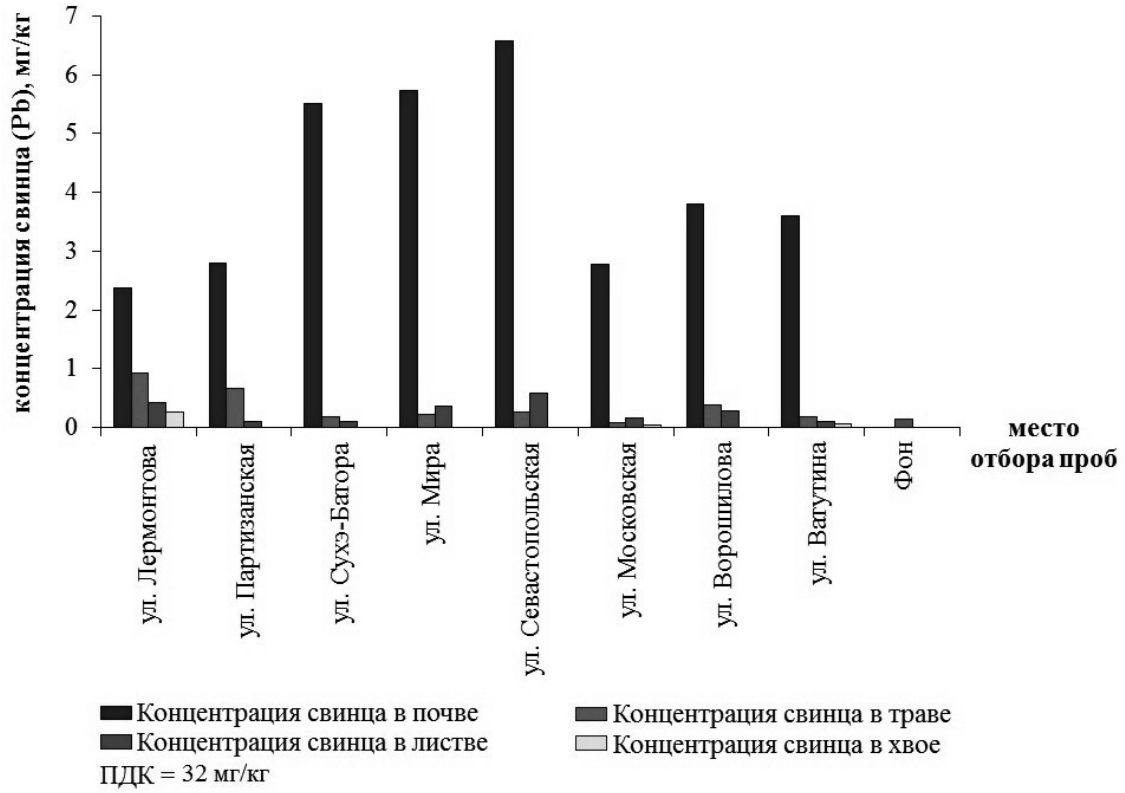


Рис. 3. Концентрация свинца в отобранных образцах

Концентрация свинца в придорожной почве, отобранной на ул. Севастопольской (г. Иркутск), превышает ПДК в 1,1 раза. Содержание свинца в образцах почв, отобранных на улицах Сухэ-Батора и Мира (г. Иркутск), находятся на границе ПДК. Концентрации свинца во всех образцах почв превышают фоновую в 15–44 раза. Концентрации свинца практически во всех образцах травы (кроме образцов с ул. Московской) превышают фоновую концентрацию в 1,2–6,2 раза. Значения концентраций свинца в отобранных образцах листвы на следующих улицах: Севастопольской, Лермонтова, Мира, Ворошилова, Московской, превышают фоновую концентрацию в 3,8; 2,9; 2,4; 1,9; 1,1 раза, соответственно. Содержание свинца в хвое, отобранной на ул. Лермонтова превышает значение фона в 1,7 раза, в остальных образцах – значения ниже фоновой концентрации (см. рис. 3).

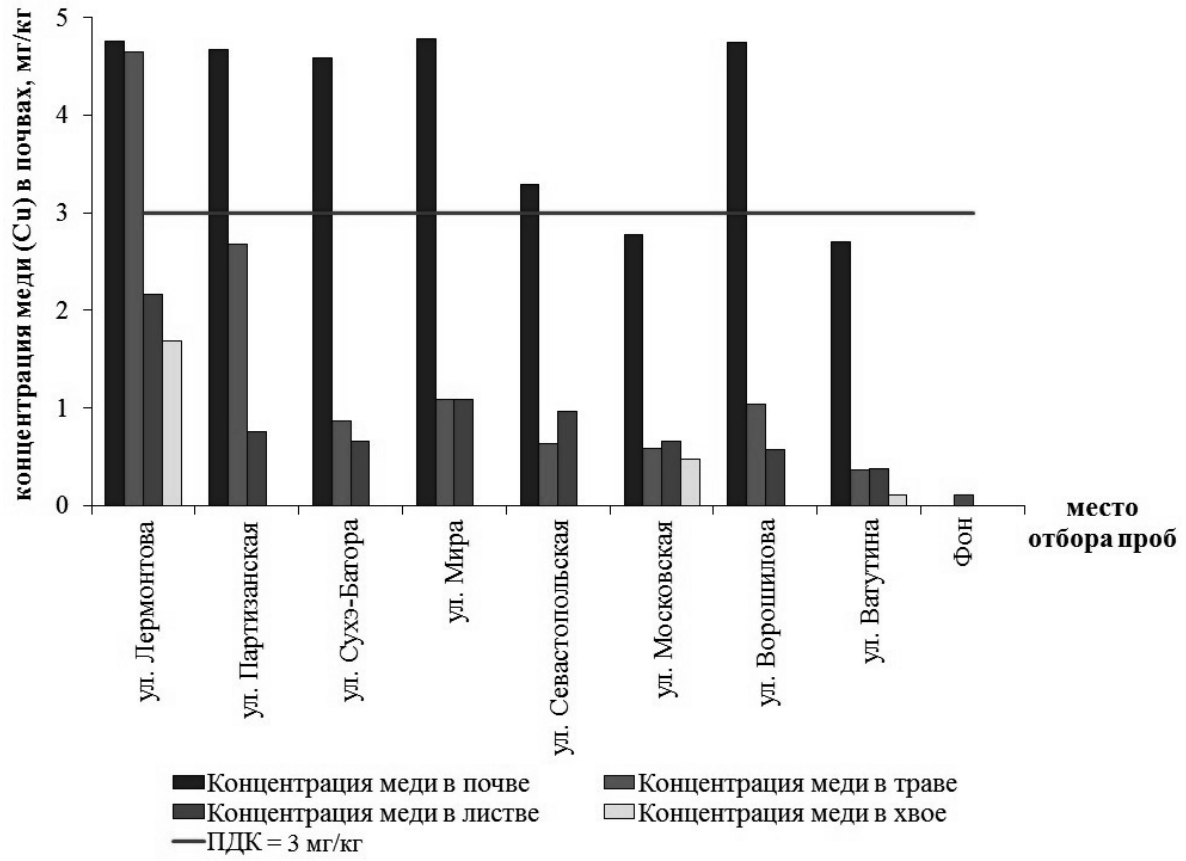


Рис. 4. Концентрация меди в отобранных образцах

Содержание меди в придорожных почвах, отобранных на улицах: Лермонтова, Мира, Партизанская, превышает ПДК в 1,6 раза, на ул. Сухэ-Батора – в 1,5 раза, ул. Ворошилова – в 1,6 раза, ул. Севастопольской – в 1,1 раза. Концентрации меди в образцах почвы на улицах: Московской и Ватутина находятся на границе ПДК. Концентрации меди во всех образцах почв превышают фоновую в 25–44 раза. Концентрации меди в траве, отобранной на ул. Лермонтова превышают значение ПДК в 1,6 раза, в траве, отобранной на ул. Партизанской – концентрации близки к значению ПДК. Во всех образцах травы концентрации меди превышают фоновую концентрацию в 5,3–42,2 раза. Содержание меди во всех образцах листвы превышает фоновое значение в 3,5–19,6 раза. Содержание свинца в хвое, отобранной на ул. Лермонтова превышает значение фона в 15,3 раза, на ул. Московской – в 4,4 раза, на ул. Ватутина – значения концентраций находятся на уровне фона (см. рис. 4).

Содержание никеля в придорожных почвах, отобранных на улицах Партизанской и Ворошилова, превышает установленный санитарно-гигиенический норматив в 1,4 раза; на ул. Ватутина – в 1,1 раза. Концентрации никеля в образцах почв, отобран-

ных на улицах Лермонтова, Сухэ-Батора, Московской, находятся на границе ПДК. Концентрации никеля во всех образцах почв превышают значения фоновой в 4–10 раз. Содержание никеля во всех образцах придорожной травы, листвы и хвои не превышает ПДК, однако концентрации никеля в траве, отобранной на ул. Партизанской и ул. Лермонтова, превышают фоновую в 3 и 2,2 раза, соответственно. В образцах травы, отобранной на ул. Ватутина концентрация никеля находится на уровне фоновой, в остальных экземплярах – ниже фонового значения (см. рис. 5).

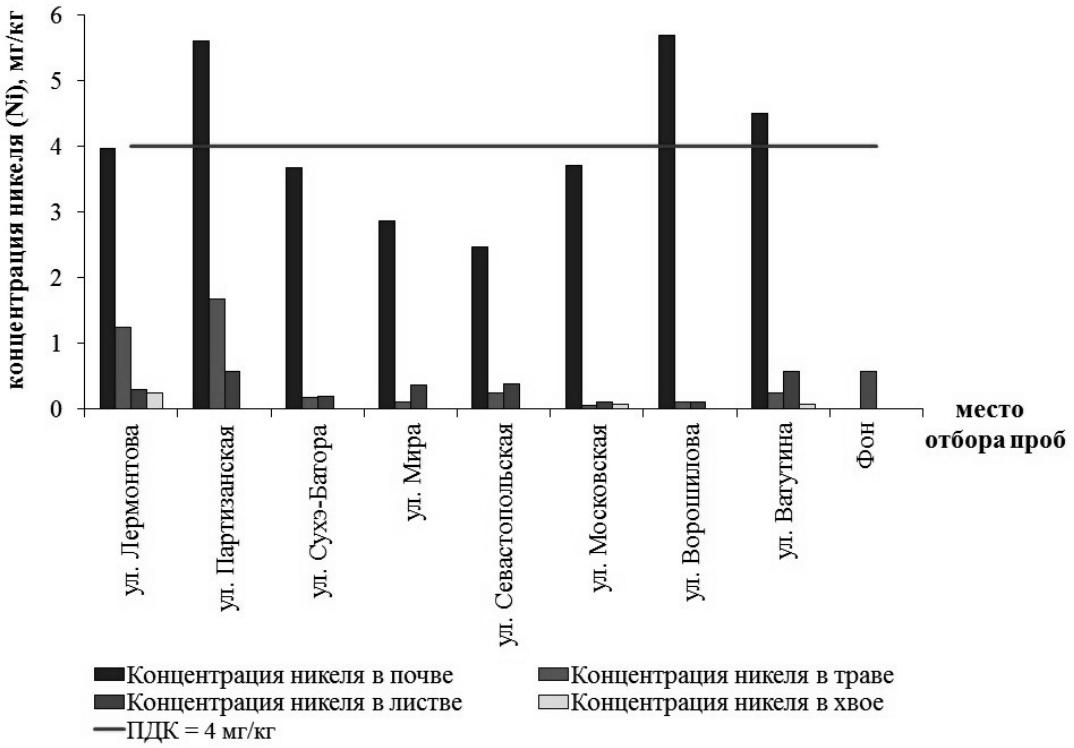


Рис. 5. Концентрация никеля в отобранных образцах

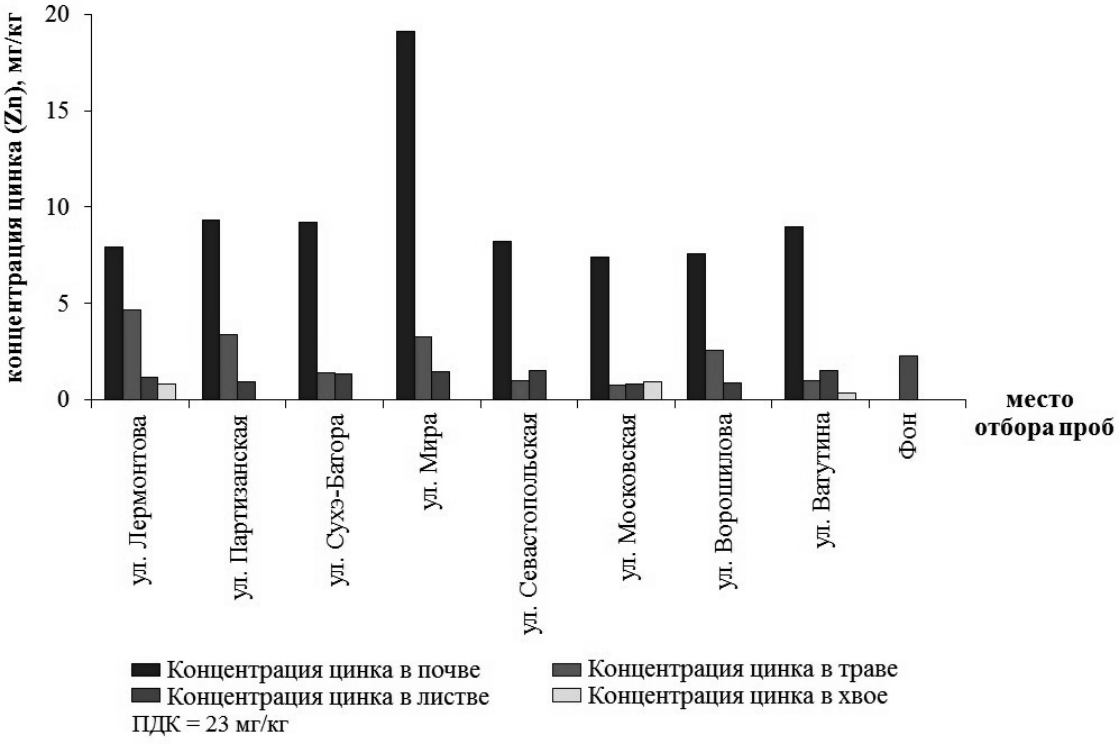


Рис. 6. Концентрация цинка в отобранных образцах

Концентрации цинка в отобранных образцах придорожной почвы, травы, листвы, хвои не превышают значение установленной ПДК. Концентрации цинка в образцах почвы, отобранных на ул. Мира, находятся на границе ПДК. Концентрации цинка во всех образцах почв превышают фоновую в 3–8 раз.

Содержание цинка в образцах травы, отобранных на следующих улицах: Ворошилова, Мира, Партизанская, Лермонтова, превышает фоновое значение в 1,1; 1,4; 1,5; 2 раза, соответственно. Содержание цинка во всех образцах листвы и хвои не превышает значение фоновой концентрации (см. рис. 6).

Концентрации кобальта в отобранных образцах придорожной почвы, травы, листвы, хвои не превышают значение установленной ПДК. Наибольшее содержание кобальта отмечено в образцах, отобранных на ул. Лермонтова и Партизанской, наименьшее – на ул. Мира, Ворошилова, Московской. Концентрация кобальта во всех образцах почв превышает фоновую, аналогично концентрации цинка, в 3–8 раз. Концентрации кобальта в образцах травы, отобранных на ул. Лермонтова и Партизанской, превышают фоновое значение в 1,5 и 3 раза, соответственно. Содержание кобальта во всех образцах листвы и хвои не превышает значение фоновой концентрации (см. рис. 7).

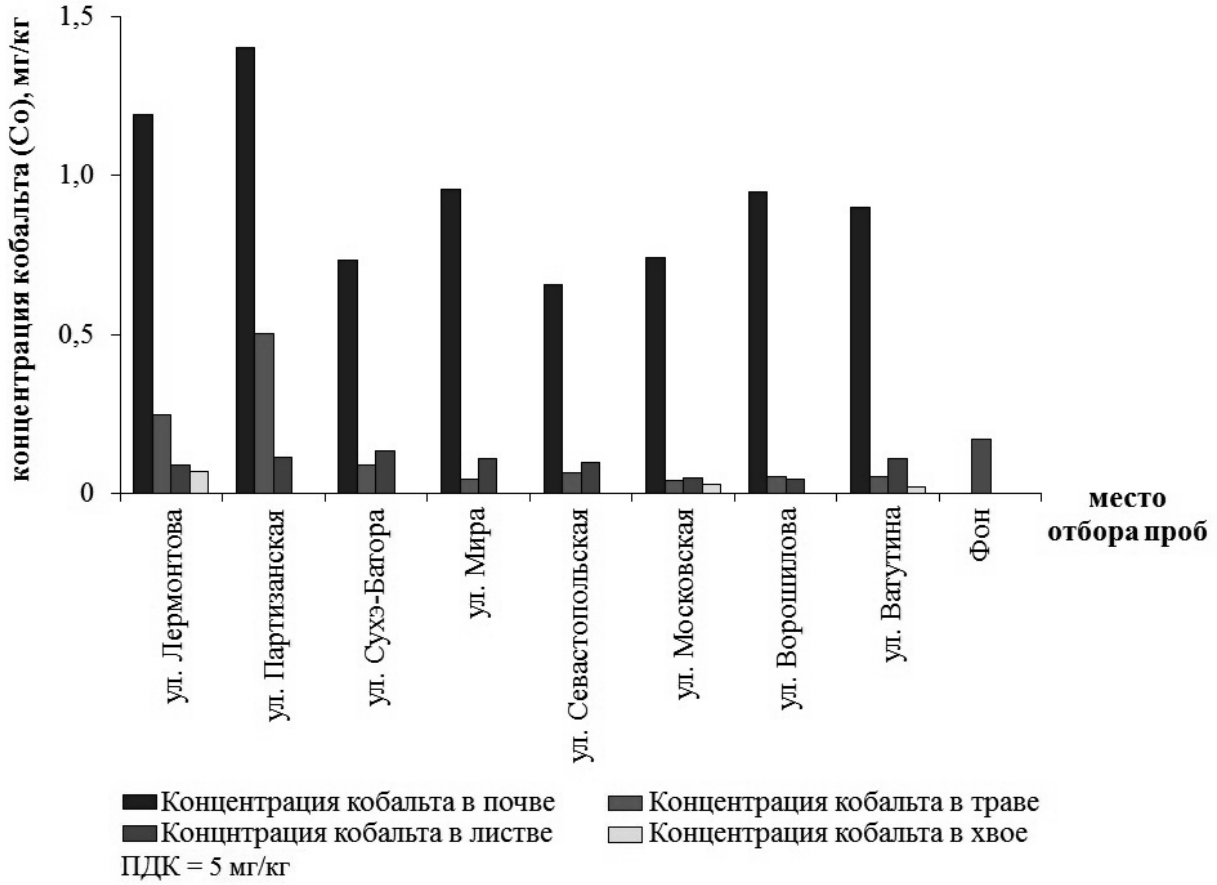


Рис. 7. Концентрация кобальта в отобранных образцах

На следующем этапе исследования по данным 6 основных показателей (Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn) были рассчитаны коэффициенты техногенного загрязнения почв (Zc) выбранных ключевых участков (табл. 1). Как известно, в зависимости от величины Zc выделяют несколько категорий загрязнения почв [2]:

- менее 16 – допустимая;
- (16–32] – умеренно-опасная;
- (32–128] – опасная;

- более 128 – чрезвычайно опасная.

Так, по результатам проведенных расчетов, почвы рассматриваемых ключевых участков относятся к категориям «опасная» и «чрезвычайно опасная», что свидетельствует о значительном загрязнении территорий исследования тяжелыми металлами, входящими в состав выхлопных газов автотранспорта (см. табл. 1).

Таблица 1

Категория техногенного загрязнения почв

Место отбора проб	Значение Zc	Категория загрязнения почв
ул. Лермонтова	107,6	опасная
ул. Партизанская	161,0	чрезвычайно опасная
ул. Сухэ-Батора	133,8	чрезвычайно опасная
ул. Мира	114,8	опасная
ул. Севастопольская	118,7	опасная
ул. Московская	170,7	чрезвычайно опасная
ул. Ворошилов	166,6	чрезвычайно опасная
ул. Ватутин	77,2	опасная

Заключение

Статистическая обработка данных позволила сделать выводы о степени однородности и корректности данных, полученных в результате осуществления массового (полуколичественного) полного спектрального анализа отобранных образцов почв и растительности придорожных зон городов Иркутской агломерации. Полученные значения средних квадратических отклонений и коэффициентов вариации (<17 %) свидетельствуют об удовлетворительной статистической однородности данных. Прослеживается правая асимметрия, определяемая наименьшим разбросом значений компонентного состава тяжелых металлов в отобранных образцах.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о значительном загрязнении придорожных полос рассматриваемых ключевых участков городов Иркутской агломерации тяжелыми металлами, входящими в состав выхлопных газов автотранспорта. Выявлены максимальные превышения ПДК следующих элементов: Ni, Pb, Cu, Cr, Zn, Co, концентрации которых превышают установленный санитарно-гигиенический норматив в десятки и даже сотни раз.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта для аспирантов и молодых сотрудников ИГУ в рамках научного проекта № 091–18–230.

Список литературы

1. *Алексеенко В. А.,* Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларк почв селитебных ландшафтов: монография. Ростов н/Д : Изд-во Юж. федер. ун-та, 2013. 380 с.
2. Инструкция 2.17.11-12-5-2004. Гигиеническая оценка почвы населенных пунктов. Минск, 2004.
3. Методика массового (полуколичественного) полного спектрального анализа (СТП-ПГО-009-84).

УДК 631.47

Создание карты засоленных почв Предбайкалья на основе геоинформационного картографирования

Е. А. Самойлова (Kattirka@mail.ru)[1], О. Г. Лопатовская (lopatovs@gmail.com)[2]

[1]*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск;*
[2]*Иркутский государственный университет, Иркутск*

Аннотация. На основе использования ГИС-технологий создана электронная карта засоленных почв Предбайкалье, составлена база данных к почвенным контурам и почвенным разрезам. Выявленные комплексы почвенных признаков позволяют диагностировать параметры, необходимые при описании засоленных почв; рассмотреть эколого-геохимические факторы формирования почв; уточнить ареалы распространения засоленных почв.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, карта, засоленные почвы, Предбайкалье.

В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) являются одними из самых быстроразвивающихся и интересных программ, поскольку их удобный пользовательский интерфейс и огромное количество информации делают их незаменимыми в эпоху современного прогресса. Развитие геоинформационного картографирования в почвоведении предоставляет возможность создавать различные картографические материалы; дополнять их соответствующим атрибутивным наполнением; помогает расширить и систематизировать знания о почвенном покрове; уточнить взаимосвязь факторов почвообразования и почв; провести инвентаризацию почвенных карт и сведений о почвенных разрезах; устранить ошибки при диагностике почв; создать рекогносцировочную модель почвенной карты для северных и горных территорий Иркутской области; отображать новые карты с учетом классификации почв России 2004 г. ; использовать при хранении в ГИС фотографические изображения почвенного профиля; откорректировать имеющиеся знания о почвах; использовать ГИС-технологии и методы дистанционного зондирования при создании средне- и крупномасштабных почвенных карт [1–3; 6].

Целью данного исследования стало составление карт засоленных почв для наиболее освоенных территорий в Иркутской области в Предбайкалье с использованием геоинформационного картографирования.

Засоленные почвы в Предбайкалье не имеют широкого распространения. Их общая площадь в Иркутской области составляет 82,90 тыс. га, из них солонцеватых 4,98 тыс. га (табл.). Наибольшие площади заняты под сенокосами. На Почвенной карте Иркутской области засоленные почвы выделяются отдельными контурами и представлены фрагментарно среди серых лесных, дерново-карбонатных, черноземов, луговых, лугово-черноземных, аллювиальных, лугово-болотных, болотных и засоленных почв. Частично развитый микрорельеф создает незначительную комплексность.

Наиболее распространенными почвами, имеющими в составе легкорастворимые соли являются: аллювиальные (дерновые и луговые), болотные низинные, луговые, лугово-болотные и солончаки. Они формируются в долинах крупных и малых рек: Куда, Залари, Нукутка, Унга.

В 2010 г. О. Г. Николаевой была оцифрована часть Почвенной карты Иркутской области в пределах Предбайкалья (рис. 1). Эта карта была составлена для дипломной работы В. В. Баженовой (научный руководитель О. Г. Лопатовская) с использованием фондовых отчетов ВостСибГИПРОЗем и рукописной карты (1988 г.) [4; 5].

Однако на этой карте засоленные почвы не были представлены даже внемасштабными знаками. Это связано с тем, что масштаб карты (1:3 500 000) не позволяет

отразить все разнообразие почвенного покрова (рис. 1). Засоленные почвы, являясь интразональными, встречаются отдельными пятнами среди других почв.

Таблица 1

Площади засоленных почв в структуре сельскохозяйственных угодий Иркутской области (Почвы Иркутской области, 1983)

Наименование почв	Всего		В том числе					
			пашня		сенокосы		пастбища	
	площадь тыс. га	%	площадь тыс. га	%	площадь тыс. га	%	площадь щадь- тыс. га	%
Черноземы солонцеватые	2,53	0,11	2,30	0,14	0,06	0,03	0,17	0,05
Лугово-черноземные солончаковатые	16,23	0,71	5,20	0,31	4,52	1,96	6,51	1,79
Луговые солончаковатые	22,74	0,99	7,00	0,41	6,26	2,72	9,48	2,60
Пойменные солончаковатые	37,69	1,64	12,90	0,76	11,31	4,92	13,48	3,70
Солонцы	2,45	0,11	1,10	0,06	0,46	0,20	0,89	0,24
Солончаки	6,24	0,27	0,50	0,02	1,24	0,54	4,50	1,23
Итого: засоленных	87,88	3,83	29,00	1,70	23,85	10,37	35,03	9,61

Лугово-черноземные и лугово-черноземные солонцеватые почвы распространены участками в пониженных элементах рельефа, нижних частях склонов увалов, долинах рек, ручьев, днищах падей, западинах древних террас на делювиальных и аллювиально-делювиальных отложениях, средне- или тяжелосуглинистого состава.

Луговые почвы формируются в местах повышенного увлажнения на аллювиальных отложениях и продуктах выветривания верхнекембрийских карбонатных пород. Луговые солончаковатые оглеенные почвы распространены в поймах и на нижних надпойменных террасах. Легкорастворимые соли представлены сульфатами, хлоридами и бикарбонатами.

Лугово-болотные (солончаковатые) почвы встречаются локально в понижениях, на первых надпойменных террасах и в поймах рек. Уровень грунтовых вод, как правило, находится на глубине 1,0–2,0 м. Тип засоления почв в основном сульфатный, хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный, сульфатно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-сульфатный. По катионному составу тип засоления – кальциево-натриевый, натриево-кальциевый, магниево-кальциевый, кальциево-магниевый.

Болотные почвы формируются по долинам крупных и мелких притоков рек и речушек в местах постоянного избыточного увлажнения преимущественно жесткими грунтовыми водами. Заболачивание в основном поверхностное, связанное с застоем атмосферных и ключевых вод. Грунтовые воды залегают ниже нормы осушения и отделены от поверхности почвы с ранней весны до поздней осени. Уровень грунтовых вод на глубине 1–5 м, минерализация до 1–3 г/л, химический состав вод гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный. В солевом составе солончаковатых почв содержатся хлориды, сульфаты, а также бикарбонаты натрия и сода.

Аллювиальные почвы формируются на слоистых аллювиальных отложениях преимущественно тяжелого грансостава. Гидрокарбонатные грунтовые воды, минерализацией до 1 г/л, залегают на глубине 1–5 м. На поверхности аллювиальных солончаковатых почв аккумулируются выцветы солей.

Солончаки встречаются в комплексе с луговыми солончаковатыми почвами. Развитию процесса соленакопления способствуют: соленосность кембрийских пород, выходы минерализованных грунтовых вод, испарительная концентрация солей.

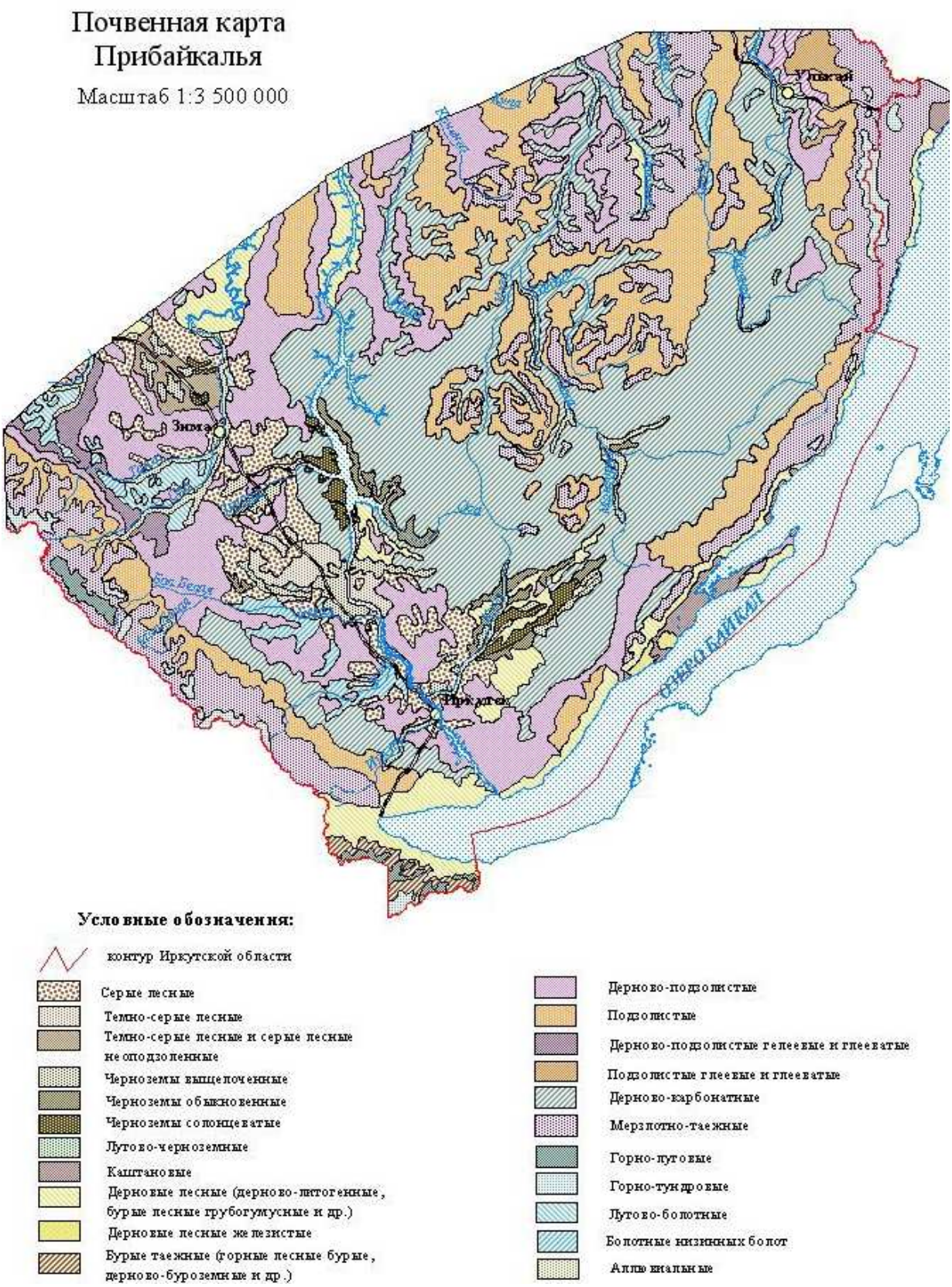


Рис. 1. Почвенная карта (составлена О. Г. Николаевой)

Солонцы встречаются на древних террасах и в сухих падях, в комплексе с солонцеватыми черноземами и лугово-черноземными почвами. Степные солонцы по окраске и мощности гумусового горизонта сходны с солонцеватыми черноземами, но отличаются от последних наличием отчетливо выраженного уплотненного столбчатого

солонцового горизонта. Луговые солонцы имеют хорошо выраженный темно-серый гумусовый горизонт с содержанием гумуса до 14 %. Верхняя часть этого горизонта обладает признаками осолодения, выражающимися в белесой окраске и пластинчатой структуре. Нижняя часть профиля луговых солонцов более или менее оглеенная.

Солоди встречаются довольно редко на плоских водораздельных поверхностях и на древних террасах.

Для Предбайкалья совместно с А. А. Сугаченко[7] была составлена другая карта-схема почв для целей эколого-мелиоративного районирования. На ней отображена территория, включающая северные районы Иркутской области. Однако и здесь не указывались засоленные почвы (рис. 2).

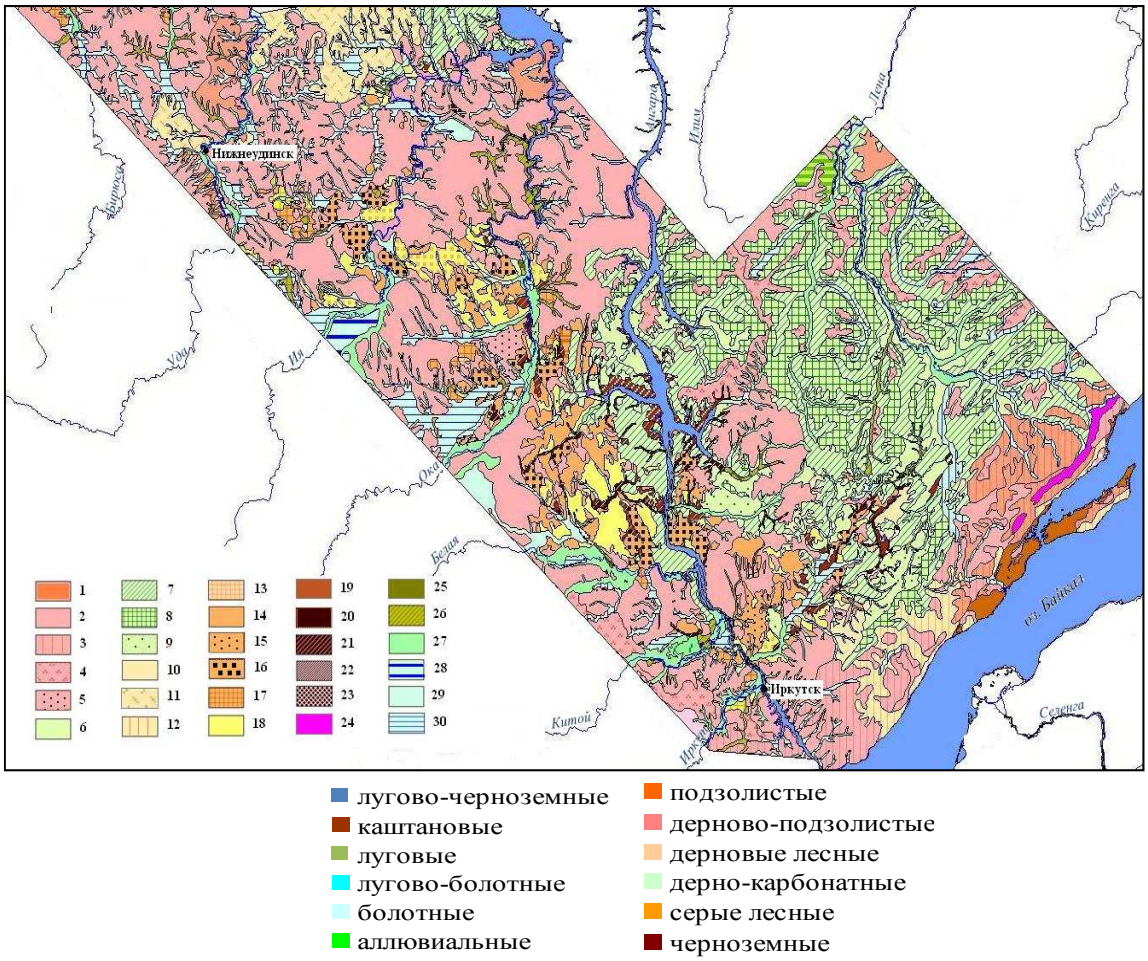


Рис. 2. Почвенная карта Прибайкалья (масштаб 1:500 000)

Для создания детальной карты засоленных почв были использованы фондовые отчеты и картографические материалы в масштабе 1:25 000. Разномасштабные фондовые картографические материалы обобщались и приводились к единому масштабу 1:200 000. такой масштаб позволил выделить контуры засоленных почв и отметить их на топооснове.

На карте показано, что наибольшее распространение в Кудинской депрессии имеют солончаки, засоленные почвы имеют в долинах рек (рис. 3).

За последние 15–20 лет площади засоленных почв увеличились. Об этом свидетельствуют материалы обследований проведенных в 1970–1980-х годах. В целях мониторинга сельскохозяйственных земель использование геоинформационных систем позволит на более качественном уровне оценить ситуацию в регионе.

Материалы Базы данных позволят произвести подсчет контуров почв, чтобы судить об увеличении, либо уменьшении площади засоленных почв.

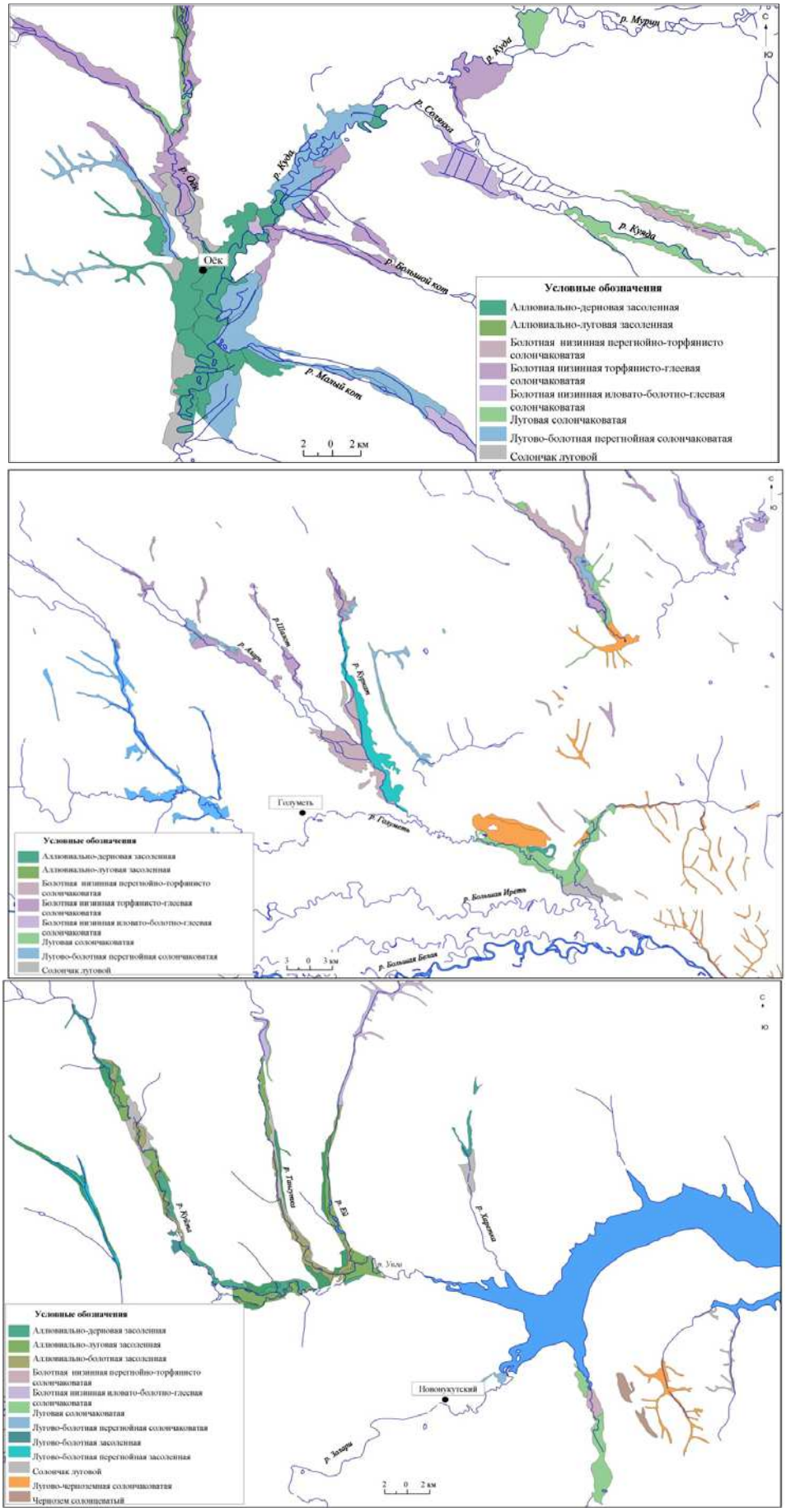


Рис. 3. Карта-схема засоленных почв в Предбайкалье (Усть-Ордынский район, Нукутский район, Черемховский район)

Благодарим А. А. Сугаченко, О. Г. Николаеву за помощь в создании картографических материалов.

Список литературы

1. *Лопатовская О. Г., Самойлова Е. А.* ГИС в картографии почв. Использование MapInfoProfessional в почвенном картировании : учеб.-метод. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. 97 с.
2. *Лопатовская О. Г., Самойлова Е. А., Сороковой А. А.* Засоленные почвы Приольхонья как объект геоинформационного картографирования // Геодезия и картография. 2016. № 5. С. 19–23.
3. *Лопатовская О. Г., Самойлова Е. А.* Свидетельство о государственной регистрации № 2014621359 базы данных «Физико-химические свойства засоленных почв Приольхонья». Дата регистрации в Реестре баз данных: 24 сентября 2014 г.
4. Почвенная карта Иркутской области. М. 1 500 000. М. ; Иркутск, 1988.
5. Почвы Иркутской области. Отчет Иркутского филиала Ин-та ВосСибГИПР
6. Зем. Рукопись. Иркутск, 1983. 223 с.
7. *Самойлова Е. А., Лопатовская О. Г., Сороковой А. А.* Геоинформационное картографирование засоленных почв Приольхонья. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 72 с.
8. *Сугаченко А. А.* Эколого-мелиоративное районирование почвенного покрова Предбайкалья : дис. … канд. биол. наук. Иркутск, 2017. 163 с.

УДК 574:550(574)

Видовое разнообразие и численность насекомых на территориях юга Казахстана с различным уровнем загрязнения тяжелыми металлами

Г. Г. Сливинский (gslivinsky@mail.ru)[1,2], И. И. Темрешев (temreshev76@mail.ru)[1,2]

[1]ТОО «УНПЦ Байсерке-Агро», [2]ТОО «Казахский НИИ Защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева» МСХ РК, г. Алматы.

Аннотация. Дана оценка видовому разнообразию и численности индикаторных видов насекомых на территориях юга Казахстана с различным уровнем загрязнения мелью, цинком, кадмием и свинцом. Приведены результаты корреляционного анализа между показателями биоразнообразия насекомых и концентрацией металлов в почве, растениях, суммарных выборках насекомых и выборках Оленки опоясанной (*Oxythirea cinctella* (Schaum, 1841)).

Ключевые слова: юг Казахстана, тяжелые металлы, индикаторные виды насекомых, видовое разнообразие, численность.

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) стала глобальной экологической проблемой, которая считается одной из причин снижения биологического разнообразия, в том числе биоразнообразия насекомых.

Известно, что насекомые способны накапливать в организме тяжелые металлы, что оказывает токсическое влияние, как на самих насекомых, так и на организмы, находящиеся на более высоких ступенях в пищевых цепях [20; 24; 26; 27].

С другой стороны, показатели биоразнообразия насекомые давно и успешно используются для оценки экологического состояния территорий [2; 4; 9; 14; 16–18; 23].

Юг Казахстана был и остается центром интенсивного ведения сельского хозяйства. Здесь, как и везде, широко используются минеральные удобрения и препараты для борьбы с вредителями растений содержащие тяжелые металлы. В этом регионе сосредоточены предприятия горнодобывающей и химической промышленности, в том числе предприятия по разработке месторождений полиметаллов (комбинат «Полиметалл», рудник «Шалкия») и др.

Целью настоящего сообщения был сравнительный анализ видового состава и численности индикаторных видов насекомых на территориях юга Казахстана и выявле-

ния взаимосвязей этих показателей с уровнем загрязнения территорий цинком, медью, кадмием и свинцом.

Исследования проводили в июне 2017 г. в сходных по времени суток и погодных условиях дни на разнообразных по экологическому состоянию территориях Жамбылской, Южно-Казахстанской и Кзыл-Ординской областей.

Для характеристики экологического состояния территорий с помощью насекомых-индикаторов наиболее часто используются показатели их видового обилия и численности. Недостатком такого подхода является то, что для анализа используются, как правило, большие выборки, представленные многими тысячами отловленных и фиксированных насекомых [14]. Подходы, связанные с коллектированием фауны и флоры, не применимы на особо охраняемых территориях, что не позволяет использовать биоиндикаторные методы для мониторинга состояния этих территорий. Поэтому оценку состояния энтомоценозов осуществляли путем визуальной регистрации состава индикаторных видов насекомых и балльной оценки их численности в полевых условиях [3; 5; 8]. Для этих целей использовали набор специально подобранных крупных и легко узнаваемых индикаторных видов [10; 11]. При проведении маршрутных учетов на мониторинговых участках в течение 2 ч для каждого встреченного вида была дана бальная оценка численности в соответствии с количеством отмеченных экземпляров (1 балл – 1–2 особи, 2 балла – до 5 особей, 3 балла – 5–10 особей, 4 балла – 10–20 особей, 5 баллов – более 20 особей).

Об уровне загрязнения среды медью, цинком, кадмием и свинцом судили по их содержанию в почве, сборах фоновых видов однолетних растений, а также по содержанию этих металлов в суммарных выборках насекомых и в выборках Оленки опоясанной (окаймленной) (*Oxythirea cinctella* (Schaum, 1841)), коллектированных при проведении маршрутных учетов.

Работа подготовлена в рамках выполнения проекта ГФ 4163 «Мониторинг экологического состояния наземных и водных экосистем Южного Казахстана с использованием индикаторных видов беспозвоночных» Министерства образования и науки Республики Казахстан и проекта МСХ РК BR06249249 «Разработка комплексной системы повышения продуктивности и улучшения племенных качеств сельскохозяйственных животных, на примере ТОО «Байсерке Агро» по подпроекту 2. «Совершенствование технологий возделывания и заготовки кормовых культур».

В зависимости от природных особенностей исследованных биотопов и степени воздействия на них природных и антропогенных факторов, количество отмеченных видов насекомых и их общая численность в баллах значительно варьировали (рис. 1).
Ранжированные по числу видов эти два показателя достоверно аппроксимируются логарифмическими трендами и попарно скоррелированы между собой ($r = 0{,}979$; $p < 0{,}001$). Наиболее бедным разнообразием и низкой численностью характеризовались биотопы вблизи свинцово-цинкового месторождения «Комбинат Полиметалл» на окраине г. Кентау, в окрестностях месторождения фосфоритов (г. Жанатас), загрязненные участки побережья Кентауского водохранилища, сад плодовых культур, который подвергался химической обработке, а также территория на границе поля тритикале, расположенного вблизи автотрассы.

Кадмий в исследованных образцах почвы не обнаружен, а цинк и медь содержались в концентрациях значительно ниже установленных ПДК (23 и 3 мг/кг, соответственно). Среди исследованной группы ТМ наиболее существенным было обнаружение свинца в 75 % проб почвы. Относительно высокая концентрация этого металла выявлена на побережье Кентауского водохранилища (12 мг/кг), степном биотопе «Сауран», расположенном вблизи автотрассы – 9,2 мг/кг, а также на окраине поля тритикале, также вблизи автотрассы. Все выявленные концентрации свинца в почве были существенно ниже действующей в Казахстане ПДК (32 мг/кг).

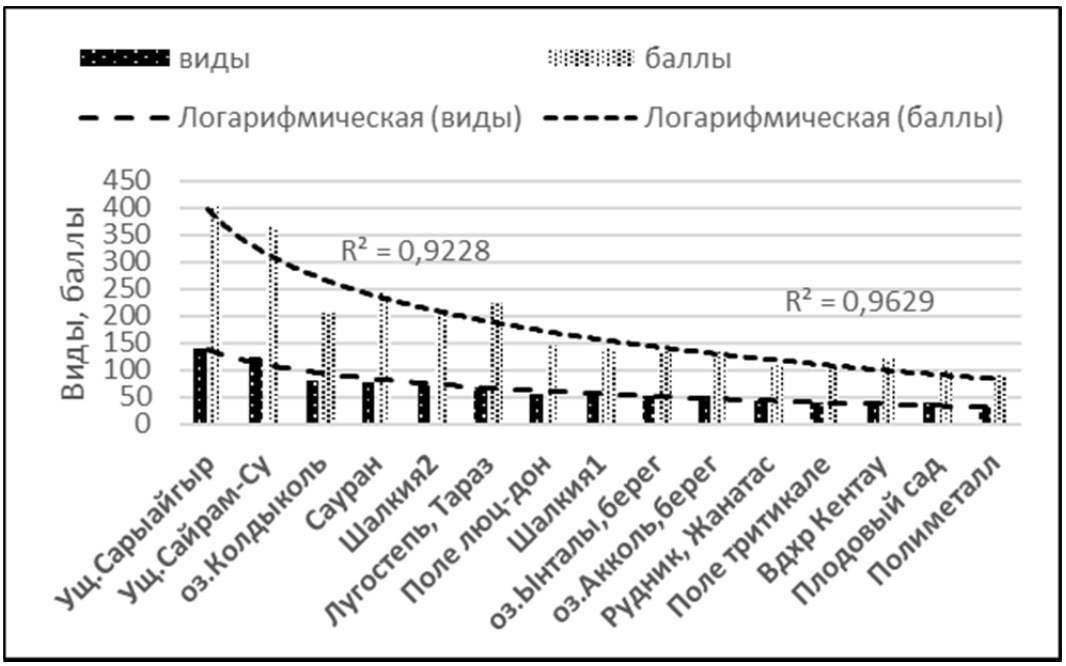


Рис. 1. Число зарегистрированных индикаторных видов насекомых и их численность в баллах на исследованных территориях юга Казахстана
R^2 – достоверность аппроксимации

В сборах фоновых видов однолетних растений медь найдена в концентрации от 1,2 мг/кг (ущелье Сайрам-Су) до 2,1 мг/кг (Комбинат «Полиметалл»). Концентрация цинка была в интервале от 6,4 мг/кг (поле тритикале) до 38 мг/кг (биотоп «Сауран»).

Кадмий в растениях не обнаружен, а свинец выявлен в 14 из 16 проб. Относительно высокая концентрация свинца найдена в растениях, коллектированных на побережье часто посещаемых водоемов: Кентауского водохранилища – 4,6 мг/кг, озера Колдыколь – 3,3 мг/кг, а также на территории ряда горнодобывающих предприятий (рудник «Шалкия 2» – 2,0 мг/кг; комбинат «Полиметалл» – 1,5 мг/кг; рудник «Жанатас – 1,2 мг/кг).

Коэффициенты накопления свинца в растениях, по сравнению с почвой, находились в интервале от 0,011 (смешанная лугостепная ассоциация, Тараз) до 1,84 (побережье Кентауского водохранилища) и, в подавляющем числе случаев, были значительно меньше единицы. Значимой корреляции между концентрацией свинца в почве и в растениях не выявлено ($r = 0,388$; $p>0,05$).

В суммарных сборах насекомых кадмий обнаружен в 27 % от общего числа проб в концентрации от 0,021 до 0,46 мг/кг. Концентрация меди – от 0,28 мг/кг («Плодовый сад») до 3,2 мг/кг («Поле тритикале»). Концентрация цинка – от 0,92 мг/кг до 8,7 мг/кг (смешанная лугостепная ассоциация, Тараз). Свинец в насекомых выявлен в концентрации от 0,04 мг/кг (рудник «Шалкия 1) до 1,6 мг/кг (рудник «Жанатас»).

В качестве потенциального биогеохимического индикатора загрязнения среды ТМ был исследован также уровень металлов в выборках Оленки опоясанной. Оленка опоясанная – небольшой жук из семейства пластинчатоусых (Scarabaeidae), широко распространенный на юге и юго-востоке Казахстана. Обитает в самых разнообразных стациях, достигая пояса субальпийских лугов. Имаго питается пыльцой и лепестками цветов, а также плодами и другими частями разнообразных растений, иногда размножается в массовых количествах. вследствие чего может серьезно вредить декоративным и сельскохозяйственным культурам. В частности, на территории ТОО «Байсерке Агро» неоднократно были отмечены повреждения ею кормовых культур – тритикале, пшеницы, ячменя, люцерны, сои и др. В силу этого вид был выбран в качестве индикаторного при проведении исследований.

В выборках Оленки опоясанной медь найдена в концентрации от 0,16 мг/кг (ущелье Сарыайгыр) до 2,2 мг/кг («Поле тритикале»), цинк – от 2,9 мг/кг (Комбинат «Полиметалл») до 12 мг/кг (ущелье Сарыайгыр). Кадмий выявлен в двух из 13 исследованных выборок. Достоверной корреляции в содержании свинца между выборками насекомых и выборками оленки опоясанной нет (0,496; p <0,1).

Для выяснения возможных взаимосвязей между уровнем загрязнения территорий ТМ и показателями биоразнообразия насекомых, был осуществлен корреляционный анализ между концентрацией металлов в почве, растениях, насекомых и числом отмеченных видов, а также их суммарной численностью. По результатам корреляционного анализа, приведенным в таблице, не установлено достоверной связи между показателями биоразнообразия насекомых и концентрацией меди, цинка и свинца в почве, растениях и выборках Оленки опоясанной. Также нет корреляции между концентрацией меди в суммарных пробах насекомых, числом зарегистрированных видов насекомых и их численностью.

Достоверная положительная корреляция установлена между концентрацией цинка и численностью насекомых. Между концентрацией свинца в насекомых их видовым разнообразием, а также численностью имеется отрицательная корреляционная связь.

Для оценки видового разнообразия и численности мы использовали визуальную регистрацию до 200 хорошо определяемых индикаторных видов в полевых условиях. При наблюдаемом сегодня повсеместном сокращении численности энтомофауны, такой способ обладал известными преимуществами, так как позволял избежать необходимости коллектировать для камеральной обработки большое число экземпляров, в том числе полезных и редких видов.

Результаты полевых учетов свидетельствуют о том, что низкие показатели биоразнообразия насекомых характерны для территорий с выраженными признаками антропогенной нагрузки. В первую очередь, это индустриальные зоны горнодобывающих предприятий, зоны активной хозяйственной деятельности, побережье часто посещаемых водоемов, территории где ведется интенсивный выпас скота, что приводит к деградации растительности. Низкие показатели фиксируются также на природных участках со слабо развитой и однообразной растительностью и отсутствия цветущих растений.

Параллельный анализ содержания меди, цинка, кадмия и свинца в пробах почвы, растений и выборках насекомых свидетельствует об относительно невысоком уровне загрязнения исследованных территорий этими металлами.

В почве и растениях кадмий не найден, а у насекомых обнаружен в единичных пробах в концентрации существенно ниже максимально допустимого уровня (МДУ) для беспозвоночных. В почве отмеченные концентрации меди, цинка и свинца были ниже действующих ПДК. Уровни этих металлов в однолетних растениях также не выходят за пределы фоновых значений [6; 7].

Таблица 1

Корреляционные отношения между концентрацией тяжелых металлов в почве, сборах однолетних растений, суммарных выборках насекомых, выборках Оленки опоясанной и показателями биоразнообразия насекомых

Объект	Элемент	Число отмеченных видов		Суммарная численность, баллы	
		r	P	r	P
Почва	Pb	0,433	0,094	0,47	0,066
Растения	Cu	0,151	0,576	-0,276	0,300
	Zn	0,445	0,0843	0,204	0,449
	Pb	-0,044	0,871	-0,304	0,253
Насекомые (суммарная проба)	Cu	0,065	0,839	0,138	0,669
	Zn	0,523	0,081	**0,603**	**0,038**
	Pb	**-0,662**	**0,019**	**-0,679**	**0,015**
Оленка опоясанная	Cu	0,037	0,926	0,091	0,815
	Zn	0,426	0,253	0,426	0,253
	Pb	-0,357	0,346	-0,435	0,242

Примечание – ранговая корреляция Спирмена, r – коэффициент корреляции, p – уровень значимости

При сравнительном анализе показателей биоразнообразия и содержанием меди, цинка и свинца в почве и растениях достоверных корреляционных связей установить не удалось. Это указывает на то, что содержание этих металлов в среде обитания не являются лимитирующим фактором для разнообразия насекомых. Достоверной взаимосвязи между показателями биоразнообразия и концентрацией меди в суммарных выборках насекомых также нет, однако между концентрацией цинка и численностью насекомых установлена положительная корреляция.

Известно, что недостаток цинка в почве является неблагоприятным признаком отрицательно сказывающемся на растениях [7]. Цинк является жизненно необходимым элементом, дефицит которого в растениях и животных ведет к ряду патологий. Содержание этого элемента в насекомых, как и у всех животных, поддерживается на определенном уровне и, по-видимому, является видоспецифичным [13; 19; 21].

Отсутствие значимой корреляции между обилием насекомых и концентрацией цинка у Оленки опоясанной, с одной стороны, и наличие такой корреляции с концентрацией цинка в суммарных выборках насекомых, позволяет предположить, что увеличение видового разнообразия насекомых на экологически благополучных территориях может быть связано с увеличением доли видов с относительно высокой концентрацией цинка в организме.

Свинец является одним из приоритетных загрязнителей окружающей среды. Соединения свинца накапливаются и долго сохраняются в окружающей среде, не теряя своих токсичных свойств. Отрицательное влияние различных соединений свинца на биоту известно давно [1]. В ряде исследований установлено токсическое влияние соединений свинца на самые различные морфологические и функциональные характеристики насекомых [12; 15; 22; 25]. Однако установленные в настоящей работе низкие концентрации свинца в почве, растениях, а также в насекомых, где она не превышала 1,6 мг/кг, указывает на то, что отрицательная связь между концентрацией этого металла и показателями биоразнообразия насекомых в данном регионе не связана с прямым токсическим действием свинца, а, скорее всего, с его ролью в качестве индикатора неблагоприятных экологических условий, определяемых иными факторами.

Список литературы

1. *Альберт. Э.* Избирательная токсичность. М. : Мир, 1971. 431 с.
2. *Бекетов М. А.* Поденки и стрекозы Верхнего Приобья и их применение в биомониторинге и экотоксикологических исследованиях : автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск, 2003. 22 с.
3. *Кащеев В. А., Казенас В. Л.* Основные принципы зоологического мониторинга экосистем особо охраняемых природных территорий Казахстана (на примере беспозвоночных животных) // Selevinia. 2011. С. 189–197.
4. *Козлов М. В.* Влияние антропогенных факторов на популяции наземных насекомых // Итоги науки и техники. Сер. Энтомология. 1990. С. 13–192.
5. Особо охраняемые природные территории Свердловской области: мониторинг состояния природной среды / И. А. Кузнецова [и др.]. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. 189 с.
6. *Савченко В. В.* Техногенный поток рассеяния // ДАН Беларуси. 1992. Т. 36, № 1. С. 67–71.
7. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает [и др.]. М., 1990. 395 с.
8. *Сливинский Г. Г., Казенас В. Л., Темрешев И. И.* Видовое разнообразие энтомофауны на территориях юга Казахстана с различной антропогенной нагрузкой // Сб. ст. науч.-практ. конф с междунар. участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017». Севастополь. 2017. С. 1242–1246.
9. *Сушко Г. Г.* Насекомые – как индикаторы экологического состояния верховых болот Белорусского полесья // Тр. БГУ. 2015. Т. 10. Ч. 1. С. 359–367.
10. Предварительный список индикаторных видов насекомых Южного Казахстана / И. И. Темрешев, В. Л. Казенас, М. К. Чильдебаев, Г. Ж. Исенова, Г. Е. Кожабаева. Алматы : Нур-Принт, 2015. 165 с.
11. *Т*Дополнение к списку индикаторных видов насекомых Южного Казахстана / И. И. Темрешев, В. Л. Казенас, П. А. Есенбекова, Г. Ж. Исенова, Г. Е. Кожабаева Алматы : Нур-Принт, 2016. 180 с.
12. *Devkota B, Schmidt G. H.* Effects of heavy metals (Hg2+, Cd2+, Pb2+) during the embryonic development of acridid grasshoppers (Insecta, Caelifera) // Arch Environ Contam Toxicol. 1999. Vol. 36. P. 405–414. doi: 10.1007/PL00006613.

13. Goodyear, K. L. ; McNeill, S. Bioaccumulation of heavy metals by freshwater insect larvae // Environmental Contamination and Toxicology. 1998. Vol. 158. P. 129–146.
14. Insect diversity of different habitat types in Zhalong Wetland, northeast China / Gu W., Ma L., Ding X. H., Zhang J., Han Z. W. // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2011. Vol. 22, N 9. P. 2405–2412.
15. *Haq R., Khan M. F., Haq E.* Adverse effect of lead acetate on *Drosophila melanogaster* // Journal of Basic and Applied Sciences. 2011. Vol. 7, N 2. P. 157–163.
16. *Jana G., Misra K. K., Bhattacharya T.* Diversity of some insect fauna in industrial and non-industrial areas of West Bengal, India // J. Insect Conserv. 2006. Vol. 10, N 249. https://doi.org/10.1007/s10841–005–5094–5.
17. *Jones E. L., Leather S. R.* Invertebrates in urban areas: A review // Eur. J. Entomol. 2012. Vol. 109, N 4. P. 463–478.
18. Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring / J. R. Mauricio da Rocha, J. R. Almeida, G. A. Lins, A. Durval // HOLOS Environment. 2010. Vol. 10, N 2. P. 250.
19. Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution / M. Nummelin, M. Lodenius, E. Tulisalo, H. Hirvonen, T. Alanko // Environ. Pollut. 2007. Vol. 145, N 1. P. 339–347.
20. *Selvaraj K., Agoramoorthy G.* Taiwan's industrial heavy metal pollution threatens terrestrial biota // Environ. Pollut. 2006. Vol. 143. P. 327–334.
21. *Soon-Kyung Kim, Connie M. Weaver, Mi-Kyeong Choi*. Proximate composition and mineral content of five edible insects consumed in Korea // CyTA – Journal of Food. 2017. Vol. 15, № 1. P. 143–146. https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1223172.
22. *Suganya M., Karthi S., Shivakumar M. S.* Effect of Cadmium and Lead Exposure on Tissue Specific Antioxidant Response in *Spodoptera litura* // Free Radicals and Antioxidants. 2016. Vol. 6. P. 90–100.
23. *Wang Y. P., Wu H., Xu H. C.* Biological and ecological bases of using insect as a bio-indicator to asses forest health // YingYong Sheng Tai Xue Bao. 2008. Vol. 19 (7). P. 1626–1630.
24. Heavy metal accumulation, heat shock protein expression and cytogenetic changes in *Tetrix tenuicornis* (L.) (Tetrigidae, Orthoptera) from polluted areas / E. Warchalowska-Sliwa, M. Niklinska, A. Gorlich, P. Michailova, E. Pyza // Environ. Pollut. 2005. Vol. 133. Issue 2. P. 373–381.
25. Mortality and tissue damage by heavy metal contamination in the German cockroach, *Blattella germanica* (Blattaria, Blattellidae) / Y. Zhang, S. Lambiase, M. Fasola, C. Gandini, A. Grigolo, U. Laudani // Ital. J. Zool. 2001. Vol. 68. P. 137–145.
26. *Zheng N, Wang Q. C., Zheng D. M.* Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables // Sci. Total Environ. 2007. Vol. 283. P. 81–89.
27. Mercury, Cadmium and and Lead Biogeochemistry in the Soil-Plant-Insect System in Huludao City / Zhong-Sheng Zhang, Xian-Guo Lu, Qi-Chao Wang, Dong-Mei Zheng // Environmental Contamination and Toxicology. 2009. № 83 (2). P. 255–259.

УДК 551.510.42

Оценка состояния атмосферного воздуха при строительном освоении территории с. Алатау Алматинской области

Д. П. Фан (di.fan2212@gmail.com)

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Аннотация. Рассматриваются природно-экологические условия территории с. Алатау Алматинской области и проведена оценка состояния атмосферного воздуха при строительном освоении территории.

Ключевые слова: оценка состояния атмосферного воздуха, загрязняющие вещества, источники загрязнения, санитарно-защитная зона.

Любая планируемая хозяйственная деятельность должна быть экологически обоснована. Одним из видов экологического обоснования является оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) [1]. Данная процедура направлена на определение характера, масштабов, степени опасности всех потенциальных видов воздействий намечаемой деятельности на окружающую среду, а также оценку экологических, экономических и социальных последствий этого воздействия.

Целью данной работы является оценить воздействие загрязняющих веществ, образующихся при строительстве в с. Алатау Алматинской области, на состояние атмосферного воздуха. При отсутствии надлежащего контроля строительные работы могут вызывать серьезные нарушения экологического равновесия. В связи с тем, что исследуемая территория активно развивается и осваивается под строительство, оценка загрязнения атмосферного воздуха на данной территории является актуальной.

Строительная площадка находится на территории Алматинской области, расположенной на юге республики Казахстан. Климатические условия характеризуемой территории определяются ее физико-географическим положением. Данная область на юге находится между хребтами Северного Тянь-Шаня, на северо-западе граница проходит по озеру Балхаш и на северо-востоке по реке Или. Климат района размещения площадки резко континентальный, со средней активностью ветрового режима, большими колебаниями погодных условий в течение года, холодной зимой и очень жарким продолжительным летом.

В геоморфологическом отношении участок работ расположен в конусевыносе рек Большая Алматинка и Каргалинка. Рельеф местности вокруг площадки равнинный, перепад высот менее 50 м на 1 км. Рельеф площадки спокойный, полого-наклонный в северном направлении. Грунты на строительной площадке представлены суглинками непросадочными, гравийно-галечник. Участок строительства потенциально неподтопляемый. Сейсмичность района составляет 9 баллов [2].

Объектом проектируемого строительства является детский сад – двухэтажное здание с подвалом и мансардой. Вокруг здания планируется устроить отмостку из асфальтобетона.

При строительстве объекта основным видом производственных работ являются земляные работы. Разработку котлована рекомендуется выполнять экскаватором «обратная лопата», доработку грунта производить вручную. Разработанный грунт отвозится автомобилями – самосвалами во временный отвал на специально отведенный участок в пределах строительной площадки. Обратную засыпку, подсыпку под полы вести послойно, бульдозером, с уплотнением каждого слоя ручными пневматическими трамбовками, самоходными катками. Грунт для обратной засыпки и подсыпки подвозить из временного отвала. Земляные работы рекомендуется выполнять в период с 20 апреля по 20 октября текущего года для исключения необоснованных затрат при разработке мерзлых грунтов.

Основными источниками выделений вредных веществ в атмосферу при строительстве являются:

Источник 6001- Движение автотранспорта по территории площадки проведения работ.

При движении автотранспорта по территории площадки строительства, в атмосферный воздух выделяется пыль неорганическая сод. SiO_2 20–70 %. Источник неорганизованный.

Источник 6002- Земляные работы: пост выемки грунта, погрузка строительного мусора

Выемка грунта при проведении работ, а также погрузка строительного мусора производится открытым способом, посредством экскаватора. При работе поста выемки грунта в атмосферный воздух выделяется пыль неорганическая сод. SiO_2 20–70 %. Источник неорганизованный.

Источник 6003- Земляные работы: пост перемещения грунта.

Для восстановления оси трассы, грунт перемещается и разравнивается бульдозером. При перемещении грунта в атмосферный воздух выделяется пыль неорганическая сод. SiO_2 20–70 %. Источник неорганизованный.

Источник 6004- Пост ссыпки инертных строительных материалов (ИСМ).

Инертные строительные материалы (песок, щебень, ПГС) необходимые для строительства (уплотнение дорожного полотна), доставляют грузовым автотранспортом по мере необходимости. При ссыпке ИСМ в атмосферный воздух выделяется пыль неорганическая сод. SiO_2 20–70 %. Источник неорганизованный.

Источник 6005- Работа спецтехники.

При проведении работ на территории проектируемых дорог будут использоваться специальные машины и техника. При работе спецтехники в атмосферный воздух выделяются следующие вещества: оксид углерода, углеводороды, диоксид азота, сажа, формальдегид, ангидрид сернистый, бенз(а)пирен. Источник неорганизованный.

Источник 6006- Сварочные работы

На территории площадки строительства используется ручная электродуговая сварка штучными электродами марки Э 42. Вредные вещества, выделяемые в атмосферный воздух от работы поста: оксиды железа, марганец и его соединения, пыль неорганическая сод. SiO_2 20–70 %, фториды неорганические, фтористый водород, диоксид азота, оксид азота, оксид углерода. Источник неорганизованный.

Источник 6007- Сварка в среде углекислого газа

Для выполнения сварочных работ используется электродная проволока СВ – 08 А. расход проволоки составляет 1 кг/час. При сварочных работах в атмосферный воздух выделяются загрязняющие вещества: оксид железа, марганец и его соединения, пыль неорганическая сод. SiO_2 20–70 %.

Источник 6008- Работы по гидроизоляции.

Гидроизоляция железобетонных и бетонных стыков будет производиться с использованием битумной мастики. В атмосферный воздух выделяются углеводороды предельные C_{12}-C_{19}. Источник неорганизованный.

Источник 6009- Разогрев битума, пропитка щебеночного основания.

Для пропитки щебеночного основания используют горячий битум. При разогреве битума и его разливе в атмосферный воздух выделяются углеводороды предельные C_{12}-C_{19}. Источник неорганизованный.

Источник 6010- Пост сварки п/э труб.

На территории площадки строительства используют сварочный агрегат для сварки полиэтиленовых труб. При проведении работ по сварке стыков полиэтиленовых труб в атмосферный воздух выделяются винил хлористый и оксид углерода. Источник неорганизованный.

Источник 6011- Работы с лакокрасочными материалами.

На посту лакокрасочных работ производится огрунтовка и окраска металлических, бетонных и деревянных поверхностей. Вещества, выделяемые в атмосферный воздух: диметилбензол (ксилол), взвешенные вещества, уайт-спирит. Источник неорганизованный.

Источник 6012- Укладка асфальтобетонного покрытия.

Для восстановления дорожного полотна используется горячая асфальтобетонная смесь. Температура асфальтобетонной смеси – 160 °С. Загрязняющие вещества, выделяемые в атмосферный воздух при укладке асфальтного покрытия – углеводороды предельные C_{12}-C_{19}. Источник неорганизованный.

В ходе исследования был проведен расчет выбросов от каждого источника

Всего на период строительства в атмосферный воздух выделяются вредные вещества 17 наименований: оксиды железа, марганец и его соединения, диоксид азота, оксид азота, углерод(сажа), диоксид серы, оксид углерода, фтористые газообразные соединения, фториды неорганические, бенз/а/пирен, формальдегид, уайт-спирит, хлорэтилен, диметилбензол (ксилол), углеводороды предельные С12-С19, взвешенные вещества, пыль неорганическая сод. 70–20 % SiO2., а также группы суммаций сернистый ангидрид+ диоксид азота, сернистый ангидрид+ фтористый водород, фтористый водород + фториды неорганические, пыль приведенная к ПДК 0,5.

Расчеты выбросов по загрязняющим веществам рассчитывались по утвержденным методикам [4]. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов выбросов по загрязняющим веществам

Источник	Код	Наименование ЗВ	Величина выброса ЗВ
			т/пер. стр. *
Движение автотранспорта по территории площадки проведения работ	6001	Пыль неорганическая	0,41182
Земляные работы: пост выемки грунта.	6002	Пыль неорганическая	0,41182
Земляные работы: пост перемещения грунта	6003	Пыль неорганическая	0,41182
Пост ссыпки инертных строительных материалов	6004	Пыль неорганическая	0,41182
Работа спецтехники	6005	Оксид углерода Углеводород Диоксид азота Сажа Формальдегид Сернистый ангидрид Бенз(а)пирен	14,6111 4,54509 5,8333 2,2598 0,3939 2,9169 0,00048
Сварочные работы	6006	Оксид железа Марганец и его соединения Пыль неорганическая Фтористый водород Диоксид азота Оксид азота Оксид углерода	0,02261 0,00208 0,4182 0,00154 5,8333 0,0004 14,6111
Сварка в среде углекислого газа	6007	Оксид железа Марганец и его соединения Пыль неорганическая	0,02261 0,00208 0,4182
Работы по гидроизоляции	6008	Предельные углеводороды C_{12} – C_{19}	0,3578
Разогрев битума, пропитка щебеночного основания	6009	Углеводороды предельные C_{12}-C_{19}	0,3578
Пост сварки п/э труб.	6010	Винил хлористый и оксид углерода	14,611104
Работы с лакокрасочными материалами	6011	Диметилбензол (ксилол), взвешенные вещества, уайт-спирит	0,4713
Укладка асфальтобетонного покрытия.	6012	Углеводороды предельные C_{12}-C_{19}.	0,3578

* *тонн/период строительства*

Суммарный выброс на период строительства составляет 0,877982 т/пер. стр. в том числе твердые- 0,50002 т/пер. стр., газообразные и жидкие- 0,377962 т/пер. стр.

Для определения максимально возможных концентраций на прилегающей территории участка строительных работ был произведен расчет рассеивания вредностей по ингредиентам и группам суммации и определение приземных концентраций. Степень загрязнения каждой примесью оценивалась по максимальным концентрациям, создаваемым на прилегающем участке строительства и в селитебной зоне.

Согласно требованию п. 5.21 РНД 211.2.01.01-97 [4], для ускорения и упрощения расчетов приземных концентраций рассматриваются те из выбрасываемых веществ, для которых М/ПДК>Ф (Ф= 0,01Н при Н> 10м, Ф=0,1Н при Н<10м). Здесь М(г/с)- суммар-

ное значение выброса от всех источников объекта по данному ингредиенту; ПДК(мг/м^3)- максимальная разовая предельно допустимая концентрация; Н(м)- средневзвешенная по предприятию высота источников выброса.

Расчет рассеивания вредностей необходимо провести по диоксиду азота, марганцу и его соединениям, углероду(сажа), бенз/а/пирену, формальдегиду, фторидам неорганическим, фтористым газообразным соединениям, диметилбензолу, углеводородам предельным С12-С19, диоксиду серы, оксиду углерода, взвешенным веществам, пыли неорганической сод. 70–20 % SiO, а также группам суммации сернистый ангидрид + диоксид азота, сернистый ангидрид+ фтористые газообразные соединения, фтористые газообразные соединения+ фториды неорганические, сумме пылей приведённых к ПДК 0,5. По оксидам железа, оксиду азота, хлорэтилену, уайт-спириту расчет проводить нецелесообразно.

На существующее положение расчет максимальных приземных концентраций приводится в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов приземных концентраций на период строительства

Загрязняющее вещество	ПДК м. р.	Расчетные максимальные концентрации в долях ПДК	Расчетные максимальные концентрации в долях ПДК в жилой зоне
Марганец и его соединения	0,01	3,52232	1,55549
Диоксид азота	0,2	0,42396	0,42802
Сажа	0,15	0,62627	0,62627
Сернистый ангидрид	1,25	0,03233	0,03233
Оксид углерода	5,0	0,04930	0,05122
Фтористые газообразные соединения	0,02	0,49894	0,27543
Фториды неорганические плохо растворимые	0,2	0,49195	0,14098
Диметилбензол	0,2	0,09259	0,08890
Бенз(а)пирен	0,00001	0,20109	0,20109
Формальдегид	0,035	0,15595	0,15595
Углеводороды предельные С12-С19	1,0	4,12532	3,22562
Взвешенные вещества	0,5	0,09198	0,09106
Пыль неорганическая	0,3	4,19812	3,06516
Гр. сумм сернистый анг. + диоксид азота	1,0	0,45629	0,46032
Гр. сумм сернистый анг. + фтористый водород	1,0	0,49894	0,28342
Гр. сумм фтористый водород+ фториды неорганические	1,0	0,98632	0,41357
Гр. сумм взвешенные вещества + пыль неорганическая	0,5	2,51887	1,84722

Анализ расчета рассеивания показал, что превышение приземных концентраций на территории площадки проведения работ и в ближайшей жилой зоне будут наблюдаться по неорганической пыли, марганцу и его соединениям, углеводородам С12-С19, а также по пыли, приведенной к ПДК 0,5.

Таким образом, в данной работе было показано, что при строительстве объектов на исследуемой территории основным компонентом природной среды, подвергающимся неблагоприятным воздействиям, является атмосферный воздух. Всего на период строительства в атмосферный воздух выделяются 17 наименований вредных веществ, суммарный выброс которых составил 0,877982 т/пер. стр., в том числе твердых 0,50002 т/пер. стр., газообразных и жидких 0,377962 т/пер. стр. Выполненные расчеты показали превышение приземных концентраций по неорганической пыли, марганцу и его соединениям, углеводородам C_{12}-C_{19}.

В период проведения строительно-монтажных работ выбросы загрязняющих веществ ограничиваются сроками строительства. При строительных работах загрязне-

ние воздуха происходит в основном отработавшими газами дорожно-строительных машин и транспортных средств. Концентрация токсичных веществ в воздухе зависит от типа автомобильных двигателей (карбюраторный, дизельный), мощности двигателей, интенсивности и скорости движения. Учитывая непродолжительность воздействий и уровень превышений предельно-допустимых концентраций в период строительства, влияние на атмосферный воздух незначительное и локальное. Основными мероприятиями по снижению загрязнения воздуха на исследуемой территории могут быть регулировка двигателей внутреннего сгорания и перевод строительной техники на газовое топливо.

Список литературы

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 янв. 2007 г. № 212-III ЗРК (с изм. и доп. по состоянию на 25.04.2016).
2. СНиП РК 2.04-01-2001. Строительная климатология
3. РНД 211.2.02.04-2004 Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. Астана, 2005
4. РНД 211.2.01.01-97 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Алматы, 1997 (взамен ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Госкомгидромет, 1987).

УДК 577.125+591:242.2

Тест-системы для оценки качества среды

Л. Н. Шишкина (shishkina@sky.chph.chph. ras.ru), М. В. Козлов (wer-swamp@yandex.ru), А. Ю. Повх (alice. potanina@yandex.ru), В. О. Швыдкий (slavuta58@gmail.com)

Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН, г. Москва

Аннотация. Выявленная ранее однотипность функционирования физико-химической системы регуляции на разных уровнях организации биообъектов позволяет использовать различные модельные системы для оценки качества среды. В работе изучена возможность применения УФ-спектроскопии для анализа взаимодействия компонентов среды. Экспериментально показано образование комплексов тиофосфата натрия с двухвалентными ионами железа и меди. Исследовано влияние этих соединений как на интенсивность спонтанного окисления водных растворов лецитина, так и на его агрегацию в водной среде. Совокупность полученных данных свидетельствует о способности компонентов среды влиять на интенсивность процессов окисления и модифицировать структурное состояние фосфолипидного бислоя клеточных мембран.

Ключевые слова: тиофосфат натрия, сульфат железа, сульфат меди, лецитин, УФ-спектроскопия, мицеллообразование, перекисное окисление липидов.

В настоящее время глобальное ухудшение экологической обстановки становится всемирной проблемой, вследствие способности химических токсикантов перемещаться на огромные расстояния от источника загрязнения и появления обширных территорий, биота которых подвергается хроническому воздействию низкоинтенсивного излучения в малых дозах после аварий на радиохимических производствах и атомных электростанциях и освоения человеком природных ресурсов с повышенным естественным уровнем радиации. Это обусловливает необходимость разработки тест-систем для оценки последствий загрязнения окружающей среды для биообъектов разной степени сложности.

Оценка качества среды затруднена как непредсказуемостью совместного действия факторов разной природы, так и наибольшей вероятностью синергизма в области малых доз и интенсивностей [3; 4]. Именно поэтому для оценки последствий воздей-

ствия неблагоприятных экологических факторов на организм поиск тест-систем исследователи проводят среди метаболически важных показателей, изменения которых позволяют судить об изменении всей системы клеточного метаболизма в условиях техногенного загрязнения. С этих позиций для оценки качества среды представляется перспективным использование параметров физико-химической системы регуляции перекисного окисления липидов (ПОЛ), так как окислительные процессы протекают не только во всех типах мембран, но и органах и тканях животных, а их роль в регуляции клеточного метаболизма в настоящее время не подвергается сомнению [9; 10; 12]. Функционирование этой регуляторной системы осуществляется как на клеточном уровне [8], так и уровне органов и тканей организма [6]. Выявленная ранее однотипность функционирования физико-химической системы регуляции ПОЛ на разных уровнях организации биообъекта [8] позволяет предположить возможность использования модельных систем разной степени сложности для оценки качества среды в зависимости от нужд практической деятельности человека.

Биологическая активность различных соединений связана, с одной стороны, с их способностью модифицировать интенсивность ПОЛ, а, с другой, влиять на структурное состояние клеточных мембран за счет взаимодействие с основными компонентами биологических мембран фосфолипидами.

Целью данной работы явилась разработка модельных тест-систем для оценки качества среды на основе природных компонент клетки. Работа проводилась по следующим направлениям:

1) исследование взаимодействие различных компонентов среды с помощью УФ-спектроскопии;

2) изучение возможности использовать спонтанное окисление водных растворов лецитина для оценки влияния компонентов среды на интенсивность ПОЛ;

3) исследование поверхностно-активные свойств компонентов среды по их способности влиять на мицеллообразование лецитина в воде.

Материалы и методика

Объектами исследования явились следующие соединения. Тиофосфат натрия Na_3PO_3S (ТФ) марки о. с. ч. фирмы «Sigma» (США), соль Мора марки х. ч. для приготовления раствора Fe(II), раствор сернокислой меди Cu(II) марки х. ч., предварительно очищенной перекристаллизацией. Исходные растворы тиофосфата натрия готовили в анаэробных условиях в фосфатном буфере (pH 7,1), используя трижды дистиллированную воду. Свежеприготовленные исходные растворы реагентов хранили в атмосфере аргона (о. с. ч.) в склянках, снабженных резиновой мембраной. Отбор исходных растворов для приготовления реакционных смесей осуществляли с помощью шприцов через резиновые мембраны.

В качестве источника природных фосфолипидов (ФЛ) использовали 10 %-ный раствор соевого лецитина (Харьков, Украина) в этаноле, поскольку лецитин является смесью природных липидов, доля ФЛ в составе которых превышает 50 %. Качественный и количественный состав ФЛ лецитина определяли методом ТСХ, используя стеклянные пластины 90×120 мм с покрытием из силикагеля типа G «Sigma». В качестве подвижной фазы использовали смесь хлороформ: метанол: ледяная уксусная кислота: дистиллированная вода в соотношении 12,5:7,5:2:1 (v/v). Проявление пластин проводили в парах йода. Количественный анализ фракций ФЛ проводили путем фотометрирования на спектрофотометре ПЭ 5400-ВИ (Россия) при длине волны 815 нм по образованию фосфорномолибденового комплекса в присутствии аскорбиновой кислоты. Подробности методики изложены в работе [14].

Содержание продуктов окисления, реагирующих с 2-тиобарбатуровой кислотой (ТБК-активные продукты, ТБК-АП) определяли по методу [7]. Концентрацию белка анализировали микробиуретовым методом [11].

УФ-спектры регистрировали на спектрофотометре «Shimadzu UV-1700 PharmaSpec» в диапазоне длин волн от 200 до 500 нм. Мицеллообразование лецитина (ЛС) проводили в дистиллированной воде. Агрегацию ЛС в полярных средах исследовали методом динамического светорассеяния на приборе Zeta Sizer Nano («Malvern Instruments», UK), снабженным 4 мВт He-Ne лазером и автоматической программой обработки данных. Рабочая концентрация ЛС 30 мкг/мл. Измерения повторяли 5–10 раз для каждой пробы.

Экспериментальные данные обрабатывали стандартными методами вариационной статистики, используя MO Excel, и с помощью пакета компьютерных программ KINS [1]. Результаты представлены в виде среднеарифметических величин с указанием их средних квадратичных ошибок (M±m).

Результаты и их обсуждение

Ранее было показано, что в формировании токсичных свойств отходов целлюлозно-бумажного производства существенную роль играют соединения восстановленной серы [16]. Кроме того, в природных водных объектах наряду с ионами металлов переменной валентности присутствуют серосодержащие соединения, одним из источников которых являются донные отложения с высоким содержанием органических веществ. Это и послужило основанием для выбора тиофосфата натрия в качестве объекта исследования, так как данное соединение обладает как выраженными восстановительными свойствами, так и способностью к образованию комплексов с ионами металлов переменной валентности [5].

Для выявления взаимодействия тиофосфата натрия с ионами железа (II) и меди (II) был использован метод УФ-спектроскопии. Результаты этих экспериментов представлены на рис. 1 и 2.

Как видно из этих данных, суммарный спектр тиофосфата натрия в присутствии ионов и железа, и меди достоверно отличается от арифметической суммы спектров компонентов, что подтверждает представление о наличии у тиофосфата натрия способности образовывать комплексы с ионами металлов переменной валентности. Существенные отличия суммарных спектров от спектров смесей компонентов, как и различия между спектрами смесей тиофосфата натрия с ионами железа и/или меди позволяют предполагать и различия как в строении образующихся комплексов в зависимости от природы иона, так и их реакционной способности.

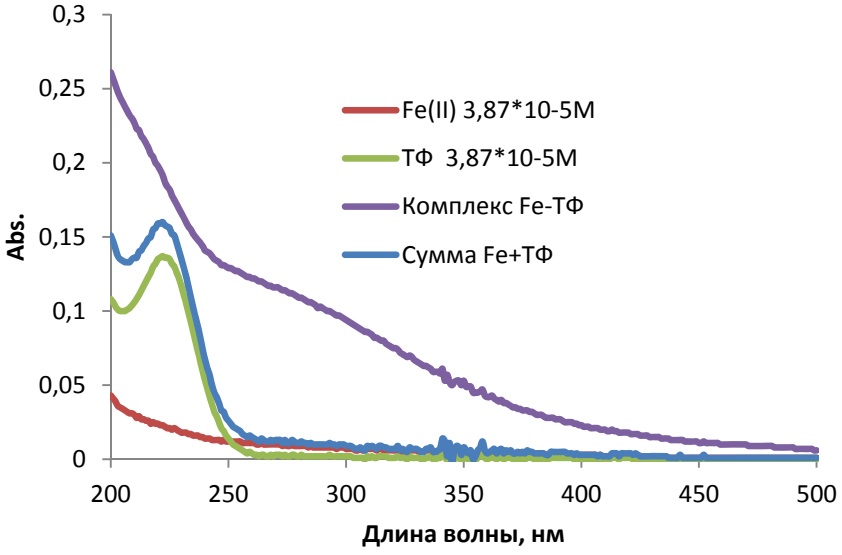


Рис. 1 УФ-спектры Fe^{2+}, тиофосфата натрия, их смеси (комплекс) и арифметической суммы УФ-спектров компонентов

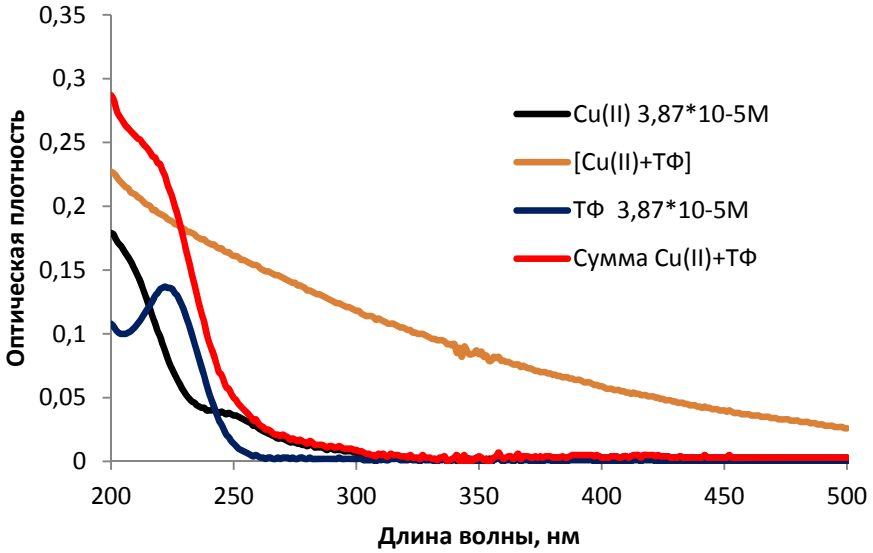


Рис. 2. УФ-спектры Cu^{2+}, тиофосфата натрия, их смеси (комплекс) и арифметической суммы УФ-спектров компонентов

Присутствие в реакционной смеси природного фосфолипида (ФЛ) – лецитина, в составе ФЛ которого доля основного фосфолипида тканей млекопитающих – фосфатидилхолина (ФХ) составляет не менее 80 %, вызывает существенные изменение характера УФ-спектров смеси компонентов. Это можно видеть из данных, представленных на рис. 3 на примере смесей тиофосфата натрия, ионов Fe^{2+} и лецитина. Необходимо отметить также образование комплекса лецитина с ионами Fe^{2+} и тиофосфата натрия. Образование комплекса лецитина с ионами двухвалентной меди также было подтверждено анализом соответствующих УФ-спектров.

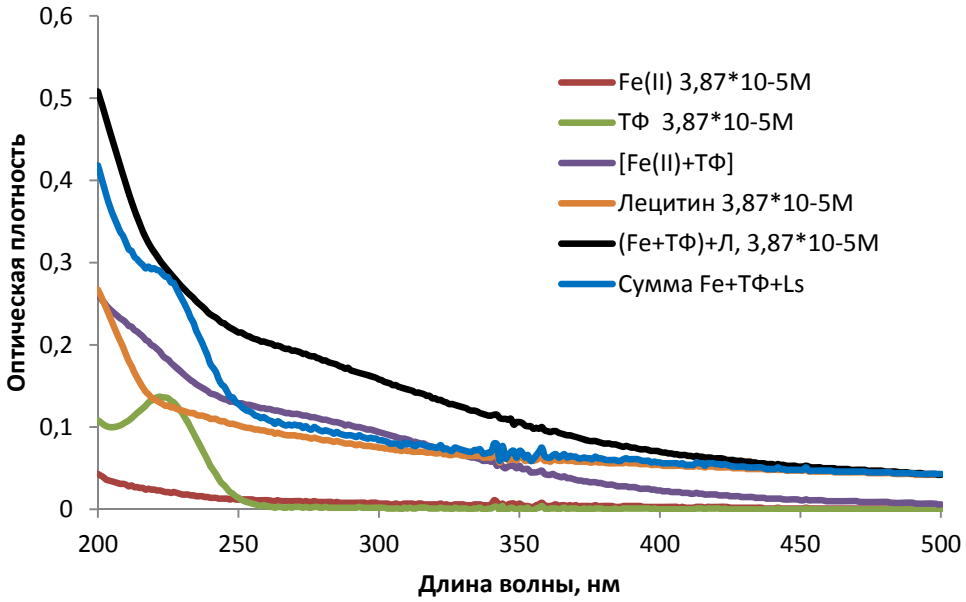


Рис. 3. УФ-спектры тиофосфата натрия, ионов Fe (II) и их комплекса в присутствии лецитина

Для проверки способности изученных соединений оказывать влияние на процесс спонтанной агрегации лецитина в водной среде был использован метод динамического рассеяния света. Данные представлены на рис. 4. Спонтанная агрегация природных ФЛ в неполярных и полярных средах является сложным динамическим процессом, поэтому образуются фракции разного диаметра, одна из которых является доминирующей [2; 15]. В этих условиях при агрегации лецитина, как правило, образуют преимущественно крупные мицеллы, что и отражено на рис. 4.

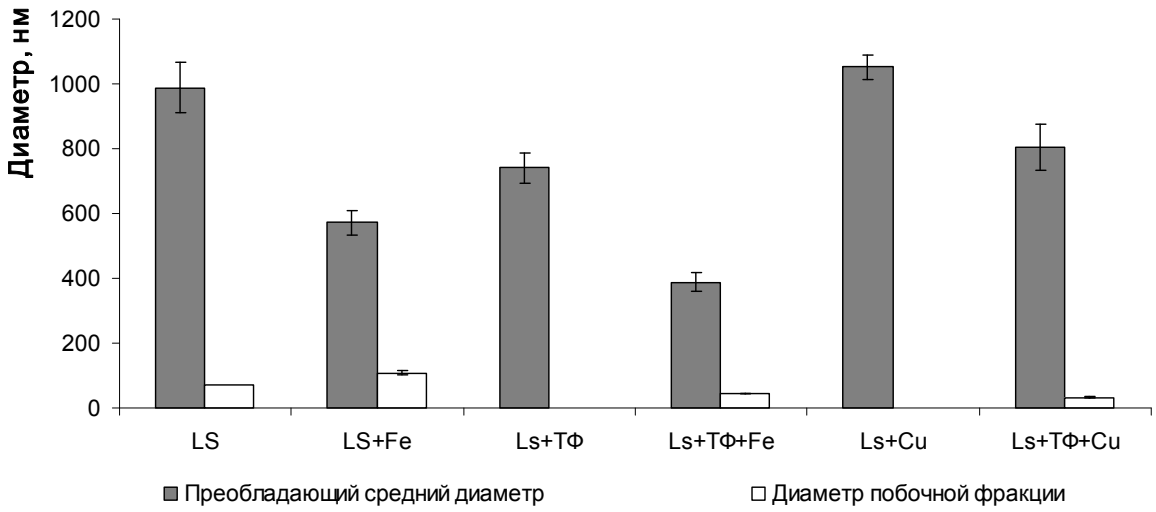


Рис. 4. Влияние двухвалентных ионов железа и меди, и их комплексов с тиофосфатом натрия на диаметр разных фракций агрегатов лецитина в воде

Анализ представленных данных позволяет сделать ряд обобщений. Во-первых, в присутствии ионов Fe^{2+} средний диаметр агрегатов основной фракции лецитина снижается в 1,7 раза, в то время как наличие в реакционной среде ионов Cu^{2+} вызывает образование только крупных мицелл лецитина, размер которых достоверно не отличается от размера агрегатов основной фракции самого лецитина. При образовании комплекса лецитина с тиофосфатом натрия образуются мицеллы только одного размера, средний диаметр которых в 1,3 раза меньше, чем размер основной фракции самого лецитина. В смеси лецитина с комплексом ионов Fe (II) и тиофосфата натрия средний диаметр частиц уменьшается в 2,55 раза, в то время как присутствие в реакционной системе комплекса [Cu(II) +ТФ] вызывает лишь тенденцию уменьшения размера мицелл основной фракции лецитина.

Влияние компонентов среды на интенсивность спонтанного окисления лецитина в дистиллированной воде при низкой температуре (37ºС) существенно зависит от состава липидов лецитина. Так, в экспериментах с лецитином, характеризующимся относительно низким содержанием ФЛ в составе его липидов (58,9 ± 4,1 %), более низкой долей ФХ в составе ФЛ (83,6±0,6 %) и заметным содержанием минорной фракции фосфатидилэтаноламина (6,3±0,6 %), спустя 1 ч после начала окисления присутствие в реакционной системе ионов Fe(II) не влияет на концентрацию образовавшихся ТБК-активных продуктов, ТФ уменьшает интенсивность окисления в 2 раза, комплекс [Fe(II) + ТФ] увеличивает накопление ТБК-активных продуктов в 1,5 раза, в то время как ионы Cu (II) и комплекс [Cu (II) + ТФ] вызывают рост интенсивности спонтанного окисления лецитина в 2,5 и 2,7 раза соответственно. Полученные данные свидетельствуют о высокой чувствительности спонтанного окисления лецитина к наличию в системе различных биологически активных веществ и их реакционной способности.

Таким образом, совокупность полученных данных свидетельствует о способности компонентов среды влиять на интенсивность процессов окисления и модифицировать структурное состояние фосфолипидного бислоя клеточных мембран. Это позволяет предложить использование УФ-спектрометрии, спонтанного окисления агрегатов лецитина в водной среде и влияние компонентов среды на его агрегацию в полярных средах для оценки качества природных водных объектов.

Список литературы

1. *Брин Э. Ф., Травин С. О.* Моделирование механизмов химических реакций // Хим. физика. 1991. Т. 10. С. 830–837.
2. Влияние состава фосфолипидов на их агрегацию в неполярных средах / К. М. Маракулина, И. Г. Плащина, М. В. Козлов, Л. Н. Шишкина // Бутлеров. сообщ. 2011. Т. 25, № 7. С. 96–100.
3. *Петин В. Г., Жураковская Г. П., Комарова Л. Н.* Радиобиологические основы синергических взаимодействий в биосфере. М. : ГЕОС, 2015. 248 с.
4. *Петин В. Г., Морозов И. И.* Синергетика факторов окружающей среды. М. : ГЕОС, 2015. 248 с.
5. Антиоксидантные свойства тиофосфата / Швыдкий В. О., Штамм Е. В., Байкова И. С., Скурлатов Ю. И. // Биоантиоксидант=Bioantioxidant : тр. IX Междунар. конф. Москва, 29 сент. – 2 окт. 2015 г. М. : РУДН, 2015. С. 66–76.
6. *Шишкина Л. Н., Кушнирева Е. В., Смотряева М. А.* Новые подходы к оценке биологических последствий воздействия радиации в малых дозах // Радиац. биология. Радиоэкология. 2004. Т. 44, № 3. С. 289–295.
7. *Asakawa T., Matsushita S.* Coloring Conditions of Thiobarbituric Acid Test for Detecting Lipid Hydroperoxides // Lipids. 1980. V. 15, N 3, P. 1137–1140,
8. *Burlakova Ye. B., Pal'mina N. P., Mal'tseva Ye. L.* A physicochemical system regulating lipid peroxidation in biomembranes during tumor growth // Membrane Lipid Oxidation / ed. V. Pelfrey. Boston: CRC Press, 1991. Vol. III. P. 209–237.
9. Chemical and Biological Kinetics. Vol. 2. Biological Kinetics / eds. E. B. Burlakova, S. D. Varfolomeev. Leden, Boston: VSP, 2005. 562 p.
10. Reactive Oxygen Species, Cell Signaling, amd Cell Injury / K. Hensley, K. A. Robinson, P. Gabbita, S. Salsman, R. A. Floyd // Free Radic. Biol. & Med. Vol. 28, N 10. P. 1456–1462.
11. *Itzhaki R., Gill D. M.* A micro-biuretic method for estimating proteins // Annal. Biochem. 1964. Vol. 9. P. 401–410.
12. Membrane Lipid Oxidation / ed. V. Pelfrey. Boston : CRC Press, 1991. Vol. III. 300 p.
13. *Shishkina L. N., Klimovich M. A., Kozlov M. V.* Functional Similarity of the Physicochemical Regulatory System of the Lipid Peroxidation on the Membrane and Orgam Levels // Pharmaceutical and Medical Biotechnology. New Perspectives / eds. R. Orlicki, C. Cienciala, L. Krylova, J. Pielichowski, G. E. Zaikov. New York : Nova Science Publishers, 2013. P. 151–257.
14. *Shishkina L. N., Kushnireva E. V., Smotryaeva M. A.* The combined effect of surfactant and acute irradiation at low dose om lipid peroxidation processes in tissues and DNA cintent in blood plasma of mice // Oxidation Commun. 2001. Vol. 24, N 2. P. 276–286.
15. Effect of complexation and polarity of medium on the reactivity of phenolic antioxidants / Shishkina L. N., L. I. Mazaletskaya, K. M. Marakulina, Yu. K. Lukanina, I. G. Plashchina, N. I. Sheluidchenko // Chemistry and Technology of Plant Substances: Chemical and Biochemical Aspects / eds. A. V. Kutchin, L. N. Shishkina, L. I. Weisfeld. AAP: Toronto, New Jersey, 2017. P. 93–110.
16. Possible role of reduced sulfur compounds in toxic properties of pulp and paper mill effluents / E. V. Shtamm, B. N. Frog, Yu. I. Skurlatov, N. B. Kozlova, E. B. Alexandrova, L. N. Shishkina // Acta hydrochim. hydrobiol. 2002. Vol. 30, N 5–6. P. 256–266.

УДК 504.05:504.064

Проблемы загрязнения и оценка качества воздушной среды городов, расположенных в условиях межгорных котловин (на примере г. Чита)

А. П. Щербатюк (andrey.shcherbatyuk.63@mail.ru)
Забайкальский государственный университет, г. Чита

Аннотация. Определены основные проблемы загрязнения воздушной среды городов, расположенных в условиях межгорных котловин и факторы природные и техногенные, влияющие на формирование чрезвычайно опасных концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе. Оценка качества воздушной среды и антропогенного воздействия на г. Чита осуществлялась на основе натурного обследования (исследований), анализа статистической информации. Проведена оценка влияния антропогенных факторов (транспортная нагрузка) по административным районам Читы. Проведена оценка влияния условий внутриконтинентальных межгорных котловин на качество атмосферного воздуха расположенного в них города. Представлена динамика осредненных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Читы.

Ключевые слова: воздушна среда, оценка качества, загрязнения, города, техногенные выбросы, межгорные котловины.

Материалы исследования

Варианты оценки экологической безопасности в центрах систем расселения, географические аспекты освоения и охраны окружающей среды, ландшафтно-зональный аспект ранее рассматривались во многих научных трудах и материалах научных исследований [1–3].

Оценка антропогенного воздействия на г. Чита осуществлялась на основе натурного обследования (исследований), анализа статистической информации, анкетирования, которые проводились в течение 2014–2015 гг. Оценка рельефа местности и демографической нагрузки, пункты наблюдений за загрязнением воздуха на различных высотных отметках по административным районам г. Чита показаны на рис. 1 [4].

В процессе экспериментальных исследований использовались методы оптико-акустического, химического, рентгенофазового и абсорбционного; аппаратурное и приборное сопровождение: автоматизированный стенд SuperFlow AWD SF-880 и In-Situ система автоматического контроля выбросов автотранспорта, газоанализаторы отработавших газов – оптические приборы серии МАГ, автотест 01.02М и 01.02П, многокомпонентный переносной ОПТОГАЗ-500.1П, ГИАМ-315, инфракрасные, четырёхкомпонентный Testo 300XXL, инфракрасного поглощения NDIR, дымомер СМОГ-2, многокомпонентный переносной МХ-2100 и др. Например, в 2014 г. в атмосферу г. Чита выброшено 124,54 тыс. т вредных веществ (далее ВВ) (на 2,53 тыс. т или на 1,99 % меньше, чем в 2013 г.), из них твердых веществ – 41,50 тыс. т, жидких и газообразных – 83,04 тыс. т.

Загрязнение воздуха в 2015 г. оксидом углерода (96,3 и 88,1 %) практически полностью создается автомобилями, они же играют существенную роль в загрязнении атмосферы углеводородами (64,4 и 79 %), а также оксидами азота (32,6 и 31,7 %). Уровень загрязнения атмосферы в г. Чита, согласно данным мониторинга, оценивается как «очень высокий» и «чрезвычайно высокий».

Техногенные выбросы автомобильного транспорта ежегодно составляют в среднем 80–85 % от общего количества. Автомобили и энергетические предприятия Читы за один год выбрасывают в воздух 65,4 тыс. т токсичных выбросов. В городе практически ежегодно фиксируется превышение допустимой концентрации бенз(а)пирена в среднем в 34 раза, а загрязнение взвешенными веществами – в 21 раз.

Следует отметить превышение ПДК по содержанию в воздухе бенз(а)пирена в среднем за один год – в 17,94 раза, формальдегида – в 4,82 раза, диоксида азота – в 1,3 раза, фенола – в 8,33 раза, взвешенных веществ – в 16,6 раза. Наибольшее значение $ИЗА_5$

отмечалось в Железнодорожном районе (станция наблюдения № 5) и составило 160. Высоким (99,1) зафиксирован ИЗА5 в месте пересечения улиц Набережной и Комсомольской (станция № 3). Чита относится к числу городов, наиболее загрязненных бенз(а)пиреном, который является веществом 1 класса опасности и имеет ПДК (среднесуточную), равную 1 мг/ $м^3$.

Общие результаты проведённых экспериментальных исследований свидетельствуют о возможности квалифицировать территорию города как экологически неблагополучную с точки зрения загрязнения атмосферного воздуха как в тёплый, так и в особенности, в холодный периоды года, благодаря сложному котловинному месторасположению и большой длительности зимнего периода. В пределах Читино-Ингодинской котловины проявляются высотная и приземная атмосферная циркуляции. Высотная представлена западным переносом воздуха на высоте 3…5 км от земной поверхности. В отдельные дни этот тип циркуляции может сменяться меридиональным или восточным.

Проведены замеры при натурных наблюдениях и выполнен расчет концентраций ВВ по предложенной Методике при различных условиях по четырём административным районам города. Методика позволяет учитывать, кроме основных классических, большое количество специфических факторов местности, влияющих на уровни чрезвычайно опасных концентраций ВВ в приземных слоях атмосферного воздуха. В числе этих факторов выделяются: высотная и приземная атмосферная циркуляция воздуха внутри котловины; характер поверхности, над которой распространяются загрязняющие воздух вещества; влияние зелёных насаждений (фито-технологические скверы и парки); снижение чрезвычайно опасного количества ВВ в атмосферном воздухе за счёт применения инженерных способов и технических решений.

Расчеты выполнялись для следующих загрязняющих веществ: пыль; SO_2 – диоксид серы; CO – оксид углерода; NO_x – оксиды азота в пересчете на NO_2; фенол; формальдегид; бенз(а)пирен; PM – твердые частицы в пересчете на углерод; CO_2 – диоксид углерода; C_XH_Y – углеводороды; VOC – углеводороды в пересчете на $CH_{1,85}$. Учитывался эффект суммации действия ВВ, при совместном присутствии в воздухе нескольких веществ однонаправленного действия (раздражающие, канцерогенные, токсические, фиброгенные, мутагенные и др.), влияющий на уровень индекса безопасности, индекса загрязнения атмосферы пятью приоритетными веществами.

Оценка влияния антропогенных факторов (транспортная нагрузка) по административным районам в г. Чита представлена на рис. 2 [5].

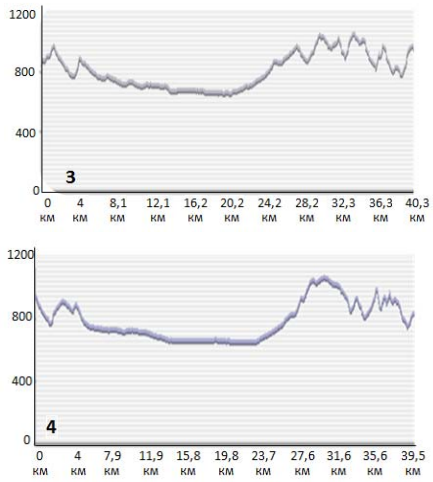
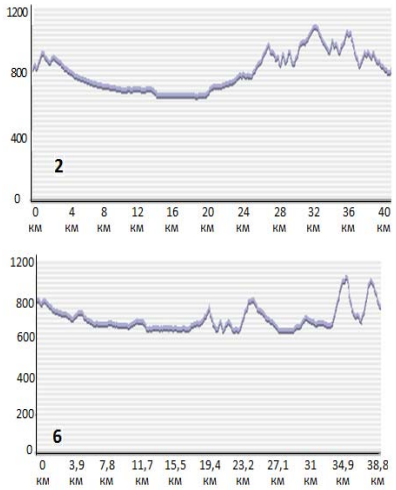
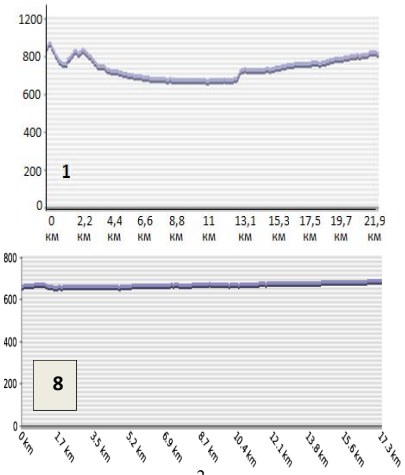
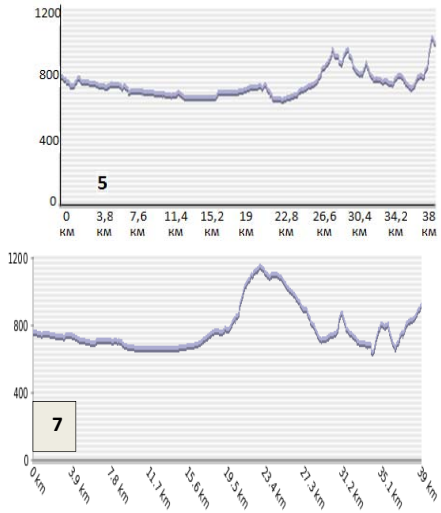
По качеству атмосферного воздуха наиболее сложные (проблемные) участки в г. Чита охватывают всю западную и юго-западную части города (Железнодорожный и Ингодинский районы). Приоритетными загрязнителями воздуха в г. Чита, не соответствующими санитарно-гигиеническим нормативам, являются следующие вещества исследованных проб: бенз(а)пирен (100 %); формальдегид (100 %); взвешенные вещества (100 %); диоксид азота (41,67 %); фенол (100 %), которые являются основными составляющими ВВ в выбросах от автотранспортного комплекса.

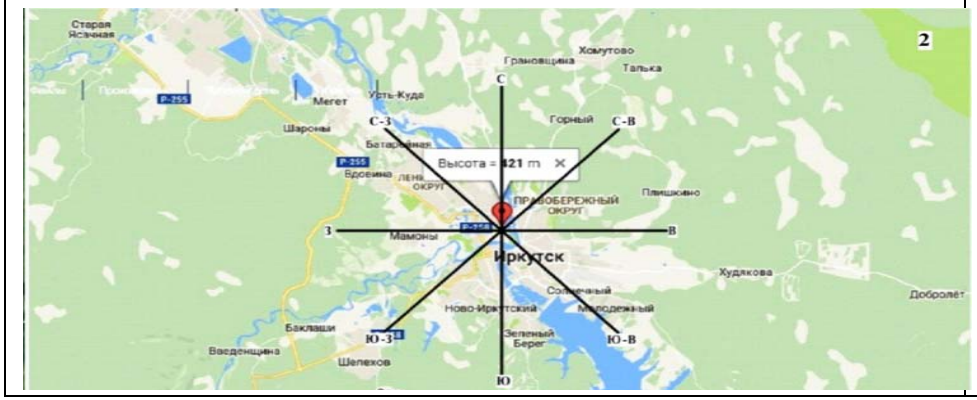
Изучение влияния рельефа местности на Индекс загрязнения осуществлялось на основе анализа экспериментальных и официальных статистических данных.

Оценка влияния рельефа местности на качество атмосферного воздуха: годовой ход повторяемости приземных инверсий показан на рис. 3 [6].

Динамика осредненных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Чита в течение 2015 г., по данным экспериментальных исследований, представлена на рис. 4 [6].

Проведено сопоставление результатов теоретических расчётов с данными натурных измерений. Сравнительный анализ показал, что доверительные интервалы составляют 95 %, поэтому количество натурных измерений можно существенно сократить, а для условно точечных схем или площадных источников выбросов автотранспорта и вовсе – избежать.

Железнодорожный район	Ингодинский район	Центральный район	Черновский район
			
F=62 км^2 , население 49,263 тыс. чел., демографическая нагрузка – 794,56 чел/ км^2	F = 130 км^2, население 75 тыс. чел., демографическая нагрузка – 576,92 чел/ км^2	F=83,76 км^2, население 127,98 тыс. чел., демографическая нагрузка – 1527,94 чел/ км^2	F=258,24 км^2, население 87,21тыс. чел., демографическая нагрузка – 337,71 чел/ км^2



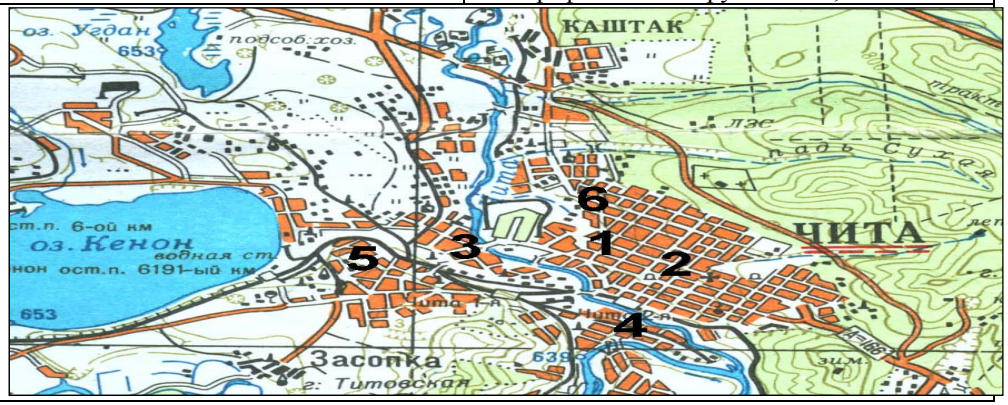


Рис. 1. Оценка демографической нагрузки и пример определения высотных отметок рельефа местности по топографической карте города с использованием программы высот. Пункты наблюдений за загрязнением воздуха на различных высотных отметках по административным районам г. Чита: № 1 – ул. Шилова, 1; № 2 – ул. Чкалова, 120; № 3 – ул. Набережная, 66; № 4 – ул. Лазо, 30; № 5 – ул. Октябрьская, 9; № 6 – метеостанция (ул. Новобульварная)

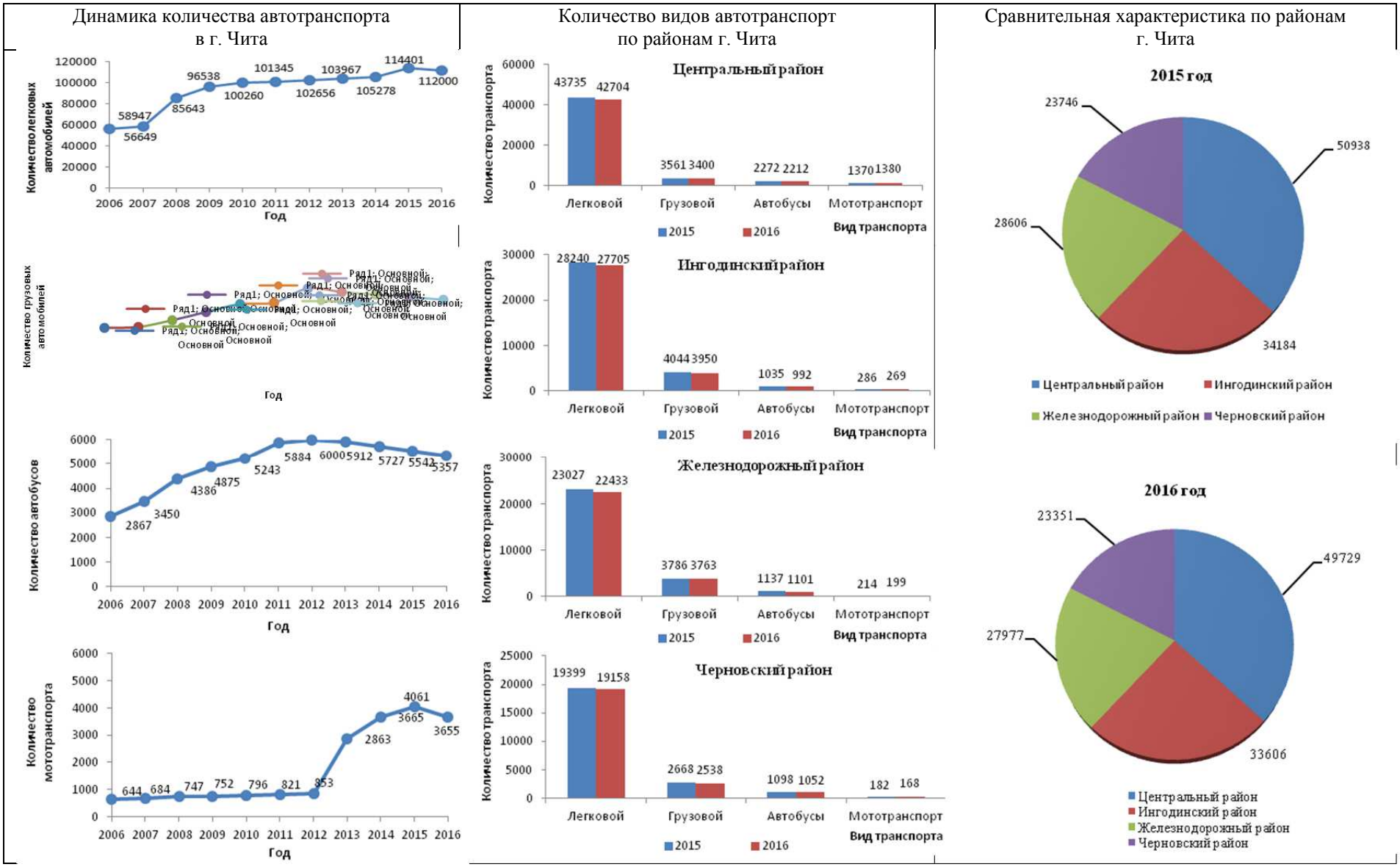


Рис. 2. Оценка влияния антропогенных факторов (транспортная нагрузка) по административным районам г. Чита

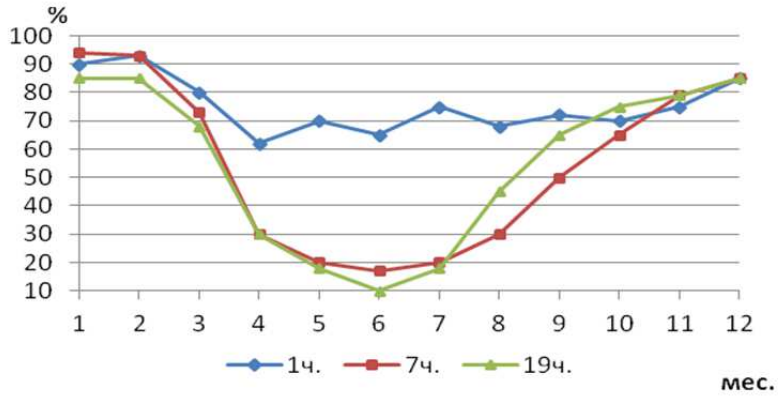


Рис. 3. Оценка влияния рельефа местности на качество атмосферного воздуха: годовой ход повторяемости приземных инверсий

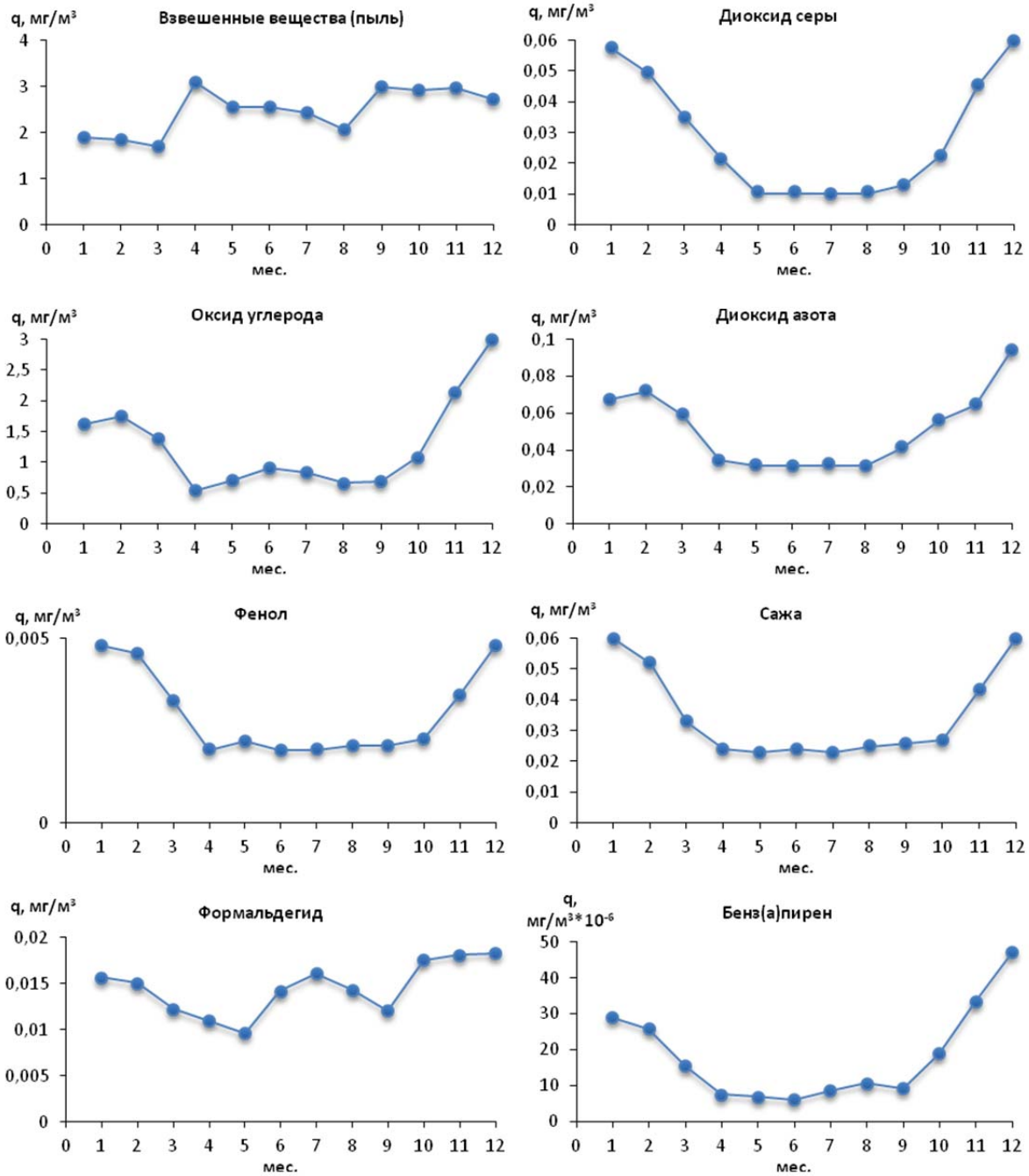


Рис. 4. Динамика осредненных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Чита в течение 2015 г. (по результатам исследований)

Количество жителей в г. Чита в 2016 г., по данным Росстата, составило 343511 чел., что соответствует 56 месту крупнейших городов России по численности населения. Динамика статистических данных показывает, что на десять жителей города приходится четыре транспортных средства. Количество автотранспорта в г. Чита интенсивно увеличивается и к 2025 г. может вырасти еще на 20…25 % по сравнению с настоящим временем и пройдет 140-тысячный рубеж.

Выводы

Проанализировав среднемноголетние данные, установлено, что именно во время длительного холодного периода (ноябрь-март) происходят процессы, характеризующие приостановку движения воздушных масс и максимальное накопление вредных веществ внутри Читино-Ингодинской котловины. Господствующий в зимнее время антициклон обусловливает штилевую со слабыми ветрами погоду, усугубляющуюся преобладанием горно-котловинного рельефа, усиливающего эффект застоя и загрязнения воздушных масс ещё примерно на 50…75 %, особенно в осенне-зимние месяцы, когда выбросы ВВ в атмосферный воздух максимальны.

Поэтому требуется оперативная разработка и реализация мероприятий, включающих комплекс мер организационного, технического и технологического направлений, которые позволят снизить негативные социально-экономические последствия техногенных воздействий и, в конечном итоге, планомерно снизить показатели смертности и заболеваемости, связанные с болезнями органов дыхания, населения Забайкальского края, г. Чита и аналогичных городов, расположенных в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин.

Список литературы

1. *Рыбкина И. Д.* Оценка экологической безопасности в центрах систем расселения. Региональный и локальный уровни исследования. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 29 с.
2. *Томских А. А.* Межгорные котловины Забайкалья: географические аспекты освоения и охраны окружающей среды / отв. ред. А. Т. Напрасников; Рос. академ. наук, Сиб. Отд-ние ИПРЭК. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 54 с.
3. *Исаченко А. Г.* Географическая среда и расселение в горах: ландшафтно-зональный аспект // Известия РГО. 2002. Т. 134. Вып. 2. С. 1–17.
4. Щербатюк, А. П. Снижение техногенных выбросов и восстановление воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин (На примере Забайкальского края и г. Чита) // Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: технология, климат и экология: II Байк. междунар. науч.-практ. конф. Иркутск : ИРНИТУ, 2018. С. 190–195 .
5. *Щербатюк А. П.* Региональный аспект экологической безопасности воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин // Вестн. Забайк. гос. ун-та. 2018. № 2. С. 22 – 38.
6. *Щербатюк А. П.* Методология оценки и прогнозирования локального загрязнения атмосферного воздуха городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин // Экология урбанизированных территорий. 2017. № 3. С. 42–48.

Раздел 6
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПОСЕЛЕНИЙ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИ В ГОРОДАХ

УДК 911.2:574.9

Постаграрные земли в современной ландшафтной структуре Тункинской котловины

Ж. В. Атутова (atutova@mail.ru)[1], О. А. Екимовская (oaef@mail.ru)[2]

[1]*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск*
[2]*Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ*

Аннотация. Рассмотрена ландшафтная специфика основных аграрных районов Тункинской котловины. Исследованы особенности постагараного состояния заброшенных земель. Определены основные варианты сукцессионного восстановления растительности на залежных угодьях, на основе чего проведена их ландшафтная дифференциация.

Ключевые слова: залежь, земледелие, ландшафтная структура, восстановительная сукцессия.

Введение

В ландшафтной структуре любого староосвоенного региона значительна доля постаграрных комплексов, образование которых обусловлено забрасыванием сельскохозяйственных земель. В переделах Республики Бурятия значительные территории заняты неиспользуемыми пахотными землями, площадь которых достигает 67 % в основных земледельческих районах. Их постагараное восстановление усиливает полихронность и полиструктурность ландшафтной структуры. В отсутствии антропогенной нагрузки трансформированные комплексы стремятся к своему естественному (эквифинальному) состоянию. Отчуждение земель из сельскохозяйственного оборота способствует активизации процессов ренатурализации преобразованных компонентов, в первую очередь, биотических. Основной целью исследований является исследование особенностей постаграрного сукцессионного восстановления залежных земель для определения их места в ландшафтной иерархии геосистем.

Территория и объект исследования

В качестве репрезентативного участка проводимых исследований выбрана центральная часть собственно Тункинской котловины (Юго-Западное Прибайкалье). Ландшафтная уникальность района объясняется сочетанием в сравнительно небольших пределах разнообразных форм поверхности – от межвпадинной горной перемычки до заболоченного днища котловины со сложной системой проток реки Тунка и ее притоков. Помимо особенностей морфологии рельефа и обусловленной этим специфики развития биотических компонентов геосистем на формирование ландшафтной структуры оказывает влияние интенсивно проявляющаяся хозяйственная деятельность. В границах исследуемого участка насчитывается более десятка поселений, исторически приоритетным направлением хозяйствования населения которых является сельскохозяйственная деятельность. В настоящее время аграрными угодьями занято порядка трети

исследуемого полигона, а с учетом залежей, задействованных под сенокосы и пастбища, суммарная площадь этих комплексов составляет около 53 % [1].

В отсутствии земледельческих и животноводческих мероприятий происходят изменения структурно-экологических особенностей постагараных биоценозов, запускаются механизмы лесовосстановления. В связи с вышесказанным объектами нашего исследования выступают залежные земли, располагающиеся в различных ландшафтных условиях и находящиеся на различных стадиях зарастания.

Материалы и методы исследования

Основой послужили материалы полевых наблюдений, которые были проведены в 2014–2018 гг. На 21 участке заброшенных земель осуществлялись геоботанические описания, которые отражали особенности древостоя и подроста (формула насаждений в каждом ярусе, обилие по Друде, средняя высота, средний диаметр), а также специфику травяно-кустарничкового покрова (обилие по Друде, средняя высота и проективное покрытие каждого вида). В итоге были сформированы определенные совокупности зарастания, достаточные для получения достоверной картины, характеризующей особенности постаграрного восстановления геосистем в различных ландшафтных условиях.

Результаты исследований и их обсуждение

Постаграрное состояние залежных угодий анализируется на фоне естественного базиса функционирования геосистем. Основополагающее влияние на становление современной ландшафтной структуры Тункинской котловины оказали геолого-геоморфологические процессы, предопределившие формирование горно-котловинного рельефа. Абсолютные высоты днища котловины составляют 700–900 м, окружающих вершин Тункинских Гольцов – 2500–3200 м, вершин Хамар-Дабана – 2000–2700 м. Несмотря на небольшую площадь котловины, в ее пределах наблюдается неравномерность распределения климатических параметров. Среднемесячная январская температура воздуха в окраинных частях составляет -19,9^0 С, что на 3–6^0 выше, чем центре котловины; в свою очередь, в летний период температура воздуха центральной части характеризуется более высокими показателями (на 2–4^0) по сравнению с предгорьями, где средние июльские показатели фиксируют +16^{0}С [3]. Различием также характеризуются среднемноголетние показатели выпадения осадков – приграничные с горами районы котловины получают 480 мм, ее днище – 320 мм. Дифференциация климатических условий сказывается на зонально-высотно-поясных различиях в распространении почвенно-растительного покрова, что, в целом, приводит к развитию горно-таежных и подгорных таежных геосистем. Их функционирование протекает в условиях интенсивного антропогенного воздействия.

Исторически приоритетным направлением хозяйствования жителей Тункинской котловины является сельскохозяйственная деятельность, специализирующаяся в настоящее время на развитии мясомолочного животноводства и улучшении кормовых угодий, находящихся в ведении крестьянских фермерских и личных подсобных хозяйств. Наиболее сельскохозяйственно освоенными территориями Тункинской котловины являются пологие склоны ее северной краевой части, а также восточный борт вдоль Еловского отрога. Здесь проведено геоботаническое исследование 10 постаграрных участков в окрестностях сел Тунка, Тагархай, Хурай-Хобок, Талое, Галбай, Ахалик и Зактуй.

В центральной части собственно Тункинской котловины, в пределах плоской озерно-аллювиальной равнины нами исследованы 7 участков залежных земель. Долинные комплексы данной территории исторически являются продуктивными естественными кормовыми и сенокосными угодьями. Кроме этого, во второй половине XX в. с целью приостановки прогрессирующего процесса заболачивания и для более масштабного вовлечения угодий в сельскохозяйственное использование здесь были проведены мелиоративные мероприятия, в результате чего было осушено 27 тыс. м^2 водной по-

верхности [4]. Исследования были проведены на постагараных землях в окрестностях сел Тагархай, Жемчуг, Никольск и Зактуй.

Значительная часть пологих западных и юго-западных склонов Еловского отрога занята трансформированными комплексами, образованными в результате осуществления аграрных мероприятий. В пределах данной части котловины исследовались 4 участка старопахотных земель в окрестностях села Еловка.

В результате проведенных исследований выявлено, что естественное зарастание бывших пахотных земель древесной растительностью наиболее обильно наблюдается по периметру полей, а на видовой состав подроста оказывает влияние состав полога прилегающих лесов. В травяном покрове преобладают луговые виды. Анализ полученных геоботанических описаний на 21 участке залежных земель позволил обособить следующие варианты зарастания постагрярных угодий.

На 6 участках наблюдается ***зарастание через сосновый подрост***, обилие которого изменяется от *cop. 3 (очень обильно)* до *sp. (изредка)* по мере удаления от периферии пашенных угодий к центру. Травяный покров представлен разнотравно-злаковыми лугами, где преобладают мятлик кистевидный, полевица Триниуса, кострец безостый, горошек мышиный, клевер луговой, астрагал приподнимающийся, лапчатка пижмолистная, также встречаются ветреница лесная, подорожник средний, кровохлебка лекарственная, тысячелистник азиатский, чертополох поникающий. Территории четырех участков используются как естественные пастбищные угодья. Лесное окружение исследуемых залежных земель представлено, преимущественно, березово-сосновыми травяно-кустарничковыми лесами.

На 3 участках отмечено ***зарастание через березовый подрост.*** Травянистый покров представлен разнотравьем с доминированием бобовых – горошек мышиный, клевер луговой, лапчатка пижмолистная, астрагал приподнимающийся, кроме которых встречаются полевица Триниуса, кострец безостый, мятлик кистевидный, тысячелистник азиатский, кровохлебка лекарственная, осот полевой, колокольчик сборный, иван-чай узколистный. В двух случаях угодья используются как естественные пастбища. Исследуемые залежные земли окружены преимущественно сосново-березовыми с примесью осины и лиственницы кустарничково-травяными лесами.

На 4 участках было отмечено ***зарастание смешанной растительностью*** – на 2 участках преобладали сосново-березовые ассоциации, на второй половине – березово-сосновые. Земледельческие мероприятия на данных территориях были прекращены более 15–20 лет назад; в подросте под пологом смешанных лесов преобладают те же породы, что доминируют в древесном ярусе. Исключение представляет участок в окрестностях д. Хурай-Хобок, где в подросте доминирует сосна обыкновенная, тогда как в верхнем ярусе преобладает береза повислая. В травянистом покрове преобладают бобовые – астрагал приподнимающийся, лапчатка пижмолистная, клевер луговой, горошек мышиный, также встречаются мятлик кистевидный, полевица Триниуса, тысячелистник азиатский, подорожник средний, льнянка обыкновенная, полынь замещающая, володушка козелецелистная, шизонепета многонадрезная, гвоздика разноцветная. На одном участке залежные земли используются как естественные пастбища. На остальных участках признаков выпаса или сенокошения не наблюдалось.

На 8 участках залежные земли представлены ***лугово-степными*** вариантами зарастания. Среди луговых видов трав доминируют мятлик кистевидный, полевица Триниуса, пырей ползучий, лютик близкий, лапчатка пижмолистная, клевер луговой, горошек мышиный, льнянка обыкновенная, тысячелистник азиатский; из степных видов наиболее встречаемы лапчатка вильчатая, кровохлебка лекарственная, астрагал приподнимающийся, володушка козелецелистная, шизонепета многонадрезная, полынь замещающая. На 2 участках из-за удаленности от населенных пунктов сенокошение и выпас скота не осуществляются, 6 участков являются естественными пастбищными угодьями.

На основе ландшафтного анализа функционирования геосистем в пределах сельскохозяйственно освоенных районов Тункинской котловины были обособлены антропогенно преобразованные комплексы – переменные состояния природного инварианта, отражающие аграрный тип использования земель. Проведенный картографический анализ территории ключевого участка Тункинской котловины [2] выявил, что обрабатываемые и залежные угодья занимают около трети исследуемой площади, а с учетом лугов, задействованных под сенокосы и пастбища, на долю сельскохозяйственных земель приходится более ее половины. Как было отмечено выше, земледельческие мероприятия наиболее интенсивно осуществлялись в пределах пологих склонов предгорных наклонных равнин, а также на незатапливаемых участках днища котловины. В настоящее время небольшие угодья действующих пашен располагаются вблизи населенных пунктов Тагархай, Хурай-Хобок, Талое, Галбай, Тунка. Большая же часть территории, задействованной под сельскохозяйственные мероприятия, представлена залежными землями – на бывших пашнях слабонаклонных участков, тяготеющих к центру котловины, распространены остепненные разнотравно-злаковые луга, местами с сосново-березовым и березово-сосновым подростом, гипсометрически выше которых, на границе с лесными массивами, находятся луга разнотравные с колками сосново-березового и березово-соснового молодого леса.

Заключение

Основными критериями дискретности современной ландшафтной структуры Тункинской котловины выступают естественные и антропогенные факторы функционирования геосистем. Длительный период осуществления сельскохозяйственных мероприятий способствовал значительному площадному распространению агараных угодий, большая часть которых в силу их забрасывания находится на различных стадиях ренатурализации. В результате проведенного исследования выявлены четыре варианта зарастания залежных земель – лесовосстановление через березовый, сосновый или смешанный подрост, а также луговая сукцессия. Естественное лесовозобновление на постагараных угодьях более интенсивно протекает по периметру полей; видовой состав подроста идентичен древесному пологу прилегающих лесов. В травяном покрове доминируют луговые виды.

Выявленные особенности восстановления биотического компонента геосистем позволили дифференцировать постагараные земли с целью определения их ландшафтной приуроченности. В результате был обособлен ряд ландшафтных выделов, характеризующих производные состояния геосистем, преобразованных антропогенным влиянием.

Материалы проведенных исследований могут быть востребованы при прогнозировании динамических тенденций постагараных сукцессий, при оценке их устойчивости к природным и антропогенным воздействиям. Обладая высокой средообразующей, средостабилизирующей и средоохранной значимостью, залежные угодья имеют значительный потенциал для восстановления биоразнообразия, что актуально при решении вопросов по возвращению постагараных угодий в сельскохозяйственное производство.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и правительства Республики Бурятия в рамках научного проекта № 18–45–030039 р_а.

Список литературы

1. *Атутова Ж. В.* Естественные и преобразованные геосистемы Тункинской котловины // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 97–104.
2. *Атутова Ж. В.* Современные ландшафты Тункинской котловины // География и природные ресурсы. 2018. № 1. С. 103–114. doi: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-1(103-114).
3. Катастрофические селевые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. / С. А. Макаров, А. А. Черкашина, Ж. В. Атутова, А. В. Бардаш, Н. Н. Воропай, Н. В. Кичигина, Б. Ф. Мутин, О. П. Осипова, Н. Н. Ухова. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2014. 111 с.
4. *Плишкина О. В., Ахаржанова Т. В.* Геоэкологические особенности ландшафтов межгорных котловин (Тугнуйская и Тункинская котловины). Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2011. 160 с.

УДК 504.054

Исследование наличия нитратов в продукции овощеводства, реализуемой в городах Иркутск и Улан-Удэ

А. В. Ахтиманкина (anastasiya. ahtimankina@mail.ru),
Э. Д. Сонопова (sonopova97@mail.ru)

Иркутский государственный университет, Иркутск

Аннотация. Дается инструментальная оценка содержания нитратов в продуктах овощеводства, реализуемых в торговых точках административных центров Иркутской области и Республики Бурятия. Для этих целей была осуществлена закупка образцов овощей в соответствии с Методическими рекомендациями 2.3.2.006-03. Измерения проводились с использованием нитрат-тестера Soeks. Также в рамках исследования выполнена оценка эффективности применения методов снижения концентраций нитратов: термическая обработка, хранение, замачивание.

Ключевые слова: нитраты, продукты овощеводства, нитрат-тестер, эксперимент, методы снижения нитратного загрязнения.

Введение

Овощи и фрукты являются важными источниками витаминов и минеральных веществ, необходимых для полноценного и здорового питания. Но вместе с полезными веществами в организм человека попадают и опасные, которые накапливаются в растениях и вызывают отравление. Этими опасными веществами являются нитраты, оказывающие негативное воздействие на здоровье человека. За последнее время сообщения об отравлениях нитратами практически не встречаются, но угроза попадания на прилавки торговых точек города продукции с повышенной концентрацией солей азотной кислоты велика и последствия их для населения очень серьёзны.

Методы и подходы к определению нитратов в овощах

Внешне невозможно определить количество нитратов, содержащихся в овощах. Специалисты рекомендуют приобретать те продукты, которые выглядят свежо, но этот совет не всегда помогает. Существуют несколько методов определения количества нитратов в овощах.

ГОСТ 29270–95 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов» рекомендует использовать для определения нитратов в овощах два способа: фотометрический и ионометрический [1].

Фотометрический метод основан на экстракции нитратов из продукта, восстановлении их до нитритов на кадмиевой колонке с последующим фотометрированием раствора азотсоединения, образующегося при взаимодействии нитритов с ароматическими аминами. Этот способ более сложен и требует времени в отличие от ионометрического.

Ионометрический метод основан на извлечении нитратов раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением концентрации нитратов с помощью ионоселективного нитратного электрода и является экспрессным. Этот метод применяется для продуктов, не содержащих хлоридов, и продуктов, в которых содержание хлоридов не превышает содержание нитратов более чем в 50 раз.

Также существует ряд других физико–химических методов определения нитратов в продуктах, например, полуколичественный метод определения нитратов с помощью индикаторной бумаги «индам». Этот метод может быть использован для анализа мелких партий овощей в условиях рынка. Сущность метода состоит в визуальной оценке окрашенных соединений, образующихся при взаимодействии нитратов с реагентами, нанесенными на бумагу. Состав, который наносится на бумагу «индам», включает цинковую пыль, сульфат марганца, сульфаниловую, лимонную или винную кислоту, а–

нафтиламин, а также наполнитель – сульфат бария или кальция. Он разработан в НПО «Селекция» Республики Молдова. Нижний предел обнаружения нитратов (в пересчете на нитрат–ион) в анализируемой пробе – 50 мг/кг. Однако данный метод не может быть использован для анализа красной свеклы и моркови [2].

Полуколичественный метод определения нитратов с использованием дифениламина. Сущность метода состоит в визуальной оценке окрашенных соединений, образующихся при взаимодействии нитратов с дифениламином. Нижний предел обнаружения нитратов в анализируемой пробе – 100 мг/кг. Метод может быть использован при определении нитратов во всех продуктах растениеводства. Оценку концентрации нитратов в пробе проводят путем визуального сравнения интенсивности окраски растворов сравнения и сока анализируемых образцов [2].

Наиболее простым и доступным методом количественного определения нитратов является использование нитрат–тестера, так как наличие лаборатории и квалифицированного химика–аналитика дома или в кармане при каждой покупке фруктов, овощей и ягод невозможно для большинства людей, а наличие нитрат–тестера позволяет отказаться от покупки подозрительных продуктов и в значительной степени обезопасить себя и близких, особенно детей.

Данное исследование осуществлялось с помощью нитрат–тестера Soeks, производителем которого является ООО «СОЭКС» г. Санкт–Петербург. Прибор имеет патент на изобретение и предназначен для оценки (экспресс–анализа) количественного содержания нитратов в овощах, в фруктах, в свежем мясе, а также в продуктах, используемых для питания детей.

Принцип работы нитрат–тестера основан на определении электропроводности среды продуктов питания. У каждого овоща или фрукта в составе есть жизненно необходимые ионы калия, магния, железа, меди, хлора, множество органических кислот и других веществ в определенных концентрациях, необходимых для их роста и развития. Содержание каждого конкретного вещества (в ионном или молекулярном виде) определяется биохимией конкретного растения (имеется базовый уровень содержания ионов), а также составом воды и почвы, на которой оно растет. Для пополнения питательных веществ в почве, для стимуляции роста растений используют удобрения, например, в виде солей (нитратные, сульфатные и другие). Растения впитывают нитраты или сульфаты в виде солевых ионов. Распространяясь по растению, солевые ионы (нитраты, сульфаты и др.) накапливаются в разных частях растения, в том числе и плодах, что повышает содержание электролитов и соответственно электропроводность среды плода (овоща). Таким образом, измеряя нитрат–тестером электропроводность овощей или фруктов и сравнивая это значение с электропроводностью, обусловленной базовым уровнем содержания ионов, можно с определенной степенью вероятности говорить о наличии в измеряемом продукте повышенного содержания ионов. Так как в нашей стране широко используют нитратные удобрения, то с большой вероятностью можно ожидать, что превышение электропроводности над базовой обусловлено наличием нитрат–ионов.

Нитрат–тестер откалиброван по содержанию нитрат–ионов, концентрация которых в плодах и овощах определена независимым методом анализа (потенциометрическое определение нитрат–ионов по ГОСТ 29270–95). По полученным результатам в прибор заложен ряд зависимостей измеряемой электропроводности от концентрации нитрат–ионов, определенных для различных плодов и овощей с учетом их базовых электропроводностей.

Результат экспресс–анализа выдается нитрат–тестером в виде концентрации нитрат–ионов и сравнения ее с предельно допустимой концентрацией для измеряемого продукта. Необходимо помнить, что полученный результат является оценочным и не может заменить собой количественный химический анализ в специализированной химической лаборатории, который не является бесплатным и требует времени.

Материалы исследования

Отбор проб для исследования содержания нитратов осуществлялся согласно действующим Методическим рекомендациям 2.3.2.006-03 «Отбор проб пищевых продуктов для лабораторных испытаний и исследований», согласно которым масса подверженных испытанию овощей варьируется от 1 до 1,5 кг, в зависимости от вида [3]. Исследование проводилось как в весенний, так и в летний периоды. Закупка овощей осуществлялась в крупных супермаркетах и на рынках. Общее количество обследованных овощей составило 201 шт. в г. Иркутске и 150 шт. в г. Улан-Удэ, из них помидор, огурец (тепличный) – 15 % и 13 % соответственно, картофель – 15 % и 20 %, лук репчатый – 10 % и 13 %, морковь – 10 % и 20 %, свекла – 9 % и 20 %, перец (сладкий) – 15 %, капуста поздняя – 9 %, редис – 2 %.

Что касается производителей, то 52 %, закупленной продукции, произведена в России, 33 % произведена в Китае, 4 % – Узбекистане, 3 % – Азербайджане, 2 % – Казахстане, 2 % – Литве, 2 % – Израиле, 1 % – Турции, 1 % – Египте.

Исследование содержания нитратов в овощах осуществлялось в сердцевине плода и в кожуре. В перцах замер нитратов в сердцевине не осуществлялся, поскольку, как правило, данная часть продукта не используется в пищу или при приготовлении различных блюд.

В ряде литературных источников встречается упоминание методов, которые позволяют снизить содержание нитратов. В данной работе была исследована эффективность применения таких методов уменьшения содержания нитратов в овощах, как замачивание в холодной воде на 15 и на 30 минут, замачивание в целом и разрезанном видах, хранение в холодильнике при 2 ºС в течение трех суток и в течение недели, варка с постепенным доведением до кипения, варка на пару, варка со сменой воды после закипания.

Обсуждение результатов

Результаты обследования в г. Иркутске

Среди отобранных образцов томатов (тепличных) превышение норм содержания нитратов (предельно-допустимая концентрация (ПДК) = 300 мг/кг) отмечено в 2 случаях – это овощи, произведенные в Китае. В первом случае, содержание нитратов под кожурой составило 346 мг/кг, в сердцевине – 332 мг/кг. Во втором 356 мг/кг и 309 мг/кг соответственно. При исследовании образцов перцев (сладких), различных производителей и из разных торговых точек были выявлены 2 превышения норм содержания нитратов. В перцах, произведенных в Китае, содержание нитратов достигло величины 232 мг/кг, в перцах, выращенных в Турции – 211 мг/кг при предельно-допустимой концентрации 200 мг/кг.

Превышение норм содержания нитратов в образцах картофеля (ПДК = 250 мг/кг) отмечено в 4 случаях. В первом случае содержание нитратов в картофеле, произведенном в России, составило под кожурой 258 мг/кг, в сердцевине – 279 мг/кг. Во втором случае превышение нормы было выявлено в картофеле, произведенном в Китае (262 мг/кг – под кожурой, 280 мг/кг – в сердцевине). В третьем случае превышение ПДК было обнаружено в картофеле, произведенном в городе Иркутске, где содержание нитратов под кожурой картофеля составило 255 мг/кг, в сердцевине – 271 мг/кг. В последнем четвертом случае содержание нитратов превысило норму только под кожурой картофеля (262 мг/кг), произведенного в Китае.

Среди 20 отобранных образцов репчатого лука, различных производителей, превышение норм содержания нитратов отмечено в 4 случаях (ПДК = 80 мг/кг). Содержание нитратов в луке, произведенном в России, превысило ПДК только в сердцевине и составило 110 мг/кг. В луке, произведенном в Казахстане, содержание нитратов в сердцевине составило 90 мг/кг. Также превышение нормы обнаружено в луке, который был произведен в Иркутской области. Под кожурой концентрация составила 90 мг/кг, а в

сердцевине – 132 мг/кг. Содержание нитратов в луке, произведенном в с. Никольск Иркутской области, превысило ПДК только в сердцевине и составило 88 мг/кг.

При исследовании образцов моркови (поздней) на наличие нитратов было выявлено 2 случая превышения ПДК (250 мг/кг). Содержание нитратов под кожурой в моркови, произведенной в России, составило 254 мг/кг, в сердцевине – 276 мг/кг. Во втором случае превышение выявлено только в сердцевине – 254 мг/кг.

По результатам исследования из 201 отобранного овоща в 14 были выявлены превышения допустимой нормы содержания нитратов. Общее количество овощей, произведенных в России, где было выявлено превышение ПДК нитратов, составило 7 штук, в Китае – 5 штук, в Турции – 1, в Казахстане – 1.

Как было отмечено ранее, в рамках исследование была изучена эффективность применения методов снижения содержания нитратов. Методом «замачивание» были исследованы 90 овощей, из которых только в 4 образцах содержание нитратов осталось неизменным. Таким образом, метод «замачивание» позволил снизить содержание нитратов в 95,5 % исследованных овощей. Стоит отметить, что замачивание в ряде случаев позволило снизить концентрацию нитратов до значений, не превышающих гигиенические нормативы (рис. 1, 2).

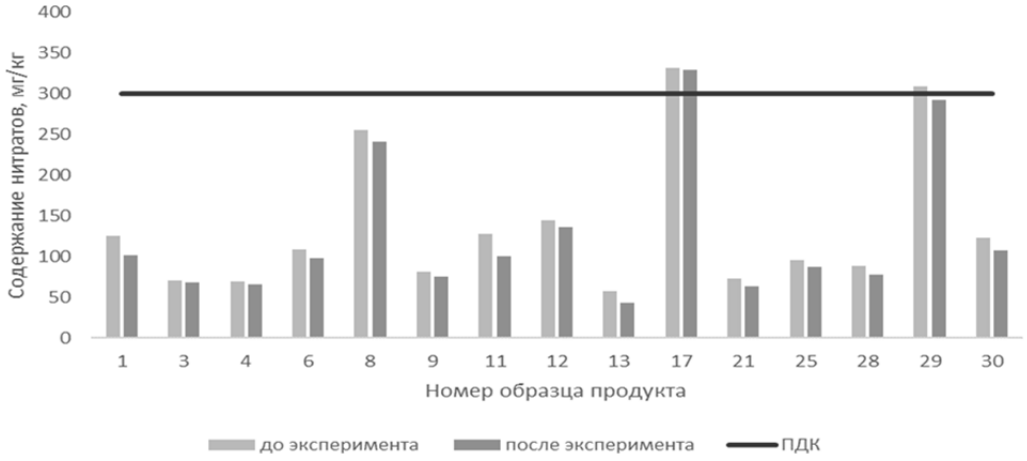


Рис. 1. Содержание нитратов в сердцевине помидора до и после эксперимента

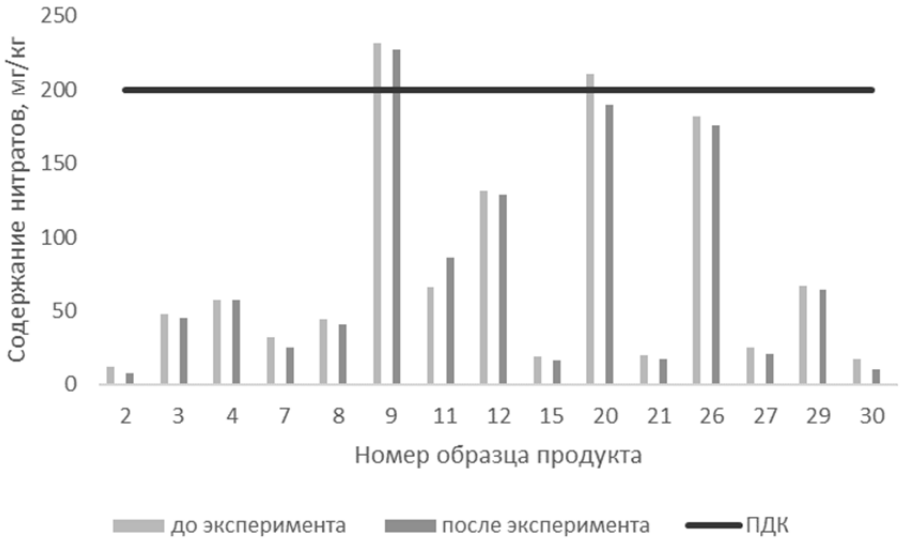


Рис. 2. Содержание нитратов в перце до и после эксперимента

Метод термической обработки в исследуемых образцах привел к снижению концентрации нитратов под кожурой и увеличению в сердцевине овощей. Данное явление проявилось при работе с образцами картофеля, моркови и свеклы (рис. 3, 4)

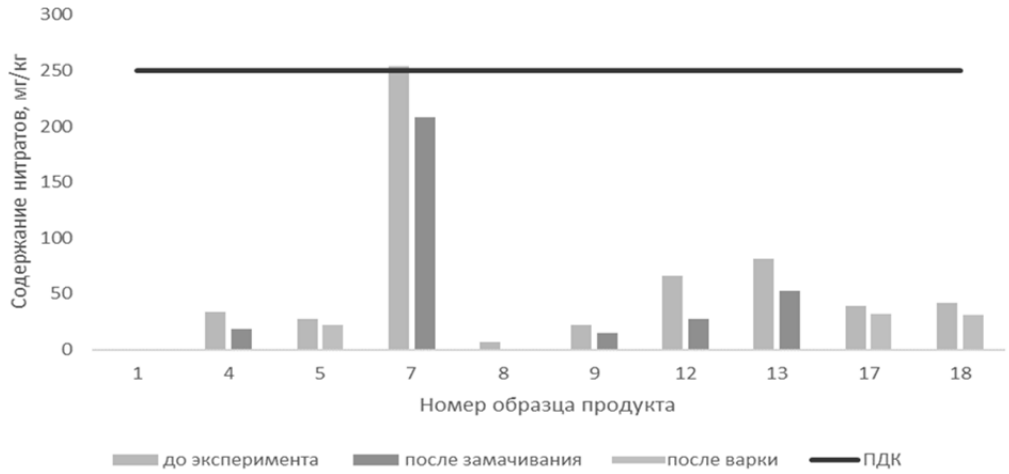


Рис. 3. Содержание нитратов под кожурой моркови до и после эксперимента

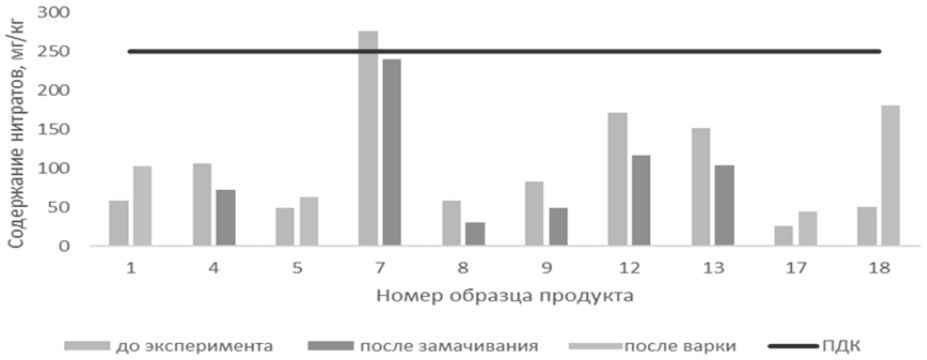


Рис. 4. Содержание нитратов в сердцевине моркови до и после эксперимента

Результаты обследования в г. Улан-Удэ

Из 150 обследованных образцов овощей, реализуемых в торговых точках г. Улан-Удэ, превышение установленных гигиенических нормативов было выявлено в образцах томатов, моркови, репчатого лука. На отобранных образцах была более детально изучена эффективность применения методов снижения содержания нитратов. В результате эксперимента удалось установить следующее:

1. Метод замачивания наиболее эффективен при продолжительности порядка 30 минут. В качестве примера, приведем результаты эксперимента для 10 образцов томатов (рис. 5). Первые пять образцов были опущены в холодную воду на 15 минут. За этот промежуток времени в первом образце количество нитратов снизилось на 8,6 мг/кг, во втором на 4,8 мг/кг, в третьем на 6,6 мг/кг, в четвертом на 4,2 и в пятом на 5 мг/кг. С шестого по десятый образцы замачивали на 30 минут и за это время количество нитратов в мг/кг уменьшилось на 20,6, 12, 10, 26,4, 14,4. При проведении замеров в шестом образце помидора, произведенном в России, было выявлено незначительное превышение ПДК нитратов. Содержание нитратов в этом образце составило 305 мг/кг, после замачивания – 284,4 мг/кг. Таким образом, после замачивания количество нитратов стало соответствовать норме.

2. В качестве эффективного метода снижения концентрации нитратов может быть применено хранение в прохладном месте. Так 10 образцов моркови хранили в холодильнике, при температуре 2 ^{0}С (рис. 6). За неделю в первом образце моркови количество нитратов уменьшилось на 19,8 мг/кг, во втором на 19 мг/кг, в третьем на 27 мг/кг, в четвертом на 17,6 и в пятом на 19 мг/кг. С шестого по десятый образцы хранили в холодильнике в течение трех суток и за это время количество нитратов в мг/кг снизилось на 11, 9, 7, 8,8, 8,4.

3. Наиболее эффективным методом термической обработки овощей является варка со сменой воды после закипания. К примеру, термической обработке подверглись 10 образцов моркови (рис. 7). 1, 2 и 3 образцы варили до полной готовности с постепенным доведением до кипения. В результате было выявлено увеличение концентрации нитратов во всех трех образцах моркови. 4, 5 и 6 образцы готовили на пару и также было отмечено увеличение количества нитратов. Оставшиеся 4 образца варили со сменой воды, т. е. после закипания вода была слита и залита чистая, после этого количество нитратов незначительно снизилось.

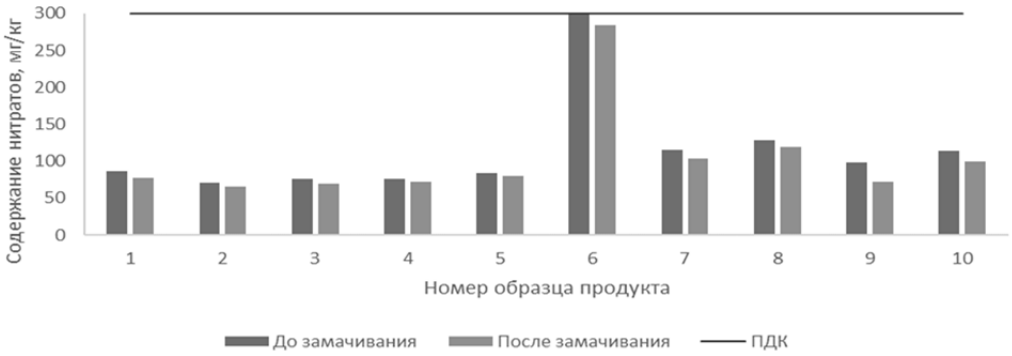


Рис. 5. Содержание нитратов в образцах помидора до и после замачивания

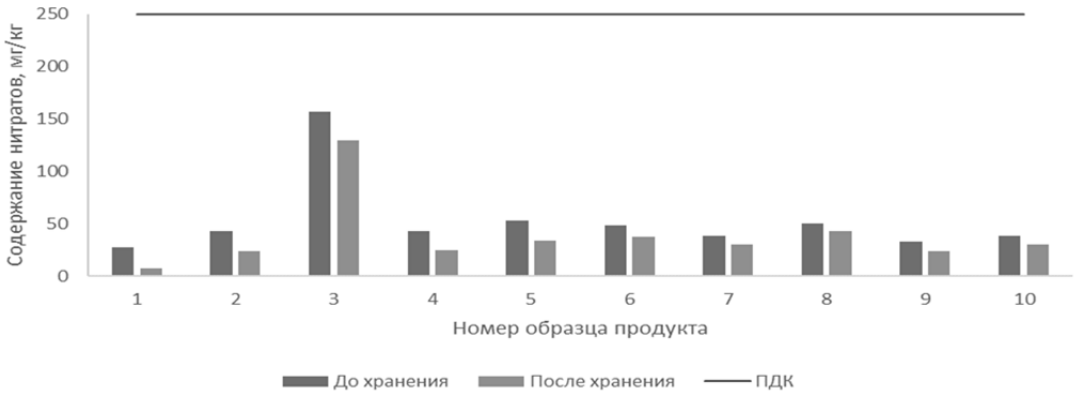


Рис. 6. Содержание нитратов в образцах моркови до и после хранения в холодильнике при 2 ^{0}C

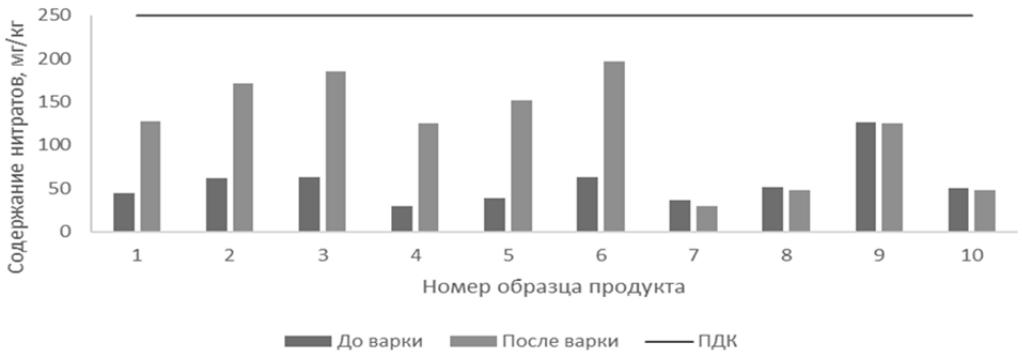


Рис. 7. Содержание нитратов в образцах моркови до и после варки

Выводы

В результате исследования была выявлена продукция, содержащая нитраты в количествах, превышающих установленные санитарно-гигиенические нормативы. Большая часть овощей с высокими концентрациями нитратов, произведена в России (50 %), в Китае произведено 36 % обследованной продукции, в которой выявлены нарушения содержания нитратов. Проведенный эксперимент позволил установить ос-

новные методы, способствующие уменьшению нитратов, среди которых: замачивание в холодной воде на 30 минут; замачивание в разрезанном виде на 15 минут; хранение при температуре 2 ^{0}С; термическая тепловая обработка (варка) со сменой воды после закипания. Таким образом, соблюдение ряда правил первичной обработки овощей может способствовать снижению риска поступления нитратов в организм.

Список литературы

1. ГОСТ 29270–95. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов // Госстандарт России, 1995.
2. *Алексеев В. Н.* Курс качественного химического полумикроанализа. Изд. 5-е, перераб. и доп. / под ред. П. К. Агасяна. М. : Химия, 1973. 584 с.
3. МосМР 2. 3. 2. 006–03. Отбор проб пищевых продуктов для лабораторных испытаний и исследований : метод. рекомендации. М., 2003.

УДК 551.43

Эколого-геоморфологические особенности реакции природной среды межгорных котловин Байкальского региона на изменения характера природопользования

А. Л. Волошин (volandr8@list.ru)

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ

Аннотация. Рассматриваются эколого-геоморфологические особенности и последствия влияния характера природопользования на ландшафты межгорных котловин Байкальского региона в XX–XXI вв. Автором на основе собственных многолетних исследований и разработок других ученых представлена схема рельефообразующей деятельности человека. Отмечено, что в условиях устойчивого развития недопустимо широкомасштабное распространение негативных экзогенных рельефообразующих процессов, произошедшее на территории региона в XX в.

Ключевые слова: рельефообразующие, природопользование, эрозионные, деградационные, дефляционные.

В условиях соблюдения положений Концепции устойчивого развития, гармонии её трех основных составляющих (экономической, социальной, экологической) особые требования предъявляются к безопасности осуществляемого природопользования. Особенно тщательными эти требования должны быть для районов с регламентированным характером природопользования, каким и является Байкальская природная территория.

Воздействие на природную среду, обусловленное факторами природно-климатического и/или антропогенного происхождения, в зависимости от его характера и степени обусловливает нарушение различных составляющих ее компонентов. При воздействии за земную поверхность последовательно происходит нарушение растительного покрова, почв, грунтов, рельефа. Перестройка рельефа, образование его новых форм происходит посредством проявления рельефообразующих процессов. Эколого-геоморфологические особенности реакции природной среды на существующее природопользование определяются состоянием среды, ее устойчивостью, характером и интенсивностью природопользования. Они проявляются в антропогенной рельефообразующей деятельности: целенаправленной созидательной и стихийной провоцирующей возникновение и распространение негативных природно-антропогенных процессов.

Среди многообразия антропогенной рельефообразующей деятельности В. Б. Выркин [4] выделяет три группы: техномобилизационную, создания искусственного рельефа и рельефоидов. Л. Л. Розанов [7] соответственно природно-техногенные и техногенные формы рельефа подразделяет на измененные, новообразованные, искусственные и рельефоиды. На наш взгляд, объединяя подходы этих авторов к исследова-

нию воздействия человека на рельеф, схема антропогенной рельефообразующей деятельности выглядит следующим образом (рис. 1).

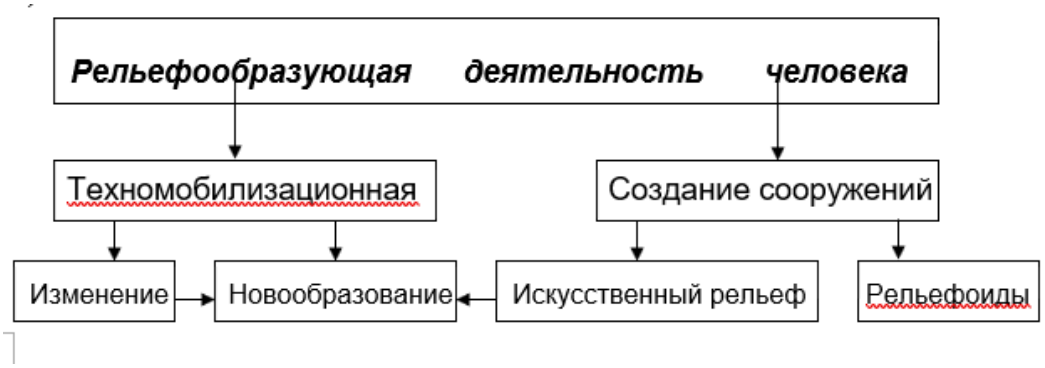


Рис. 1. Схема рельефообразующей деятельности человека

В бассейне озера Байкал, в физико-географическом плане представляющем из себя горную страну с чередованием преимущественно линейно вытянутых горных массивов (хребтов) и расположенных между ними межгорных котловин, особенно значительно воздействие человека на природную среду происходит в местах наибольшей концентрации его населения и интенсивной хозяйственной деятельности: межгорных котловинах. Проведенные нами многолетние исследования свидетельствуют о том, что в межгорных котловинах Байкальского региона наибольшие площади занимают формы, связанные с сельскохозяйственной, селитебной и транспортной деятельностью человека. Меньшие территории в котловинах региона занимают участки лесохозяйственной, рекреационной, горнодобывающей, бытовой деятельности. По вертикали же наиболее значительно преобразование земной поверхности происходит в местах добычи полезных ископаемых, особенно при их открытой разработке.

Значительно преобразована земная поверхность техногенными процессами в населенных пунктах, в которых встречаются все четыре типа антропогенного рельефа: рельефоиды, искусственные, измененные и новообразованные формы рельефа. Преобладают рельефоиды, в основном жилые и промышленные здания, хозяйственные и бытовые строения. Среди искусственного рельефа в населенных пунктах преобладают спланированные поверхности, выемки и полувыемки под различные гражданские и промышленные сооружения, поверхности и насыпи автодорог. Отсутствие или нерациональное размещение инженерных защитных и канализационных сооружений, биологической рекультивации после строительства новых зданий на песчаных грунтах и т. д. зачастую приводит к возникновению новообразованных форм рельефа: эрозионных борозд, промоин, размоин, развеваемых кучевых песков.

Самым широко распространенным по площади видом природопользования в межгорных котловинах региона является сельскохозяйственное. Мощным техномобилизационным процессом, изменяющим существующий рельеф местности и способствующий образованию его новых форм, является распашка земель. На распаханных поверхностях без применения соответствующих почвозащитных и противоэрозионных технологий значительно увеличивается риск проявления экзогенных процессов: водной и ветровой эрозии, сползания, течения грунта. Наиболее широко распаханными в Байкальском регионе являются межгорные котловины Селенгинского среднегорья, из которых самая распаханная – Тугнуй-Сухаринская. Около 1/3 площади ее поверхности занимают пахотные земли, более половины которых находятся на внутрикотловинном низкогорном Тугнуйском Увале, характеризуемого преобладанием покатых и крутых поверхностей, благоприятствующих распространению процессов склоновой водной эрозии. По данным проведенного нами историко-картографического анализа с использованием топографических карт конца XIX в. и современных карт, аэро- и космоним-

ков, материалов собственных экспедиционных исследований, площадь пахотных угодий в межгорных котловинах Селенгинского среднегорья с конца XIX в. к концу XX в. увеличилась в 3,7 раза.

Экстенсивное освоение степных пастбищ в XX в. российской части бассейна озера Байкал с вытеснением с них аборигенных пород скота, замена их более высокопродуктивными тонкорунными, но менее приспособленными к местным природно-климатическим условиям, несоблюдение на некоторых территориях требований рационального адаптивного учитывающего местные природные условия пастбищеоборота, перевыпас скота привели к истощению пастбищных ресурсов на отдельных участках. Проведенные нами в 90-х гг. XX в. детальные экспедиционные обследования ландшафтов Тугнуй-Сухаринской межгорной котловины (территория Мухоршибирского административного района Республики Бурятия) с оценкой состояния пастбищ выявили участки с различной степенью нарушенности (сбитости) их травостоя [1]. Наиболее сбитые участки с более чем на половину уничтоженным травостоем по сравнению с контрольными участками со схожими фитоценозами с ненарушенным или слабонарушенным выпасом растительностью были обнаружены в западных и юго-западных частях межгорной котловины, характеризуемых распространением песчаных отложений. Уничтожение перевыпасом выполнявшего определенную защитную функцию от проявления негативных экзогенных процессов почвенно-растительного покрова, способствовало как активизации развития и распространения находившихся здесь аккумулятивных (эоловых бугров, кос, кучевых песков) и дефляционных (котловин выдувания, песчаных останцов, дефляционных степей, межбугровых и межкосовых понижений и т. д.) эоловых форм рельефа, так и образованию новых форм.

Анализ статистических данных развития сельского хозяйства Республики Бурятия, чьи районы занимают большую часть бассейна оз. Байкал в пределах территории Российской Федерации, свидетельствует, что наибольшая степень антропогенной сельскохозяйственной нагрузки на рассматриваемую территорию пришлась на середину 70-х годов прошлого века, когда размеры посевных площадей и поголовья скота, в особенности овец, распределение стад которых внутри межгорных котловин по сравнению с другими видами отличалось наибольшим площадным распространением, достигли максимума. Анализ данных плановых государственных обследований почвенно-эрозионных обследований свидетельствует, что максимальная антропогенная нагрузка существенно способствовала развитию деградационных процессов на сельскохозяйственных землях, что выразилось в существенном увеличении площадей эродированных и дефлированных земель к концу 80-х годов XX в. По данным плановых обследований 1993 г. площадь эродированных сельскохозяйственных земель на территории Республики Бурятия составляла 521,1 тыс. га, дефлированных – 405 тыс. га, совместно эродированных и дефлированных земель – 102,5 тыс. га [5].

Проведенные нами полевые натурные обследования свидетельствуют о максимуме развития деградационных процессов в конце 80-х – первой половине 90-х годов XX в. Максимальные скорости роста с помощью установленных реперов зафиксированы на овражных формах, развивающихся именно под воздействием стока с пахотных угодий. Так, в мощных песчаных отложениях террасовидной поверхности на юго-западе Чикойской межгорной котловины в результате практически полной беспрепятственности стока с пашни, в значительной степени обусловленной неправильным расположением противоэрозионных валов и напашных борозд и неглубокой отвальной обработкой пашни, не позволяющей удерживать в достаточной степени сток на полях, вершинный прирост одного из отвершков распространенных здесь овражных систем за неполные 7 лет (с сентября 1990 г. по июнь 1997 г.) достиг 142 м [2]. Из-за активного развития овражной эрозии край пашни, по данным наших наблюдений 1997 г., здесь по сравнению с 1990 г. отступил на отдельных участках вверх по склону на 20–60 м. Достаточно интенсивный линейный рост некоторых отвершков данной овражной системы

наблюдался и в период активного пахотного землепользования с 1986 по 1990 г.: до 13–17 м в год.

Во второй половине 90-х гг. XX в. и начале XXI столетия в связи с сокращением объемов сельскохозяйственного производства на территории региона произошел вывод из пахотного использования многих малопродуктивных земель на склонах и песчаных почвах. На многих склоновых участках началось естественное восстановление произраставшей на них ранее древесной, преимущественно сосновой, растительности. Это существенно снизило активность проявления на этих землях деградационных эрозионных, дефляционных, склоновых гравитационных процессов [3].

Тем не менее, интенсивность проявления деградационных процессов на отдельных локальных участках с сочетанием факторов, способствующих их развитию (участках склонов с собирающим типом водосборов, наличием мощных песчаных и легкоразмываемых лессовидных отложений) достаточно высока. Так, в частности, результаты экспедиционных натурных наблюдений 2016–2018 гг. свидетельствуют о довольно интенсивном росте склоновых (с величиной вершинного прироста 1–2 м в год) и донных (3–5 м в год) овражных форм под воздействием неконтролируемого стока дождевых и ливневых вод с распаханных территорий их водосборов в Куйтунском понижении и Тугнуй-Сухаринской межгорной котловине. Локально отмечается проявление процессов дефляции и эрозии почв на паровых полях, довольно интенсивное эоловое перевевание мелкоземистого материала песчаных массивов в Убур-Дзокойской, Киранской межгорных котловинах.

Вместе с тем, Республика Бурятия, также как и прилегающие к ее территории расположенные в пределах бассейна оз. Байкал районы Забайкальского края далеко не полностью обеспечивают себя сельскохозяйственной продукцией [6]. Для устойчивого развития Байкальского региона необходимо наращивание объемов сельскохозяйственного производства, более эффективное использование имеющегося природного потенциала. В этой связи у населения региона, руководителей хозяйств должно воспитываться и культивироваться бережное отношение к имеющимся природным ресурсам. Необходимо не допустить ошибок прошлых лет, во многом вызванных игнорированием почвозащитных и противоэрозионных мероприятий и технологий.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН (проект № 0339–2016–0001).

Список литературы

1. *Волошин А. Л.* Об эрозии почв и развитии традиционного природопользования на сельскохозяйственных землях Байкальского региона // Устойчивое развитие: проблемы охраняемых территорий и традиционное природопользование в Байкальском регионе. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 1999. С. 35–36.
2. *Волошин А. Л.* О мониторинге современных экзогенных рельефообразующих процессов межгорных котловин забайкальского типа // География и природ. ресурсы. 2000. № 1. С. 68–70.
3. *Волошин А. Л.* Современные экзогенные геологические процессы межгорных котловин Селенгинского среднегорья // Геодинамика и минерагения Северо-Восточной Азии: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию Геологического института СО РАН. Улан-Удэ : ИД «Экос», 2013. С. 79–82.
4. *Выркин В. Б.* Классификация экзогенных процессов рельефообразования суши // География и природ. ресурсы. 1986. № 4. С. 20–24.
5. Генеральная схема противоэрозионных мероприятий Республики Бурятия. Улан-Удэ, 1994.
6. *Зубарев Н. М., Гармаева Л. Б., Молчанова Е. В.* О вопросах самообеспеченности Республики Бурятия основными продуктами питания // Агропродовольственная экономика. 2016. № 10. С. 50–57.
7. *Розанов Л. Л.* Теоретические основы геотехноморфологии. М. : ИГ АН СССР, 1990. 189 с.

УДК 351/354

Социально-экономическое развитие субъектов «Арктической зоны Российской Федерации» в контексте устойчивого развития региона

Э. З. Галимуллин (edmsk11@gmail.com)
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Москва

Аннотация. С начала XXI в. Россия начала свое возвращение в Арктику, практическое воплощение которого заключается в восстановлении старых и строительстве новых военных баз, ледоколов, исследовательских судов, проведении геологоразведочных работ и реализации масштабных инфраструктурных проектов. Арктика до сих пор остается одним из приоритетных направлений внутренней политики для российского руководства. Представляется очевидным тот факт, что комплексный успех в освоении региона будет зависеть не только от строительства военных баз и реализации проектов нефтегазовой промышленности, но также и от социально-экономического развития соответствующих субъектов. Расширение АЗРФ в последние годы является следствием как стремления отдельных региональных элит получить дополнительное финансирование, так и готовности федеральных властей оказывать поддержку в рамках существующих программ. Мы полагаем, что это положительный момент, но главное, конечно, чтобы выделяемые средства направлялись на реализацию важных с точки зрения устойчивого развития региона проектов. Мы утверждаем, что необходимы не только экономические меры, такие как более высокая заработная плата и налоговые льготы, но также использование современных технологий, таких как телемедицина, для повышения уровня жизни мигрантов и коренных народов в Арктике.

Ключевые слова: Арктика, АЗРФ, устойчивое развитие, Россия.

Арктическая зона Российской Федерации — это огромные территории, площадь которых в совокупности составляет 3 млн км^2 (что составляет 18 % от всей площади страны), а проживают на этих территориях порядка 2,4 млн человек [7]. Важный вопрос здесь, в контексте межрегионального и международного взаимодействия – как мы определяем Арктику. Линия Полярного круга, например, не совпадает с границей АЗРФ. Результатом становится исключение целых субъектов из научного анализа, как это произошло с отчетом Econor 2015 (Economy of the North) Центрального статистического бюро Норвегии [11]. Его авторы рассматривали в качестве арктических территорий России Ханты-Мансийский АО и Камчатский Край, не входящие в АЗРФ, при этом обойдя вниманием Красноярский Край, часть территорий которого туда, как раз-таки, входит. В данной статье мы проанализировали социально-экономическое состояние и тенденции в этой сфере исключительно регионов, входящих в АЗРФ.

Субъекты АЗРФ существенно отличаются друг от друга по важнейшим социально-экономическим критериям. Цифры в представленной ниже таблице (табл. 1) соответствуют месту, который субъект занимает в целом по всей стране. Чем цифра меньше, тем, соответственно, лучше.

Таблица 1

Некоторые социально-экономические показатели субъектов АЗРФ

Регион	Безработица	Средний доход на душу населения	Валовый региональный продукт на душу населения	Смертность
Архангельская область	58	19	33	48
Чукотский АО	5	3	5	13
Республика Карелия	74	40	37	62
Республика Коми	71	18	10	27
Мурманская область	65	13	14	20
Республика Саха (Якутия)	60	11	8	6
Ямало-Ненецкий АО	3	2	2	4
Красноярский край	47	29	12	28

Как мы видим, Чукотка и Ямал идут в лидерах практически по всем показателям, Саха (Якутия) также имеет неплохие показатели. На их фоне Карелия очевидный аутсайдер.

Теперь обратим внимание на то, что представляет из себя АЗРФ по количеству населения. Ниже представлены два региональных графика.

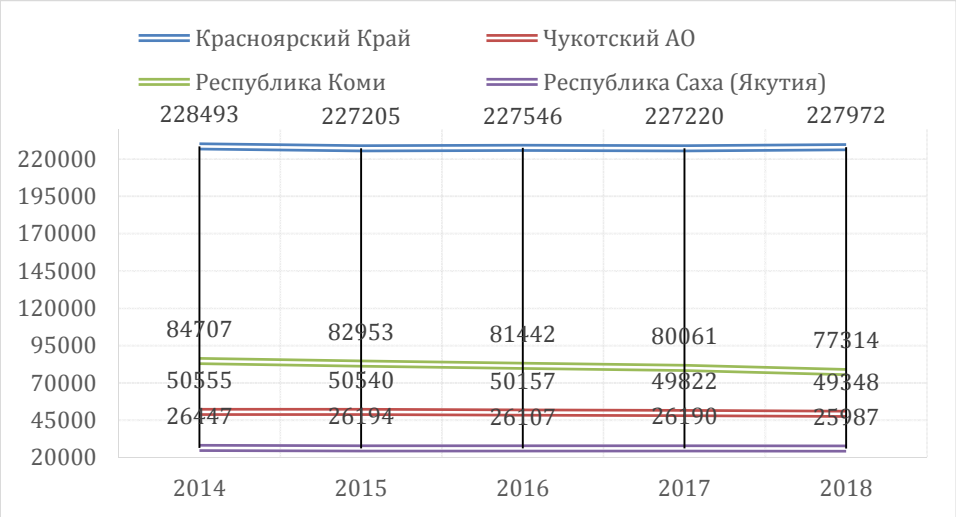


Рис. 1. Динамика численности населения в регионах АЗРФ (1)

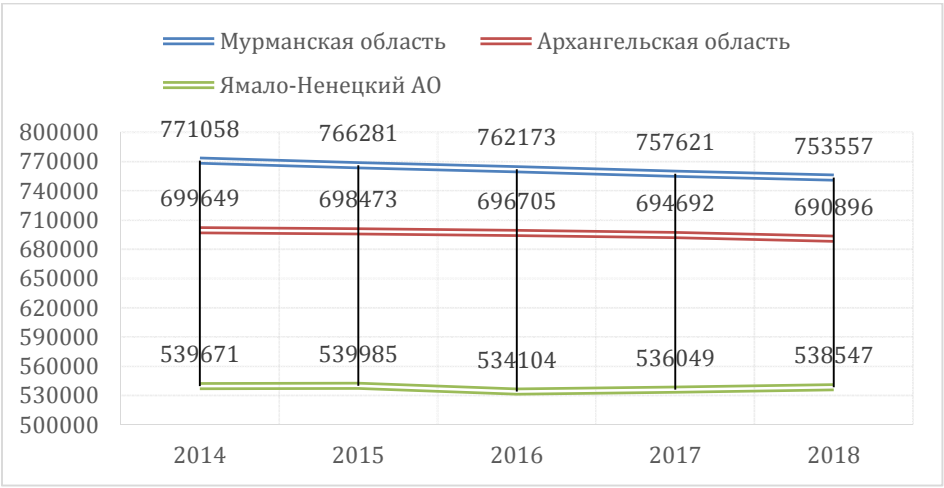


Рис. 2. Динамика численности населения в регионах АЗРФ (2)

На них мы видим устойчивое сокращение численности населения – Мурманская область за последние четыре года потеряла более 17 000 человек, а Республика Коми – около 7000. Единственное значимое исключение представлено Ямало-Ненецким АО, где, правда, в один из рассмотренных периодов (15–16) произошло резкое падение (около 6000), практически полностью обусловленное именно потерей среди городских жителей. Вероятно, данное событие произошло по причине миграции, вызванной падением цен на нефть и последующими сокращениями.

В Красноярском крае ситуация скорее стабильная, периоды роста и спада сменяют друг друга. В Чукотском АО и Республике Саха (Якутия) в основном спад, но не такой значительный в сравнении с другими субъектами РФ.

Общее население российской Арктики также сокращалось, совпав пиковым периодом с вышеупомянутым Ямало-Ненецким АО, составившим 44 % от потерь всего региона за рассматриваемый период. Однако, с включением в 2017 г. некоторых территорий республики Карелия в состав АЗРФ население российской Арктики теперь

достигло рекордного значения в 2 406 420 человек. На графике видно, что без соответствующего включения убыль составила бы примерно 8 000 человек, что, в целом, соответствовало бы общему тренду (рис. 3).

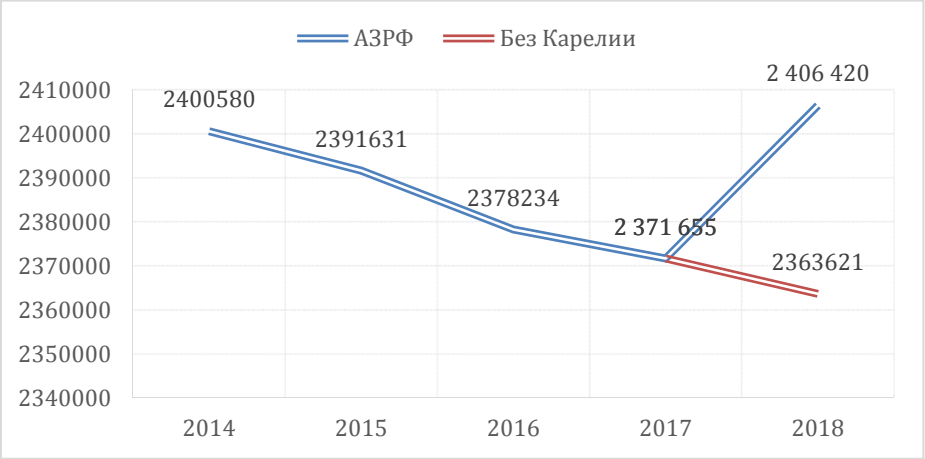


Рис. 3. Динамика численности населения АЗРФ

Итак, в июне прошлого года Президент подписал Указ о включении трех северных районов Карелии — Беломорского, Кемского и Лоухского — в Арктическую зону РФ [8]. С одной стороны, данное обстоятельство, в свете подготовки к празднованию 100-летию республики, выглядит слегка символично, но с другой – регион добился значительных субсидий из федерального бюджета на развитие депрессивных приморских районов [2]. Более того, на этом достижений, а это действительно достижение, власти Карелии решили не останавливаться, и предлагают включить в АЗРФ еще два субъекта. В качестве обоснования для этого решения они называют суровые природно-климатические условия, очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкую плотность населения [3]. Вообще в этом смысле Норвежский Государственный Комитет по Статистике выступил провидцем в Econor 2015, поскольку рассматривал Карелию как территорию Арктики, правда – полностью.

На данный момент существуют два реальных варианта управления изменениями численности населения. Первый – вахтовый метод, который давно используется в России, но характеризуется рядом проблем, в числе которых – трудность подсчета количества прибывающей и убывающей таким способом рабочей силы. На графике ниже вы можете видеть спрос на вахтовых рабочих в 4 арктических субъектах, и для большинства из них он составляет примерно 1 % от общей численности населения. Кроме Ямала – скорее всего, из-за таких крупных проектов, как «Ямал СПГ» и «Арктик СПГ». Упоминаемые цифры солидные, и это лишний раз подчеркивает необходимость регулирования вахтового метода региональными правительствами и государством [9].

Subject	2018	2019	2020
Yamal-Nenets	7840	7920	7960
Arkhangelsk	5950	6090	6030
Murmansk	6078	6079	6084
Krasnoyarsk	2343	2348	2338

Рис. 4. Потребность в кадрах некоторых субъектов АЗРФ [4]

Второй – более сложный и менее экономически выгодный способ – комплексное социально-экономическое развитие регионов и привлечение людей на Север. Это действительно сложно, потому что в России, даже если люди едут на север и остаются жить там, они часто делают это из-за больших зарплат, а потом многие возвращаются в европейскую часть страны. На севере холодно, суровый климат, и люди это понимают. Необходимо это как-то компенсировать. Как? Повышением зарплаты? Но мы не можем запретить людям покидать север, когда они накопят достаточно денег. Идеальным вариантом был бы такой, когда люди приезжали бы в северные регионы работать и понимали, что их навыки нужны здесь и больше практически нигде, т. е. это узкоспециализированные навыки, высокооплачиваемые.

Среди примеров комплексного развития – различные федеральные инициативы, одна из них называется «Малые города». Целью конкурса является поддержка проектов по созданию привлекательных городских пространств, способствующих повышению качества жизни, привлечению в город посетителей, развитию индустрии услуг [5]. По результатам отбора в числе победителей оказались 80 городов и поселков – правительство выплатит им от 30 до 100 млн руб. в зависимости от населения для того, чтобы двигаться дальше и реализовать свои концепции. Эта инициатива касается всей страны, но в ней представлены только 4 северных города России, и только 1 из АЗРФ – из Мурманской области.

Понятно, что целью таких инициатив является стимулирование местных властей проявлять большую активность, но, похоже, что для многих местных органов власти на севере гораздо легче добиться включения в АЗРФ и получить федеральные деньги. Поэтому после Карелии Республика Саха (Якутия) также просит правительство включить 8 своих территорий в зону из-за плохих экономических условий [10]. И в следующем году, вероятно, границы Арктической зоны РФ расширятся. Федеральное правительство хочет видеть активность местных властей в арктических регионах, но, видимо, не считает, что этой активность достаточно, поэтому продолжает финансовую подпитку регионов, что, в свою очередь, губит инициативу.

Что касается инноваций, то в российской Арктике собираются применять и технологии 3D-моделирования [1]. Размышляют на этот счет специалисты Экспертного центра «Проектный офис развития Арктики», созданного в 2017 г. и осуществляющего выдачу грантов для проектов, способствующих социально-экономическому развитию региона. Отмечается, правда, что существующие модели подходят лишь для городов типа Барселоны, с условиями жизни, близкими к идеальным.

Таким образом, в настоящее время в России проводится целенаправленная работа по улучшению социально-экономического положения субъектов АЗРФ, населяющих их граждан, в том числе представителей коренного населения. Включает это работа сразу несколько направлений: совершенствование нормативно-правовой базы; стимулирование региональных и местных властей к более активному участию через организацию грантовых конкурсов и проектов, подразумевающих выделение средств из федерального бюджета; внедрение инноваций и поддержка перспективных разработок для Севера, опять-таки поддерживаемая преимущественно федеральным центром; комплексное развитие инфраструктуры и т. д.

Разумеется, как мы уже отмечали ранее, устойчивое развитие регионов должно обеспечиваться не только за счет реализации крупномасштабных проектов отдельных отраслей, поскольку это может привести к созданию очередных подобий «моногородов», жизнедеятельность которых подпитывается исключительно реализацией пусть и крупного, но одного и сугубо специфического проекта. В целях регулирования численности населения необходимо разработать механизм контроля за использованием вахтового метода. Также, при разработке программ и планов социально-экономического развития не стоит забывать, что проблемы арктических регионов нашей страны, пусть и, безусловно, обладающие определенными особенностями, во многом являются след-

ствием тех же самых причин, что и проблемы всех остальных регионов [6] – это кризис 90-ых годов, кризис государственного патернализма, который (патернализм) наиболее ярко проявил себя именно в Арктике и та, соответственно, столкнулась с наиболее серьезными проблемами.

Список литературы

1. Вести. URL: https://www. vesti.ru/doc. html?id=3049607 (дата обращения: 12.09.2018)
2. ИА REGNUM. URL: https://regnum.ru/news/society/2294707. html (дата обращения: 10.09.2018)
3. ИА REGNUM. URL: https://regnum.ru/news/2412702.html (дата обращения: 10.09.2018)
4. Кадровое обеспечение для развития Арктической зоны России. URL: http://arctic.labourmarket.ru/prognosis (дата обращения: 11.09.2018)
5. Конкурс «Исторические поселения и малые города». URL: https://konkurs.gorodsreda.ru/ (дата обращения: 11.09.2018)
6. *Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н.* Состояние и задачи государственного управления социально-экономическим развитием российской Арктики: правовой аспект // Вопросы государственного и муниципального управления. 2018 (2) – С. 114–138.
7. *Меламед И. А., Авдеев М. А.* Арктическая зона России в социально-экономическом развитии страны // Власть. 2015 (1) – С. 5–11.
8. Официальный интернет-портал Республики Карелия. URL: http://www.gov.karelia.ru/gov/News/2017/06/0629_21. html (дата обращения: 11.09.2018)
9. *Фаузер В. В.* Демографический потенциал северных регионов России – фактор и условие экономического освоения Арктики // Экономика региона. 2014. № 4. С. 69–81.
10. The Arctic. URL: https://ru. arctic.ru/amp/news/20180821/787263.html (дата обращения: 12.09.2018)
11. The Economy of the North 2015 // Sustainable Development Working Group, 05.11.2017. URL: https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/1946 (дата обращения: 10.09.2018)

УДК 351(571.53)

Устойчивое развитие: теория и практика муниципального уровня

Н. Е. Красноштанова (knesun@mail.ru)
Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Рассматриваются теоретические аспекты значимости муниципального уровня для перехода на путь устойчивого развития. На примере Иркутской области и ее отдельных муниципальных районов анализируются практические аспекты возможности перехода к устойчивому развитию.

Ключевые слова: устойчивое развитие, регион, муниципальный район.

Постановка проблемы

Тема устойчивого развития (УР) активно обсуждается уже не один десяток лет, и до сих пор не стихают дискуссии о способах перехода на путь УР и проблемах связанных с этим. Природа этих проблем является следствием, как терминологических интерпретаций данной дефиниции, так и политических, социальных, экологических и экономических реалий и их региональной дифференциации. Происходящие изменения природной среды и общества требуют обновления приоритетных направлений на пути к УР. В связи с этим глобальные цели УР периодически обновляются. Новые цели УР до 2030 г. были приняты в 2015 г. и в 2017 г. доработаны [17]. Но, как и прежде, все цели соотносятся с 3 сферами, на балансе которых должно выстраиваться УР: экономика, социальная среда и экология. Достижение целей устойчивого развития на глобальном уровне выглядит абстрактно без регионального преломления. Важность региона в достижении устойчивого развития научно обоснована во многих исследованиях. При этом первостепенное значение отводится системному подходу [3; 6; 10]. Регион, как управляемая структура, представляется в виде сложной открытой социо-эколого-экономической системы [6], на основе анализа которой ставятся задачи поиска индика-

торов УР, идентификация структурных связей и построение сбалансированной модели социально-экономического развития [1; 15; 16].

Не менее важным в практической реализации принципов устойчивого развития является муниципальный уровень. В сравнении с системной организацией регионального уровня – район (муниципальное образование) является относительно более простой системой, но также отражающей все подсистемы жизнеобеспечения [2; 11; 16]. Целесообразность использования крупномасштабного уровня базируется на значимости причинно-следственных связей локального характера, в которых зачастую скрываются источники социально-экономических проблем и пути их решения [7]. Изменчивость показателей находит оперативный ответ в системе муниципального уровня. В случае муниципального уровня индикаторы УР следует подбирать индивидуально [16], и важная роль здесь должна отводится гражданскому обществу муниципалитетов, т. е. мнению местных жителей, которые заинтересованы в благополучии своего будущего и будущего своих потомков. Вовлечение местного населения в процесс принятия решений, в том числе и формирования стратегий долгосрочного социально-экономического развития, является важной составляющей успешного планирования. Без долгосрочного плана развития территории управление превращается в реагирование на изменения внешних и внутренних факторов [11], такой способ управления приводит к неустойчивости социо-эколого-экономической системы. Поэтому наличие стратегии развития территории – это уже шаг на пути к устойчивому развитию.

С точки зрения концепции УР важно понимать, что социо-эколого-экономическая система состоит из трех подсистем: экологической, социальной и экономической. Эти подсистемы имеют разную устойчивость, наибольшей устойчивостью обладает экологическая, наименьшей – экономическая. Таким образом, если приоритетом выбираются экономические цели, то вся система попадает в неустойчивое состояние [4].

Курс перехода на устойчивое развитие поддерживается на государственном уровне. Если рассматривать с позиции принятия стратегических планов развития, то эта государственная политика успешно реализуется на всех уровнях власти: от федерального до муниципального. Однако в последнем случае еще не все муниципалитеты разработали данные документы, но, по крайней мере, находятся в процессе. Другой вопрос: качественное содержание этих документов. Здесь остро встает проблема кадрового состава управляющих органов [10]. Для лиц принимающих решения в условиях преодоления кризисных экономических явлений, приоритетными становятся решения экономических вопросов. В итоге устойчивость соотносится только с экономическим развитием. Это находит отражение в стратегиях и программах развития страны, правительственных документах и т. п. [1], естественно, что подобная ситуация складывается на региональных и муниципальных уровнях. Однако региональные и локальные аспекты могут вносить свои корректировки.

Иркутская область

Стратегия социально-экономического развития Иркутской области до 2030 года принята в конце 2017 г. Основная заявленная цель стратегии: «Иркутская область – регион, в котором уровень и качество жизни обеспечивают современные потребности человека в развитии и самореализации, а жители связывают свое будущее с будущим Иркутской области» [14]. Основной аспект устойчивости развития региона представляется в стабильном экономическом развитии. Выделяются опорные территории с различными промышленными специализациями. Полагается, что на основе успешной реализации экономических потенциалов территорий посредством мультипликативного эффекта будут решаться социальные проблемы региона. Отдельное внимание в региональной стратегии, как и стратегиях муниципального уровня, уделяется устойчивому развитию сельских поселений. Под влиянием внешних геополитических факторов проблема про-

довольственной безопасности страны в последние годы получила особую актуальность, что привело к разработке федеральной целевой программы «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года». Основной целью которой является повышение привлекательности сельских территорий для проживания населения, привлечение молодых специалистов и удержание местных. В настоящее время во всех районах Иркутской области реализуются муниципальные программы по устойчивому развитию сельских территорий. Для отдельных районов это единственный документ, освещающий тему УР. Хотя в стратегиях некоторых муниципалитетов тема и терминология УР широко используется, только в одном стратегическом документе приводится толкование этого термина. В стратегии социально-экономического развития Бодайбинского района под устойчивым развитием понимается: видение долгосрочной перспективы, которое требует системного подхода, учитывающего все факторы, влияющие на формирование безопасного и благополучного будущего [13]. Отсутствие законодательно закрепленных дефиниций в области УР приводят к вольной интерпретации понятий, что часто вызывает недопонимание между разными заинтересованными сторонами. Таким образом, употребление терминологии концепции УР в стратегических документах районных муниципалитетов не означает формирования условий для развития сбалансированной социо-эколого-экономической системы.

Катангский район

Проблема УР особо актуальна для северных и арктических регионов, где происходящие изменения природного и антропогенного характера находят наибольший отклик. Ресурсно-сырьевая ориентация развития экономики северных районов Иркутской области, расположенных в зоне Крайнего Севера и приравненных к нему территорий, настораживает по двум причинам. Во-первых, это исчерапемость природных ресурсов, сырьевая экономика в своем существе не может быть устойчивой. Во-вторых, это экологические и социальные последствия промышленных работ в условиях уязвимой природной среды, которая является источником жизнеобеспечения коренных малочисленных народов Севера и части русского, преимущественно старожильческого, населения. С другой стороны привлечение финансовых средств на территорию во время промышленного освоения природных ресурсов, может способствовать решению социально-экономических и экологических проблем отдаленных территорий и послужить импульсом к переходу на путь устойчивого развития.

Более подробно проанализирована текущая ситуация в Катангском районе, самом северном районе области, находящемся под влиянием процессов нового хозяйственного освоения. Нефтегазодобывающие и лесозаготавливающие компании активно наращивают темпы промышленной деятельности в районе. Открываются новые месторождения, формируются соответствующая промышленная инфраструктура. Растут налоговые доходы местных бюджетов. Увеличиваются неналоговые поступления от нефтяных и лесных компаний в рамках соглашений о социально-экономическом сотрудничестве с властями региона.

Тема УР поднимается в ряде муниципальных программ района. Первый документ – программа «Создание условий для устойчивого экономического развития 2017–2022» [8], проблема устойчивости определяется через диверсификацию районной экономики. Для этого планируется развитие малого и среднего бизнеса (под которым понимается преимущественно сфера торговли) и туризма. Однако на развитие туристической отрасли в рамках этой программы финансирование не предусмотрено. Второй документ, как и для всех остальных муниципальных районов области, – программа «Устойчивое развитие сельских территорий» [12]. Целью программы является формирование комфортных условий жизнедеятельности и позитивного отношения к сельской местности и сельскому образу жизни. В рамках программы предусмотрено строительство и ремонт ряда социальных объектов, преимущественно в двух населенных пунктах

района (Ербогачен и Преображенка). Третий документ – муниципальная программа «Устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера проживающих на территории МО «Катангский район» [9]. Согласно программе запланирован ряд мероприятий, финансирование которых полностью осуществляется из местного бюджета: покрытие транспортных расходов школьников из отдаленных поселений к месту обучения и обратно; компенсационные выплаты оленеводам; социальные мероприятия; СМИ на языках КМНС. Реализация муниципальных программ по устойчивому развитию не решает проблем связанных с социально-экологическими и экономическими последствиями промышленных работ и сокращением земель пригодных для ведения традиционных видов деятельности. Остро стоит проблема закрепления территорий традиционного природопользования (ТТП) в районе. Работы по обоснованию границ ТТП проводились неоднократно, но по различным причинам до сих пор не было их юридического закрепления. Последний отказ в создании ТТП регионального значения был обоснован наличием на территории района федеральных объектов, что означает необходимость создания ТТП федерального уровня [5]. Тем временем продолжается активное промышленное освоение территории района, сокращаются земли пригодные для ведения традиционных видов деятельности. Ситуация по созданию ТТП в условиях промышленного освоения не уникальна, в других регионах России есть накопленный положительный опыт по решению подобных проблем.

Крупные нефтегазодобывающие компании, работающие в Катангском районе, ведут политику корпоративной социальной ответственности (КСО). Возникновение такого вида политики бизнес-структур является ответом на глобальные тенденции развития общества. В новых социально-экономических условиях использование принципов концепции УР на практике становится гарантом получения кредитов на развитие и залогом конкурентоспособности на международном рынке. В свою очередь успешная реализация политики КСО способствует решению различных, прежде всего социальных, проблем осваиваемых территорий. Поэтому компании с КСО, как правило, радушно принимаются властями. Но у этой ситуации могут быть и другие последствия: возрастает зависимость властей от промышленных компаний, меньше внимания уделяется другим отраслям экономики. Чем лучше работает политика КСО компаний, тем больше снимает с себя ответственности правительство [18]. Политика КСО, как правило, призвана смягчать социально-экологические последствия промышленных работ. Но, как показывает практика, экономические последствия от деятельности этих компаний не менее серьезны [18]. Наличие компаний, ведущих политику КСО, важный аспект современного социально-экономического развития Катангского района. При рациональном управлении территорией это может способствовать УР муниципалитета. Но пока ситуация складывается не в пользу устойчивости: растет зависимость района от деятельности промышленных компаний и доброй воли их руководства, так как все социальные проекты финансируются на добровольной основе.

Заключение

Теоретические представления о реализации принципов УР муниципального уровня находятся на стадии разработки, при этом научная и практическая важность этого подхода вполне обоснована. На уровне социо-эколого-экономической системы муниципального района причинно-следственные связи и локальные особенности легче идентифицируются. Практика применения принципов УР показывает неоднозначность трактовки используемых понятий, что говорит о важности уровня квалификации кадрового состава администраций муниципалитетов и специалистов, занимающихся разработкой стратегических документов. Общегосударственные тенденции смещения стратегических приоритетов развития в область устойчивого экономического роста наблюдаются на всех уровнях власти Иркутской области. Северные территории в настоящее время подвергаются значительным трансформациям социально-

экономической среды, за счет активного промышленного освоения. С одной стороны это позиционируется как позитивное экономическое развитие и рост доходов бюджетов муниципальных образований, но с другой это приобретение новых социальных, экологических и экономических проблем. Использование принципов УР в этом случае может быть реальным решением проблем территории. Нефтегазовая промышленность в Катангском районе только начинает разворачиваться, и от выбранной стратегии социально-экономического развития, которая сейчас находится в процессе разработки, зависит возможность сохранения природной среды и традиционных видов деятельности коренных малочисленных народов Севера, как неотъемлемой части их культуры и основы для устойчивого развития муниципального района.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Инновационное развитие, территориальная организация и рост качества жизни населения в Сибирских и Арктических регионах России», № 16–02–00570(а).

Список литературы

1. *Бобылев С. Н.* Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты // Мир новой экономики. 2017. № 3.
2. *Важенина Т. М.* Формирование системы показателей оценки устойчивости развития муниципального образования // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера // Вестн. Науч.-исслед. центра корпорат. права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкар. гос. ун-та. URL: http://koet. syktsu.ru/vestnik/2010/2010–4/2/2. htm (дата обращения: 21.10.2018)
3. *Гранберг А. Г.* Основы региональной экономики. М. : ГУ ВШЭ, 2001. 495 с.
4. *Ерофеев П. Ю.* Особенности концепции устойчивого развития URL: http://lib.usue.ru/resource/free/12/s330. pdf (дата обращения: 22.10.2018)
5. Коренные малочисленные народы Иркутской области: социально-экономическая политика для сохранения и развития территорий. URL: http://irkobl.ru/sites/economy/prostranstvennoe-razvitie/narod_Sibiri/doklad_o_KMNS. docx (дата обращения: 19.10.2018)
6. *Кормановская И. Р., Ренкас Н. Н.* Оценка эффективности управления устойчивым развитием региона // Вестн. Новгород. гос. ун-та. 2009. № 37.
7. *Лаженцев В. Н.* Проблемы Севера: специфика предмета научных исследований // Экономика региона. Темат. прил. 2007. № 2.
8. Муниципальная программа «Создание условий для устойчивого экономического развития на 2017–2022 годы». URL: http://катанга.рф/Municipalnaja-programma-Sozdanie-u/ (дата обращения: 23.10.2018)
9. Муниципальная программа «Устойчивого развития коренных малочисленных нароводв севера проживающих на территории МО «Катангский район» на 2017–2022 годы». URL: http://катанга.рф/Municipalnaja-podprogramma-Ustojchi/ (дата обращения: 23.10.2018)
10. *Патрушев В. И., Астахов Ю. В.* Проблемы устойчивого развития муниципальных образований // Теория и практика обществ. развития. 2013. № 10.
11. *Погребняков П. В.* Экономико-географическая типология в разработке и оценке стратегий развития муниципальных районов и городских округов Калининградской области. URL: https://www.kantiana.ru/upload/iblock/d8b/pogrebnyakov. pdf (дата обращения: 22.10.2018)
12. Постановление об утверждении муниципальной программы «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года». URL: http://катанга. рф/Postanovlenie-Ob-utverzhdenii-munici-5/ (дата обращения: 23.10.2018)
13. Проект стратегии социально-экономического развития Бодайбинского района на период до 2030 года. URL: http://bodaybo38.ru/qa/205.html (дата обращения: 23.10.2018)
14. Проект стратегии социально-экономического развития Иркутской области до 2030 года. URL: http://irkobl.ru/sites/economy/socio-economic/project2030/?type=special (дата обращения: 23.10.2018)
15. *Сандомирская И. К.* Региональные аспекты устойчивого развития // Управленческое консультирование. 2011. № 1.
16. *Харитонова Ю. С.* Анализ устойчивости развития муниципальных образований Республики Мордовия // Вестн. НГУ. Сер. Соц.-экон. науки. 2013. Т. 13(1).
17. Цели в области устойчивого развития. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/ development-agenda/ (дата обращения: 21.10.2018)
18. *Frynas J. G.* The false developmental promise of Corporate Social Responsibility: evidence from multinational oil companies // International Affairs. 2005. № 81.

УДК 551.584(751.53)

Оценка биоклиматической комфортности проживания на территории Республики Бурятия

К. А. Лощенко (loshchenko@bk.ru), В. Н. Курдюков (vit.kurdyukov@list.ru), Н. С. Домбровская (ndombrovskaya@inbox.ru)[1]

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Исследование посвящено оценке долговременных изменений биоклиматических показателей, определяющих комфортность проживания на территории Республики Бурятия в условиях меняющегося климата. Современный циркуляционный период характеризуется уменьшением повторяемости меридиональных южных и увеличением повторяемости меридиональных северных процессов, на фоне которых происходит уменьшение континентальности климата и смягчение биоклиматических условий проживания в различных районах Бурятии.

Ключевые слова: эффективная температура, биологически активная температура, приведенная температура, индекс суровости зим, континентальность климата, комфортность проживания.

Введение

Погода и климат влияют на человека прямым и «сигнальным» путем. Прямое влияние проявляется через воздействие метеорологических условий на тепловое состояние, а сигнальное обусловливает появление патологических реакций у так называемых «метеотропных» больных и ухудшение самочувствия у здоровых людей. При этом на состояние человека влияют не только собственно метеорологические условия, но и их изменения в пространстве и во времени, особенно в процессе адаптации при межрегиональных перемещениях [3]. Поэтому показатели, характеризующее изменение погоды, следует рассматривать как индикаторы, указывающие на возможность появления патологических реакций у больных и ухудшения самочувствия у здоровых людей.

Одна из важнейших задач современной биоклиматологии состоит в изучении прямых и косвенных связей между геофизическими и геохимическими факторами среды и организмом человека. Термин «среда» понимается в широком смысле и включает в себя целый ряд параметров, среди которых наиболее динамичными являются метеорологические факторы [4].

Главной причиной интереса влияния погоды и климата на человека стало ускорившееся изменение климата, которое происходит над значительной частью территории России, где наряду с климатическими изменениями имеет место загрязнение окружающей среды и нарушение экологического равновесия [2; 6].

Постановка задачи

Объект исследования – территория Республики Бурятия расположена в южной части Восточной Сибири, при этом большая ее часть занята горами, которые обрамляют оз. Байкал, продолжая линию Байкальского разлома. Разнообразие климатических условий указанной территории во многом определяется ее значительной приподнятостью над уровнем моря и преобладанием расчлененного горно-котловинного рельефа, а также частой сменой воздушных масс и влиянием сезонных континентальных центров действия атмосферы.

Следует отметить, что Республика Бурятия в отличие от других регионов Сибири и Дальнего Востока характеризуется значительной продолжительностью солнечного сияния, которая варьирует от 2500 часов/год на крайнем юге до 1900 часов/год в северных районах. В тоже время климат территории отличает резкая континентальность, которая характеризуется значительными годовыми амплитудами средней месячной температуры воздуха, возрастающими от 42 ºС на юге Республики до ≥50 ºС на севере. Ис-

ключение составляют районы, прилегающие к оз. Байкал (ст. Бабушкин), где годовые амплитуды температуры воздуха несколько меньше (31–34 ºС).

О резкой континентальности климата Бурятии можно судить и по неравномерному распределению атмосферных осадков. Наибольшее количество атмосферных осадков выпадает на наветренных северо-западных и западных склонах хребтов Хамар-Дабана, Баргузинского и Байкальского ~ 1000–1400 мм в год. На юге Байкала среднее годовое количество осадков составляет ~900 мм.

Значительная расчлененность территории Бурятии создает условия, когда близко расположенные районы, но имеющие разную высоту, морфологию, экспозицию и т. д. обладают различными климатическими характеристиками, особенно это проявляется в ветровом режиме. На территории Республики Бурятия преобладают ветровые потоки западных румбов (СЗ, З, ЮЗ). Так, на станциях, расположенных на перевалах, в долинах рек, ориентированных с северо-запада на юго-восток, велика повторяемость северо-западного направления ветра (Уакит, 37 %, Замакта, 33 %, Усойский Хребет, 54 %, Икатский Перевал, 60 %, Карафтит, 42 %). По долинам рек преобладают ветры, дующие вдоль долины. Средние годовые скорости ветра по территории республики изменяются в пределах 0,7–3,6 м/с. Наибольшие скорости ветра отмечаются на вершинах хребтов, в перевалах, в долинах рек и на побережье оз. Байкал. Так на закрытой в настоящее время станции Усойский Хребет средняя годовая скорость ветра составляла 4,9 м/с, на Байкале (Бабушкин) – 3,6 м/с.

В работе дается оценка биоклиматическим условиям проживания на территории Республики Бурятия по материалам наблюдений на семи метеорологических станциях, расположенных в разных физико-географических условиях, за период 1970–2010 гг.

В качестве показателя, характеризующего континентальность климата, использован индекс континентальности по Горчинскому [1]:

$$К = (1{,}74 * А)/\sin \varphi, \quad (1)$$

где А — годовая амплитуда температуры, °; φ – географическая широта места, °. Обычно это безразмерный коэффициент, но на практике его умножают на 100 % и получают значения континентальности климата в процентах.

Для оценки теплового состояния человека рассчитывались основные биоклиматические показатели, применяемые в биоклиматологии [3; 5]: эффективная температура неподвижного воздуха (ЭТ):

$$ЭТ = t - 0{,}4(t - 10)(1 - f/100), \quad (2)$$

где f – относительная влажность воздуха, (%); t – температура воздуха в градусах Цельсия, (°С); эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) или показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра:

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0{,}68 - 0{,}0014f + \frac{1}{1.76 + 1.4v^{0.75}}} - 0{,}29t\left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (3)$$

где ET – ЭЭТ, t – температура воздуха, °С; f – относительная влажность, %; v – скорость ветра, м/с; приведенная температура по Адаменко и Хайруллину ($t_{прив}$), которая характеризует теплопотери человека в зависимости от сочетания фактических значений температуры и скорости ветра, приравненные к теплопотерям той же температуры воздуха, но в условиях безветрия:

$$t_{прив} = t_в - 8{,}2\sqrt{V}, \quad (4)$$

где $t_{прив}$ – приведенная температура, °С; $t_в$ – фактическая температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с; биологически активная температура (БАТ), которая позволяет определить комплексное воздействие на человека температуры, влажности воздуха, скорости ветра, суммарной солнечной радиации:

$$БАТ = 0{,}8\ НЭЭТ + 9\ °С, \quad (5)$$

где НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура, °С; индекс суровости по Бодману (S):

$$S=(1–0,04t)(1+0,27v), \quad (6)$$

где S – индекс суровости (баллы), t – температура воздуха (°C), v – скорость ветра (м/с).

Климатическая оценка характеристик суровости проводилась по шкале баллов «жесткости погоды»: при S<1- «зима несуровая», 1–2 – «малосуровая», 2,1–3 – «умеренно суровая», 3,1–4 – «суровая», 5–6 – «жестко суровая», S>6 – «крайне суровая».

Для оценки тенденций изменения биоклимата данные показатели рассчитывались как средние значения в различные по характеристикам крупномасштабного переноса циркуляционные периоды: 1970–1980 гг. (увеличение повторяемости зональных процессов), 1981–1998 гг. (увеличение повторяемости меридиональных южных процессов) и 1999–2010 гг. (уменьшение повторяемости меридиональных южных и увеличение повторяемости меридиональных северных процессов).

Полученные результаты

Для оценки современных тенденций изменений климата рассчитывались годовые амплитуды температуры воздуха за период 1970–2010 гг. Согласно данным табл. 1 на территории Бурятии годовые амплитуды температур в исследуемый нами период уменьшились, особенно заметно на ст. Багдарин и Бичура. Если проанализировать изменения средних месячных температур самого теплого и самого холодного месяцев года, то можно отметить, что в январе средние температуры воздуха уменьшились повсеместно, а в июле температуры воздуха на всех станциях (за исключением Нижнеангарска и Горячинска) незначительно уменьшились или практически не изменились. Следовательно, уменьшение годовых амплитуд температуры воздуха на территории Республики Бурятии отмечалось в основном за счет повышения температур в зимние месяцы.

Таблица 1

Средние значения температуры воздуха в январе и июле на территории Республики Бурятия в различные периоды последней циркуляционной эпохи

Название станции	Широта φ	Январь (°C)			Июль (°C)			Амплитуда (°C)		
		годы			годы			годы		
		1970–1980	1981–1998	1999–2010	1970–1980	1981–1998	1999–2010	1970–1980	1981–1998	1999–2010
Нижнеангарск	55,8	-22,8	-22,6	-22,2	15,1	15,5	15,8	38,9	38,1	38,0
Багдарин	54,5	-33,3	-29,4	-29,1	15,7	15,3	15,5	49,0	44,7	44,6
Горячинск	53,0	-19,3	-18,9	-18,1	14,0	14,5	14,7	33,3	33,4	32,8
Кабанск	52,1	-20,5	-20,3	-19,9	17,1	17,1	17,1	37,6	37,4	37,0
С-Озерское	52,5	-25,4	-24,7	-24,1	17,1	16,4	16,5	42,5	41,1	41,2
Улан-Удэ	51,8	-25,4	-24,8	-24,7	19,4	19,3	19,4	44,8	44,1	44,1
Бичура	50,6	-27,3	-25,8	-25,6	18,9	18,3	18,4	46,2	44,1	44,0

По рассчитанным данным биоклиматических показателей установлено, что в последние годы по сравнению с периодом 1970–1980 гг. температурно-влажностные условия на территории Бурятии стали более комфортными для проживания человека. Наглядно это видно в изменениях средних значений эффективной температуры в зимние и летние месяцы (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения эффективной температуры (ºС) на территории Республики Бурятия в различные периоды последней циркуляционной эпохи

Название станции	Период (годы)					
	1970–1980		1981–1998		1999–2010	
	январь	июль	январь	июль	январь	июль
Нижнеангарск	-19,2	14,6	-19,2	15,0	-18,9	15,2
Багдарин	-26,7	15,1	-25,6	14,7	-25,0	14,8
Горячинск	-16,3	13,9	-15,9	13,8	-15,3	14,3
Кабанск	-17,7	16,1	-17,6	16,1	-17,2	16,1
Сосново-Озерское	-22,0	16,3	-21,2	15,7	-20,9	15,7
Улан-Удэ	-21,9	18,5	-21,9	18,5	-21,3	18,5
Бичура	-23,7	17,9	-22,4	17,3	-22,8	17,3

В летние месяцы по данным средних значений биологических температур, которые характеризуются тенденцией роста, в июне и августе во все периоды последней циркуляционной эпохи условия проживания на территории Бурятии оценивались как «комфортные» (10,0 °С…20,0 °С), тогда как в июле «комфортными» условия проживания можно считать только на станциях Горячинск, Кабанск и Сосново-Озерское.

По значениям индекса суровости зим на большинстве из рассмотренных станций в настоящий период зимы оцениваются как «мало и умеренно суровые», только на ст. Улан-Удэ зимы в последние годы стали более суровыми (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения индекса суровости по Бодману (в баллах) на территории Республики Бурятия в различные периоды последней циркуляционной эпохи

Название станции	Период								
	1970–1980 гг.			1981–1998 гг.			1999–2010 гг.		
	декабрь	январь	февраль	декабрь	январь	февраль	декабрь	январь	февраль
Нижнеангарск	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Багдарин	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Горячинск	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Кабанск	3	2	2	3	2	2	3	2	2
С-Озерское	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Улан-Удэ	2	2	2	2	2	2	3	2	2
Бичура	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Основные выводы

В начале XXI в. по сравнению с периодом 1970–1980 гг. биоклиматические показатели на территории Республики Бурятия стали более комфортными для проживания человека. На всех исследуемых станциях континентальность климата за последние 40 лет уменьшилась, преимущественно за счет повышения зимних температур.

С учетом совместного влияния температуры, влажности воздуха и скорости ветра в холодный период (октябрь – март) существенно снизилась вероятность «угрозы обморожения», в теплый период (апрель – сентябрь) состояние атмосферы оценивается как «умеренно прохладное».

По значениям биологически активных температур наиболее комфортные условия для проживания отмечаются летом в июне и августе, а по значениям индексов Бодмана зимы становятся менее суровыми. Однако учитывая сохранение довольно высоких значений средней скорости ветра по данным приведенной температуры условия проживания в зимние месяцы все же остаются «значительно дискомфортными».

Список литературы

1. *Исаев А. А.* Экологическая климатология. М. : Науч. мир. 2003. 472 с.
2. *Мустафина А. Б.* Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966–2013 гг. // Географический вестник. 2017. № 2 (41). С. 99–108.
3. *Переведенцев Ю. П., Шерстюков Б. Г., Исаева М. В.* Прикладные показатели климата // Климатические условия и ресурсы Ульяновской области. Казань: Изд-во КФУ. 2008. С. 175–190.
4. *Ревич Б. А., Малеев В. В.* Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуаций и прогнозные оценки // Б. А. Ревич, В. В. Малеев. М. : ЛЕНАНД, 2011. 208 с.
5. *Ciaranek D.* Variability of the thermal continentality index in central Europe. // Aerul şi Apa: Componente ale Mediului. 2014. P. 307–313.
6. *Vilček J., Škvarenina Ja., Vido Ja., Nalevanková P., Kandrík R., Škvareninová J. Minimal* change of thermal continentality in Slovakia within the period 1961–2013 // Earth Syst. Dynam. 2016. Vol. 7. P. 735–744.

УДК 656.13(571.53)(-21)

Характеристика состояния автотранспортной инфраструктуры г. Иркутска

С. А. Новикова (novikovasveta41@mail.ru),
М. Ю. Шиховцев (max97irk@yandex.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Рассмотрены характерные особенности инфраструктуры города Иркутска. Дана оценка существующей улично-дорожной сети города, выявлены ее основные достоинства и недостатки. Проведен анализ состава и интенсивности движения автотранспортных потоков. Рассмотрено влияние основных характеристик автотранспортных потоков на экологическую ситуацию территории г. Иркутска.

Ключевые слова: Иркутск, автомобильный транспорт, интенсивность движения, улично-дорожная сеть, антропогенная нагрузка

Введение

Автомобильный транспорт является одним из источников антропогенной нагрузки на компоненты окружающей природной среды и здоровье населения г. Иркутска. Ряд факторов приводит к негативным последствиям в результате обслуживания и ремонта автомобилей, их эксплуатации, производства горюче-смазочных материалов, развития и эксплуатации дорожно-транспортной сети г. Иркутска. К таким факторам относятся:

1) поступление в атмосферный воздух токсичных выхлопных газов;

2) отходы, образующиеся при обслуживании и ремонте автотранспорта: шины и продукты их истирания, свечи зажигания, отработанные масла и другие технологические жидкости, фильтры, обтирочный материал, отработанные аккумуляторы и т. п;

3) шумовое загрязнение;

4) отчуждением земель в городе под автотранспортные магистрали, гаражи, парковки и стоянки, автозаправочные станции, станции технического обслуживания, мойки автомобилей;

5) использование антигололедных покрытий (соли) для поддержания транспортных магистралей в рабочем состоянии.

Таким образом, экологическая нагрузка на окружающую среду от автомобильного транспорта г. Иркутска складывается из целого комплекса составляющих и требует более детального анализа транспортной инфраструктуры. Показателями функционирования транспортной инфраструктуры, в свою очередь, являются состав парка автотранспортных средств, уровень автомобилизации в городе, параметры дорожного движения (скорость, плотность, состав и интенсивность потоков), характеристика улично-дорожной сети города, обеспеченность парковочными местами, а также безопасность, качество и эффективность транспортного обслуживания населения.

Характеристика существующей улично-дорожной сети города

Основой функционирования транспортной системы является нормативно-правовая база, соответствующая установленным принципам транспортного обслуживания жителей г. Иркутска. В настоящее время нормативно-правовая база, необходимая для функционирования и развития транспортной инфраструктуры г. Иркутска, достаточно развита. Действующие нормативные правовые акты соответствуют проводимым в государстве экономическим преобразованиям, связанным с развитием рыночных отношений, изменением форм собственности.

Внешние транспортные связи г. Иркутска осуществляются, главным образом, посредством автомобильных дорог регионального и федерального значения. Общая протяженность магистральных улиц г. Иркутска составляет 323,7 км, из них:

- улицы и дороги общегородского значения непрерывного движения – 30,3 км;
- улицы и дороги общегородского значения регулируемого движения – 171,2 км;
- улицы и дороги районного значения – 122,2 км.

Структура магистральной улично-дорожной сети сформирована тремя основными осями, ориентированными на север, юг и запад. Трассировки север-юг и север-запад определены направлениями течения р. Ангара и р. Иркут, трассировка юг-запад обусловлена рельефом и проходит по естественной пади. Местная сеть улиц и дорог имеет в основном прямоугольную структуру, обусловленную квартальной застройкой [8].

По данным Федеральной службы по надзору в сфере транспорта Межрегионального Управления государственного автодорожного надзора по Республике Бурятия и Иркутской области на 01.01.2016 перевозку пассажиров в г. Иркутске осуществляют два муниципальных пассажирских предприятия: муниципальное унитарное предприятие «Иркутскгорэлектротранс», муниципальное унитарное предприятие «Иркутскавтотранс», а также 121 перевозчик иной формы собственности – 34 юридических лица, 87 индивидуальных предпринимателей. Муниципальный и коммерческий пассажирский транспорт обслуживает 87 городских автобусных, 9 троллейбусных и 7 трамвайных маршрутов.

В среднем на маршрутах г. Иркутска ежедневно работают 140 муниципальных автобусов, 45 трамваев, 59 троллейбусов и около 1000 коммерческих автобусов большой, средней, малой и особо малой вместимости. Средняя транспортная подвижность в городе составляет 876 передвижений с использованием транспорта в год.

По данным проведенных авторских натурных обследований установлено, что наибольшее количество легковых автомобилей и автобусов (маршрутных такси) фиксируется в утренние и вечерние часы, днем наблюдается наименьшее количество грузовых автотранспортных средств. По интенсивности движения наиболее загруженными в утренние и вечерние часы пик являются автодороги в центральной части города (Правобережный и Октябрьский округа), объездная дорога (Ленинский округ). Наименее загружены окраины Правобережного и Свердловского округов. Основной вклад в суммарную интенсивность автотранспортного потока в выходные дни вносят легковые автомобили. Вклад легкового автотранспорта в суммарную интенсивность автотранспортного потока в выходные и будние дни, составляет порядка 90 %.

Суточные (маятниковые) поездки горожан из близлежащих населенных пунктов (Ангарск, Шелехов, Усолье-Сибирское и др.) также влияют на загруженность автодорог. На правом берегу р. Ангары концентрируются рабочие места (производственные, промышленные объекты) и главные социально-культурные объекты города. Кроме того, через центр г. Иркутска проходит большое количество транзитного транспорта. В результате проведенной оценки движения грузовых автомобилей в г. Иркутске выявлено, что данные транспортные средства передвигаются не только по основным магистральным дорогам, но и по улицам и мостам, движение на которых для данной категории автомобилей ограничено или запрещено. Кроме того, усугубляет ситуацию и тот факт, что на территории г. Иркутска недостаточно парковочных мест для автомобилей, парковка у торговых и деловых центров осуществляется на проезжей части улиц, что затрудняет движение автотранспорта. Все вышеперечисленное неблагоприятно сказывается на пропускной способности улично-дорожной сети, и на экологической обстановке города, поскольку наибольшее количество выхлопных газов поступает в атмосферный воздух при торможениях и движении автомобилей на холостом ходу. Оптимальная экономическая скорость движения грузовых автомобилей соответствует 60–65 км/ч, при движении грузового автомобилей со скоростью 25–30 км/ч расход топлива на единицу пути увеличивается в 2–3 раза. Так, повышение скорости движения грузового автомобиля средней грузоподъемности с карбюраторным двигателем с 20 до 60 км/ч уменьшает выброс оксида углерода с 80 до 27 г/км, а углеводородов − с 10 до 5,8 г/км. Для легковых автомобилей оптимальная экономичная скорость соответствует

величине 80–90 км/ч. При движении легковых автомобилей со скоростью 30–35 км/ч расход топлива возрастает в 1,9–2,7 раза [3].

В таблице 1 приведены результаты натурных обследований. Наибольшее количество поездок приходится на Култукский (23,8 %) и Качугский (23,4 %) тракты.

По состоянию на 30.05.2017 установлены 56 направлений, которые обслуживают 1106 транспортных средств различных классов (особо малый, малый, средний, большой). Динамика количества автотранспортных средств, проходящих через остановочные пункты Иркутска, представлена в табл. 2.

Таблица 1

Количество автобусов, прибывающих в г. Иркутск в течение суток в будние дни

Наименование тракта	Количество автомобилей	Доля, %
Качугский (Якутский)	5235	23,4
Голоустненский	3254	14,5
Байкальский	4221	18,8
Култукский	5340	23,8
Московский	4350	19,4
Всего автобусов	22400	100

Таблица 2

Количество автотранспортных средств по классам, проходящих через остановочные пункты г. Иркутска

Класс	Длина, м	Количество мест	Годы				
			2013	2014	2015	2016	2017
Особо малый	до 5	до 10	130	124	124	120	111
Малый	6–7,5	до 30	589	590	597	600	613
Средний	8–9,5	до 45	47	45	45	42	38
Большой	10–12	до 55	315	318	328	330	344
Итого			1081	1077	1094	1092	1106

Так, на рынке пассажирских перевозок в межмуниципальном и пригородном сообщениях происходит сокращение транспортных средств особо малого и среднего классов и увеличение транспортных средств малого и большого классов. Малый класс имеет ряд преимуществ перед особо малым и средним классами, таких как маневренность, комфортабельность, небольшие затраты на содержание автобусов. Установлено, что увеличение потока автотранспортных средств с 400 до 1200 авт/ч на автомобильных магистралях приводит к повышению содержания оксида углерода в атмосфере практически в 3 раза [3].

В таблице 3 приведены данные о количестве автобусов, ежедневно прибывающих в город Иркутск по разным направлениям (трактам).

Таблица 3

Количество автобусов, ежедневно прибывающих в г. Иркутск

Класс	Качугский (Якутский)	Голоустненский	Байкальский	Култукский	Московский
Особо малый	47	-	-	-	64
Малый	84	20	64	153	292
Средний	13	10	-	3	12
Большой	16	2	-	103	223
Всего	160	32	64	259	591
Итого	1106				

Примечание: «-» – нет данных.

Московский тракт является самым загруженным по количеству ежедневно проходящих транспортных средств (автобусов) в пригородном и межмуниципальном сообщении. При этом в транспортном потоке преобладает малый класс, перевозка пассажиров из населенных пунктов, таких, как д. Малая Елань, г. Ангарск, г. Усолье-

Сибирское, п. Кутулик, п. Залари. Большой класс, где перевозка пассажиров осуществляется с более дальнего расстояния в населенные пункты г. Зима, г. Тулун, г. Тайшет.

В таблице 4 приведены данные по количеству пассажиров, приезжающих в г. Иркутск автобусным сообщением (по трактам).

Таблица 4

Количество приезжающих в г. Иркутск пассажиров автобусным сообщением (по трактам)

Наименование тракта	Количество пассажиров, чел.	Доля, %
Качугский (Якутский)	4455	11,1
Голоустненский	1160	2,9
Байкальский	1920	4,8
Култукский	10390	25,9
Московский	22205	55,3
Итого	40130	100

В результате проведенного анализа существующей транспортной инфраструктуры города Иркутска выявлено, что основными факторами маятниковой миграции населения в границах города является строительство новых микрорайонов за пределами городской черты и активное развитие транспортной инфраструктуры города, что обусловлено увеличением среднего расстояния перевозки пассажиров, относительно высокой скоростью перевозки, доступностью населению услуг автотранспорта.

Ежедневно в Иркутск приезжает и уезжает из него:

- 23 506 единиц автотранспортных средств, из них 22 400 единиц легкового автомобильного транспорта, 1106 единиц автобусов;
- 79 тыс. человек из них 28 тыс. человек на автомобильном транспорте, 40 130 человек – автобусным сообщением, 10 870 человек – железнодорожным сообщением.

Транспортная инфраструктура в г. Иркутске обеспечивает стабильность возрастающей капитализации территории, в том числе увеличение площади городской застройки. Развитие территории связано с развитием, в том числе, транспортной инфраструктуры, и одновременно с этим увеличение застроенных территорий создает проблемы для транспортной инфраструктуры, основной из которых являются транспортные пробки [8].

Уровень развития дорожной сети Иркутска, который характеризуется соответствием ее общей протяженности, плотности, распределения дорог по функциональному значению и категориям, социально-экономическим потребностям общества в автомобильных перевозках, играет существенную роль в формировании аварийности. Диспропорции в развитии дорожной сети отражаются на неравномерной загруженности дорог движением и, соответственно, стимулируют рост риска дорожно-транспортных происшествий, особенно на участках, где пропускная способность не отвечает наблюдаемой интенсивности движения. Стоит отметить, что обстановка с обеспечением безопасности дорожного движения в Иркутске остается сложной. Так, за 2015 г. на территории города зарегистрировано 17 786 дорожно-транспортных происшествий, из них с пострадавшими 1240, в которых 48 человек погибло и 1478 участников дорожного движения получили травмы различной степени тяжести. При этом существенное влияние на уровень аварийности оказали неудовлетворительные дорожные условия, по причине которых в 2015 г. произошло 608 дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими. Удельный вес от общего количества дорожно-транспортных происшествий составил 49 % [8].

Экологическая нагрузка на окружающую среду от автомобильного транспорта

С точки зрения загрязнения атмосферы автомобильный транспорт является перемещающимся в пространстве источником выбросов отработавших газов. Топливом для автотранспорта в городе Иркутске служат: бензин, сжиженный газ, дизельное топ-

ливо. При сжигании топлива в атмосферный воздух поступают вредные компоненты, такие как оксиды азота, оксид углерода, сернистый ангидрид, углеводороды, бенз(а)пирен, формальдегид, сажа и др. При отравлении оксидом углерода появляются головные боли, удушье, боли в животе и рвота, сонливость, учащенное сердцебиение. Отравлениям такого рода подвержены водители, работники службы движения и пешеходы. Оксид азота в соединении с водяными парами образует азотную кислоту, которая раздражает легочную ткань, что приводит к хроническим заболеваниям. Диоксид азота раздражает слизистую оболочку глаз, легких и вызывает необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе [4].

На количестве загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух, сказывается существенное изменение удельных выбросов во времени. Так, у одной и той же автотранспортной единицы выбросы при различных режимах работы двигателя (прогрев, пробег, холостой ход) будут различны (соотношение составит 1:4, 4:1, соответственно), кроме того, выбросы различаются и для периодов года (теплый, переходный, холодный – соотношение составит 1:1, 1:1,3, соответственно) [2]. Следует отметить, что автотранспортные средства осуществляют выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на уровне дыхания человека, поэтому приземные концентрации на магистралях создаются значительные, а зоны загрязнения имеют специфически вытянутую вдоль оси движения форму, причем концентрация снижается по экспоненциальной зависимости с увеличением расстояния от оси движения.

Загрязнение окружающей среды токсичными компонентами отработанных газов приводит к нарушению роста растений. Непосредственную опасность для зеленых насаждений представляют диоксид серы, оксид азота, продукты фотохимических реакций. Накапливаясь в растениях, они создают опасность для животных и людей. Наибольшую экологическую нагрузку испытывают растения придорожных полос с большой интенсивностью движения автотранспортных потоков [5].

Автомобильный транспорт опосредованно оказывает негативное воздействие и на водную среду. На территории г. Иркутска грунтовые и поверхностные воды подвержены опасности загрязнения топливом, маслами и смазочными материалами, что может отрицательно повлиять на живые организмы и изменить качество питьевой воды [1].

Одним из факторов влияния автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека является шум, создаваемый двигателем внутреннего сгорания, шасси автомобиля, и в результате взаимодействия шины с дорожным покрытием. Высокий уровень шума на территории г. Иркутска определяется в значительной мере прохождением через центр города транзитных автомобильных потоков. Так, согласно проведенным измерениям и расчетам, площадь повышенного акустического загрязнения в Иркутске составляет 90 % от общей площади города [6; 7]. Интенсивность шума зависит от рельефа местности, высотности зданий и плотности городской застройки, скорости и направления ветра, температурного градиента, площади и характера зеленых насаждений, наличия и типа шумозащитных сооружений. Население, проживающее в примагистральных районах, отмечает ухудшение самочувствия, головные боли, артериальную гипертонию, изменения ритма и частоты сердечных сокращений, нарушение сна, а также функций эндокринной, сердечно-сосудистой систем и желудочно-кишечного тракта [9–19].

Заключение

В результате проведенного анализа выявлено, что существующая улично-дорожная сеть Иркутска имеет ряд недостатков:

- слабое развитие сети магистральных улиц;
- низкая пропускная способность сети в связи с недостаточной шириной проезжих частей, отсутствие транспортных развязок;

- несоответствие технических параметров улиц и дорог современным нормативным требованиям;
- отсутствие дублирующих транспортных коридоров для связи жилых районов между собой;
- отсутствие пешеходных переходов, выполненных в разных уровнях, на магистральных улицах и дорогах.

В этой связи целесообразно рассмотреть состояние и ближайшие перспективы развития дорог города Иркутска. Для развития транспортной инфраструктуры Иркутска необходимо проведение целого комплекса мероприятий:

1) разгрузка сети магистральных улиц и дорог города с высокой транспортной нагрузкой;

2) разгрузка центральной части города от транзитного транспорта;

3) улучшение транспортных связей отдельных районов города;

4) увеличение пропускной способности магистральных улиц;

5) построение сети магистралей города Иркутска, позволяющей осуществить связь по кратчайшим направлениям с высокой скоростью движения и обеспечение приоритета общественному транспорту;

6) оперативное и согласованное изменение режимов работы светофоров для улучшения использования пропускной способности улично-дорожной сети города и снижения задержек движения автотранспорта;

7) улучшение санитарно-экологического состояния территории города;

8) повышение эффективности работы транспортной инфраструктуры и качества транспортного обслуживания населения,

9) обновление парка автотранспортных средств, повышение уровня комфорта пользования городским пассажирским транспортом и уровня обслуживания пассажиров, в том числе для стимулирования пересадки жителей города с личного транспорта на транспорт общего пользования;

10) строительство подземных парковок, стоянок, повышение доступности парковочных мест;

11) вынесение парковочных мест за пределы жилых зон, исключая загазованность территорий, прилегающих к внутридворовым детским площадкам;

12) повышение целостности и связности улично-дорожной сети города;

13) увеличение количества внеуличных (надземных) и подземных пешеходных переходов;

14) обустройство велосипедных дорожек, повышение безопасности пешеходного и велосипедного движения в городе;

15) повышение транспортно-технических параметров улично-дорожной сети города (пропускной способности, ширины проезжей части и количества полос движения), повышение уровня безопасности дорожного движения, модернизация организации дорожного движения;

16) увеличение протяженности автомобильных дорог общего пользования;

17) обеспечение нормативного состояния автомобильных дорог и искусственных дорожных сооружений;

18) вывод с территории города транзитных транспортных потоков (строительство скоростного транспортного кольца с новыми развязками, формирование транспортных связей, обеспечивающих выходы на внешние магистрали, строительство «трасс-дублеров»).

Для развития транспортной инфраструктуры в г. Иркутске необходимо контролировать движение крупногабаритных транспортных средств на въездах в город Иркутск и на мостовых сооружениях в автономном режиме с применением технических средств автоматической видеорегистрации правонарушений. При этом необходимо руководствоваться федеральным законодательством в отношении организации работы

автоматического весового контроля. В случае приобретения оборудования для организации работы автоматического весового контроля потребуется внесение изменений в методику расчета суммы в счет возмещения вреда, причиненного дорогам местного значения города Иркутска.

Развитие транспортной инфраструктуры г. Иркутска диктует необходимость постоянного совершенствования нормативно-правовой базы, а качественная проработка документации позволит исключить риски, связанные с обращениями в судебные инстанции, контрольно-надзорные органы. Рациональная организация транспортного процесса позволит сократить продолжительность работы автомобилей на режимах холостого хода, ускорения и замедления, что обеспечит существенное снижение выбросов вредных веществ, и как следствие, негативное воздействие на компоненты окружающей среды и здоровье населения города.

Список литературы

1. *Аргучинцева А. В.,* Минеева Л. А., Новикова С. А. Оценка антропогенного влияния на качество питьевой воды в Ершовском водозаборе // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 13. С. 31–41.
2. ГОСТ Р 56162–2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов.
3. *Ерохов В. И.* Токсичность современных автомобилей (методы и средства снижения вредных выбросов в атмосферу : учеб. пособие. М. : Форум, 2013. 448 с.
4. *Новикова С. А*. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения Байкальского региона // Национальные приоритеты России. 2018. Вып. № 3 (30). С. 65–71.
5. *Новикова С. А.* Оценка загрязнения почв придорожных территорий Иркутской агломерации // С. А. Новикова // Материалы XX межрегиональной молодежной научно-практической конференции «Российская цивилизация: история, проблемы, перспективы» (15 апреля 2018 г.). Иркутск : ИрНИТУ, 2018. С. 248–254.
6. *Новикова С. А*. Оценка уровня шума на автомагистралях Иркутской области // С. А. Новикова // Материалы XVII межрегион. молодеж. науч.-практ. конф. «Российская цивилизация: история, проблемы, перспективы» (4 дек. 2016 г.). Иркутск, Сибирский поворот, 2016. С. 368–375.
7. *Новикова С. А*. Шумовые характеристики транспортных потоков на участках улично-дорожной сети городов Иркутской области (База данных № 2017620455 от 19.04.2017). URL: http://www1.fips.ru/wps/PA_FipsPub/res/BULLETIN/PrEVM/2017/04/20/INDEX.htm (дата обращения: 20.10.2018).
8. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры города Иркутска на 2016–2025 годы (с изм. на 30.03.2017 № 006-20-320499/7).
9. American Academy of Sleep Medicine International classification of sleep disorders, 2nd ed.: Diagnostic and coding manual. Westchester, Illinois, 2005.
10. *Babisch W.* The NaRoMI study: Executive summary – traffic noise. In: Umweltbundesamt, ed. Chronic noise as a risk factor for myocardial infarction, The NaRoMI study (major technical report). WaBoLu-Hefte 02/04, Umweltbundesamt, Berlin, Umweltbundesamt, 2004. pp. 1–59.
11. *Belojevic G.* Prevalence of arterial hypertension and myocardial infarction in relation to subjective ratings of traffic noise exposure // G. Belojevic, M. Saric-Tanaskovic // Noise Health 4 (16), 2002. pp. 33–37.
12. *Belojević G.* The relationship between exposure to traffic noise and resting blood pressure in children and adolescents from Belgrade // G. Belojević, Ž. J. Ilić, K. Paunović, B. Jakovljević // In: 10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Maastricht, 2015.
13. *Bodin T.* Annoyance, sleep and concentration problems due to combined traffic noise and the benefit of quiet side // T. Bodin, J. Björk, J. Ardö, M. Albin // Int J Environ Res Public Health, 12 (2), 2015. pp. 1612–1628.
14. European Commission (2006). Noise. Health effects of noise [Электронный ресурс]. URL: http://ec. europa. eu/environment/noise/health_effects_en. htm (дата обращения: 20.10.2018).
15. *Meier-Ewert Hk.* Effect of sleep loss on C-reactive protein, an inflammatory marker of cardiovascular risk // Hk. Meier-Ewert, P. M. Ridker, N. Rifai // JACC 43, 2004. pp. 678–683.
16. Parish J. M. Cardiovascular effects of sleep disorders // J. M. Parish, J. W. Shepard // Chest, 97, 1990. pp. 1220–1226.
17. *Slobodan M.* Starčević. Noise as an external effect of traffic and transportation // Slobodan M. Starčević, Nebojša J. Bojović // Vojnotehnički Glasnik. Military technical courier, Vol. 64, № 3, 2016. pp. 866 -891.
18. *Spiegel K.* Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function // K. Spiegel, R. Leproult, E. Van Cauter // Lancet 354, 1999. pp. 1435–1439.
19. *Sygna K.* Road traffic noise, sleep and mental health // K. Sygna, G. M. Aasvang, G. Aamodt, B. Oftedal, N. H. Krog // Environmental Research, 131, 2014. pp. 17–24.

УДК 712.01

Джентрификация в Иркутске

Е. В. Потапова (e.v.potapova.isu@mail.ru), О. Е. Соколова (sokolovvana@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Кратко указано на развитие такого механизма оптимизации городской среды, как джентрификация. Даны основные определения и причины развития. Представлена проблема джентрификации участков в г. Иркутске, занятых ветхой деревянной застройкой, гаражными кооперативами, запущенными промышленными зонами. Отмечены отрицательные и положительные примеры джентрификации в Иркутске.

Ключевые слова: реконструкция, видеоэкологические характеристики, объекты озеленения, сегрегация.

Существование социального неравенства, различных условий проживания в границах одного и того же населённого пункта, неравномерного распределения пространства поселения – реалия со времени появления «городов» и человеческого общества. Социальные структуры, со всеми присущими им характеристиками, отображаются в пространственных. Работы Ф. Энгельса «Положение рабочего класса в Англии» и исследование Ч. Бута в Лондоне, Джона Рекса и Роберта Мура (США), фиксируют проблему сегрегации общества, как диспропорционального распределения элементов социума в частях единого целого пространства проживания [1; 2].

Джентрификация (от англ. *gentrification* – облагораживание, или от фр. *genterise*, *gentilise* – благородные люди) – это:

1) реконструкция пришедших в упадок городских кварталов с помощью притока более состоятельных жителей;
2) вытеснение из некоторых районов городов богатыми жителями бедных;
3) комплексное изменение городской среды, находящейся в состоянии упадка, либо заселенной представителями низших классов;
4) процесс, сопровождающийся реконструкцией и обновлением старых построек, районов населённого пункта;
5) процесса возрождения старых промышленных городских кварталов, перестройкой фабричных и заводских кварталов в жилые, с созданием всей необходимой инфраструктуры;
6) превращение грязного, неблагополучного и дешевого места в нарядное, модное и дорогое;
7) реконструкция отдельных кварталов городов, интересных с исторической точки зрения или обладающих преимуществами с точки зрения экологии (районы около парков и скверов), с последующим поселением здесь состоятельных людей вместо проживавших тут раньше бедняков;
8) обновление строений в прежде нефешенебельных городских кварталах, либо согласно программе запланированного городского восстановления, либо в результате решений, принимаемых «беловоротничковыми» управляющими;
9) городская рециркуляция, характеризующая современную урбанистику;
10) редко, как аналог на русском языке, используют вариант – перемещение, как процесс преобразования рабочих или свободных городских зон в районы для среднего или высшего класса, который используется в городской политике для повышения физической, экономической и социальной перспективности городов [1–3, 7].

Термин был введён в 1964 г. Рут Гласс в работе «Лондон: Аспекты изменения» (London: Aspects of Change) для описания вытеснения, вынужденного выселения рабочего класса из отдельных районов Лондона средним классом [8]. Сходный процесс происходил в различных городах США во второй половине XX в., в частности, в Сан-

Франциско, Бостоне, Чикаго, Сиэтле, Портленде, Атланте, Вашингтоне, Денвере и др. считается, что процессы джентрификации отмечались и в Древнем Риме. Серьёзная перестройка Парижа в XVIII–XIX вв. даже носила название «османизации», по имени архитектора, привела к созданию современного облика центральных районов. Именно в Париже легко добавляют в старые районы элементы современности, тогда как многие города, сохранившиеся со времён основания много столетий назад, зачастую полностью перестраиваются. В основном такие кардинальные меры применяются в Азии и Америке.

Сейчас интенсивная джентрификация наблюдается в США и почти во всех странах Западной Европы. Этот процесс преимущественно связан с возвращением обеспеченного «белого» населения в запущенные городские районы, населенные этническими меньшинствами, эмигрантами, бездомными и другими маргинальными элементами. Джентрификация происходит как в центральных районах городов со старой застройкой, так и по окраинам, замещаются участки, занятые устаревшим промышленным производством. Пока в Сибири, Индии и Пекине сносят деревянные дома, в Нью-Йорке, Берлине и Москве сносят уже послевоенную застройку. Часто на месте депрессивных территорий создают современные парки и зоны отдыха. Одна из задач и характеристик современного строительства – это «вид из окна», видовая характеристика. Она обеспечивается не только высотой этажа, но и значительно чаще – объектом озеленения в непосредственной близости. Положительные видеоэкологические характеристики стали неотъемлемой частью требований к поселениям в целом [4].

Классический пример джентрификации – проект «E+» в голландском г. Эйндховене, когда компания Philips закрыла градообразующую фабрику, город пришел в запустение. Для предотвращения городской депрессии, устранения пустующих промзон и ликвидации безработицы власти города приняли программу по комплексному изменению бывшей промышленной среды и созданию на её базе жилых и коммерческих площадей. Проект по джентрификации оказался успешным – сейчас г. Эйндховен называют «передовиком в области городского дизайна».

Джентрификация может касаться не целых районов, а даже существующих объектов. Для того чтобы какая-либо территория стала джентрифицированной, необходим целый ряд условий: отдаленность от финансового, культурного центра и прочих важных точек города; изначально низкая стоимость жилья; перспектива развития.

Главными причинами джентрификации считаются:

- классовое и социальное неравенство,
- инвестирование в городское развитие,
- рост цен на недвижимость и землю,
- субурбанизация,
- демография,
- потребление,
- глобализация [6; 8].

Джентрификация способствует не только городскому устойчивому развитию, но и повышает безопасность районов прошедших джентрификацию. Г. Иркутск не отстаёт от мировых трендов строительства и архитектуры. Город разделён на районы, административные округа – их 4: Центральный, Октябрьский, Свердловский и Ленинский [5]. Основные преобразования происходят в Центральном округе и Октябрьском. Хуже всего реконструируется Ленинский округ несмотря на то, что его окраина чрезвычайно интенсивно застраивается.

Примером положительной джентрификации в Иркутске можно считать перестройку ул. Верхняя набережная в районе бульвара Постышева и ул. Нижняя Набережная р. Ангары, до 2010–2015 гг. занятые старой деревянной застройкой, пустырями и неудобьями. Но стоит отметить, что эти участки являются частью водоохранной зоны реки и даже прибрежной защитной полосы, как следствие, особенно, создание зоны отдыха на Нижней Набережной, полностью закрытой асфальтом, где ливневая канализа-

ция выведена непосредственно в реку, однозначно не способствует улучшению качества вод и противоречит экологическим нормам безопасности содержания таких озеленённых территорий.

Примером отрицательной джентрификации в Иркутске можно считать бесконечную перестройку центра города из одного рынка в другой, каждый последующий отличается лишь формой торговых рядов и ценой на место в них, но сохраняются все отрицательные показатели большого криминального, неухоженного и загрязнённого участка, куда жители идут по необходимости приобретения товаров, определённого качества. Стоит отметить 130 квартал, который и до этого был занят деревянной застройкой, но сейчас этот некий вариант «потёмкинской деревни», не представляющий, в основном, никакого исторического интереса, хотя бы приносит доходы в городскую казну и является действительно популярным, безопасным местом отдыха горожан и туристов. Огромное вливание денег в джентрификацию когда то существовавшего на карте города Центрального парка и его «превращение» в Иерусалимское кладбище видимо не закончится и вряд ли принесёт необходимые результаты, а в Иркутске есть ещё как минимум три кладбища, одно из которых – притон наркоманов и бездомных рядом со школой – Татарское кладбище. Стоит указать, что парк – это объект категории озеленения общего пользования, а кладбище – категории специального назначения и требования не только градостроительные, но и, в том числе санитарные, для таких объектов предполагают специальные нормы создания и содержания. Об этом видимо вообще ни кто из градостроителей и исполнителей не задумывается.

Районов в г. Иркутске, рекомендуемых для джентрификации, множество.

До сих пор значительные площади заняты ветхой пожароопасной деревянной застройкой, которая не поддаётся никакой реконструкции, часть её является объектами культурного наследия ЮНЕСКО, но многое представляет собой лишь предмет споров владельцев, администрации и вечной проблемой МЧС. Прекрасным примером сохранения таких объектов является комплекс населённых пунктов, входящих в «Золотое кольцо России», в г. Новосибирске подобная застройка чудесно вписана в современную архитектуру, но в г. Иркутске, лишь несколько улиц и редких объектов, условно соответствует эстетическому уровню, как столичного города, так и значимости для сохранения наследия. Такие районы расположены не только в центре города, но и занимают огромные площади, например в Ленинском районе – с 1 по 18 Советский переулок, в Иркутске-2 по ул. Ленинградская и Лазо, в Октябрьском – по ул. Цимлянская и Зверева, в Центральном – предместье Марата и Рабочее и др.

По всей территории города Иркутска сохраняются и даже расширяются участки гаражных кооперативов, например по ул. Цимлянской, около ЖК Нижняя Лисиха и Солнечный берег, по ул. Ядринцева, в предместье Глазково, на бульваре Рябикова и др.

В границах города расположено много промышленно-складских территорий, частично заброшенных, замусоренных, также представляющих опасность для размещения криминальных элементов. Такие встречаются в Ленинском районе по правой стороне ул. Розы Люксембург, по ул. Генерала Доватора и Полярной, в Свердловском по ул. Ракитной, в Центральном районе по ул. Рабочего штаба, Марата и др.

Несмотря на наличие в Генеральном плане застройки г. Иркутска до 2025 г материалов по оптимизации структуры многих из этих участков, можно указать, что и в предыдущих планах были варианты улучшения этих же районов. Есть ещё печальный факт, что план развития г. Иркутска, согласно пункта 1 материалов обоснования, необходим для «Развития гармоничной городской среды, генерирующей положительное эмоциональное восприятие города и привлекающей в город представителей «креативного» класса», видимо не предназначен для обывателя и простого жителя [5].

В заключении, как ни назови процесс улучшения имеющегося пространства, например джентрификация, суть этого изменения в необходимости развития и лучше, если он будет научно обоснован.

Список литературы

1. *Antony Chum.* The impact of gentrification on residential evictions // Urban Geography, 2015. Vol. 36, N 7. P. 1083–1084.
2. *Christopher Gaffney.* Gentrifications in pre-Olympic Rio de Janeiro // Urban Geography, 2015. P. 3.
3. Urban dictionary. URL: https://www. urbandictionary.com/define. php?term=Gentrification (дата обращения: 12.09.2018)
4. Видеоэкология. URL: http://www. videoecology.com/s_china. html (дата обращения: 12.09.2018)
5. Генеральный план города. URL: https://admirk.ru/Pages/generalniy-plan-goroda. aspx (дата обращения: 12.09.2018)
6. *Горбачев П.* CEO MoskvaDeluxe. URL: https://moskvadeluxe.ru/chto-takoe-dzhentrifikaciya/(дата обращения: 12.09.2018)
7. *Кротов П. П., Буравой М., Лыткина Т. С.* Жилищная стратификация города: эволюция советской модели. 2003. 99 с.
8. Лекция: Сегрегация, неравенство, джентрификация. URL: http://les-urbanistes.blogspot.com/2009/03/ blog-post. html/ (дата обращения: 12.09.2018)

УДК 504.03

Модель населённого пункта

Е. В. Потапова (e.v.potapova. isu@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Указано на две важные проблемы при изучении населённых пунктов. Во-первых, их непосредственная типизация, например деревня, город, улус и др., которая не имеет юридического обоснования ни в России, ни в Мире. Во-вторых, внутреннее строение. Разделение на функциональные зоны устарело и не выполняется из-за наложений, но предлагается авторский инновационный подход – разделение территории поселения на типы озеленённых территорий.

Ключевые слова: поселение, зонирование, озеленённые территории, классификация, типизация.

Поселение, населённый пункт в России – это место проживания людей, представляющее собой участок территории, занятый постройками, преимущественно жилого назначения, имеющий законодательно утверждённые границы, код ОКАТО (Общероссийский классификатор объектов административно-территориального деления), код ОКТМО (Общероссийский классификатор территорий муниципальных образований).

Типизация населённых пунктов не утверждена в законодательстве РФ и не имеет однозначного решения в общемировой юридической и социальной практике. Согласно общероссийской переписи населения, в реестре типов населённые пунктов России отмечено 73 типа, в том числе населённый пункт с отсутствием данных о типе [1]. Количество объектов, относящихся к каждому типу населённого пункта, разнится от более 96 тыс. для деревень, до единично представленных – карьеров, санаториев, мысов и др. (табл. 1). Всего на территории России заселёнными сейчас отмечено 63 типа и более 156 435 населённых пунктов. При этом, по статистике Яндекса, на 2009 г. в России имелось около 170 тыс. населённых пунктов [4]. Их объединяют в три большие группы – города, посёлки городского типа и сельские населённые пункты (табл. 2).

В мире и Российской Федерации законодательно не установлена зависимость типологии населённых пунктов от численности населения или особенности застройки. Чаще всего, тип поселения зависит от региона месторасположения, например аул (аал), хутор, улус, встречаются в Дагестане, на Кубани и в Бурятии, соответственно. Как правило, населённые пункты разделяют на сельские и городские, главным критерием отличия является занятость большинства экономически активного населения либо в сельском хозяйстве, либо в промышленном производстве и сфере обслуживания.

Таблица 1

Количество в типе населённых пунктов России на 2018 г

Тип населённого пункта	Количество	Тип населённого пункта	Количество
Деревня	96371	Разъезд	213
Село	30852	Аул, Населенный пункт, Улус, Железнодорожный разъезд, Починок	по 101–200
Поселок	18194	Слобода, Участок, Выселок, Местечко, Аал, Железнодорожная казарма, Заимка, Городской поселок, Дома	по 31–100
Хутор	5620	Кордон, Казарма, Железнодорожная будка, Железнодорожный остановочный пункт, Арбан, Дачный поселок	по 11–30
Город	1109	Маяк, Остановочная платформа, Лесной поселок, Метеостанция	по 6–10
Рабочий поселок	614	Железнодорожный блокпост, Блокпост	по 5
Поселок городского типа	471	Железнодорожная платформа, Железнодорожный путевой пост, Курортный поселок, Монтёрский пункт, Гидрологический пост	по 4
Станица	443	Остров, Дорожный разъезд, Дом отдыха, Погост	по 3
Железнодорожная станция	398	Турбаза, Железнодорожная площадка, Лесничество, Поселок при железнодорожной станции, Отдельный дом, Площадка, Усадьба, Остановочный пункт, Лесоучасток, База отдыха	по 2
Станция	338	Железнодорожная водокачка, Подстанция, Карьер, Санаторий, Железнодорожный комбинат, Железнодорожный пост, Мыс, Данных о типе населённого пункта нет, Центральная усадьба, Будка, Зимовка, Контрольный пункт связи	по 1
Поселок при станции	226		

Таблица 2

Число населённых пунктов России по данным переписи населения

Тип населённого пункта	Перепись 2002 г.	Перепись 2010 г.	Расхождение
Города	1098	1100	2
Посёлки городского типа	1842	1286	-556
Сельские населённые пункты	155 289	153 125	-2164
Сельские населённые пункты без населения	13 086	19 439	6353

Внутреннее строение поселений также неоднозначно и зависит от их размера, возраста, истории развития и некоторых других особенностей, например от географического положения, до религиозного состава населения.

Процедуру разделения населённого пункта на части, называют зонированием. Зонирование территории – раздел градостроительного проектирования, включающий анализ информации о территории и исходных данных, обязательных при подготовке документов территориального планирования; нанесение границ и выявление существующих условий, ограничений, зон с особыми условиями использования территорий, нормативно-технических возможностей по использованию территории, представленных в документации комплексной оценки территории; планирование использования, пространственной организации и основных параметров развития территории путем установления планировочной структуры территории, схем развития инфраструктуры, резервируемых зон развития, планировочных, функциональных зон, зон планируемого размещения объектов капитального строительства [2]. Чаще всего, в границах населённого пункта, особенного городского типа, можно выделить три функциональные зоны:

1. **Селитебная**, предназначенная для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, научно-исследовательских институтов. Возможно

строительство отдельных коммунальных и промышленных объектов, не требующих устройства санитарно-защитных зон.

2. **Производственная**, включает промышленные предприятия и связанные с ними объекты, комплексы научных учреждений с их опытными производствами, коммунально-складские объекты, сооружения внешнего транспорта, пути внегородского и пригородного сообщения.

3. **Ландшафтно-рекреационная** объединяет озеленённые территории общего пользования, городские леса, лесопарки, лесозащитные зоны, водоемы, земли сельскохозяйственного использования и другие угодья, которые совместно с парками, садами, скверами и бульварами, размещаемыми на селитебной территории, формируют систему открытых пространств.

Теоретически – эти зоны должны быть правильно размещены, исключая негативное влияние друг на друга и, главное, на жителей, обеспечивая безопасное устойчивое функционирование и развитие населённого пункта. Практически – каждое поселение, особенно крупный город, представляет собой хаотичное смешение этих участков, наложение одних функциональных зон на другие, неэффективное использование территории, т. е. абсолютное отсутствие эколого-хозяйственного баланса, необходимого для оптимальной жизнедеятельности. В реальности, отмечается:

- отсутствие правильно сформированных рекреационных зон и даже объектов озеленения общего пользования на огромных пространствах поселения и в границах необходимого доступа для жителей;
- недостаток и отсутствие насаждений не только на придомовых территориях, но и в границах красных линий (отделяющих от застройки) автодорог, санитарно-защитных и водоохранных зон;
- жилые дома, объекты образования и здравоохранения, размещённые в границах красных линий, санитарно-защитных зон и санитарных разрывов;
- водоохранные зоны – заасфальтированные, замусоренные, лишённые насаждений и невозможные к использованию в рекреационных целях;
- огромное количество населения, живущего в зонах повышенного загрязнения и не имеющего возможности общения с природой и даже пребывания на объектах озеленения общего пользования.

Соответственно – разделение населённых пунктов на функциональные зоны – не отражает действительности, не способствует как изучению пространства, так и его формированию, проектированию, оптимизации для устойчивого развития.

В любом населённом пункте, выходя на территорию, мы оказываемся на озеленённой территории, так как всё незастроенное пространство, и элемент застройки как часть, относится к тому или иному типу или категории озеленения – придомовое, автомобильной дороги, образовательного, оздоровительного или административного учреждения, санитарно-защитная зона предприятия, водоохранная зона водоёма, даже, территория около мусорных контейнеров и др.

Концептуальная модель поселения может быть представлена множеством типов озеленённых территорий и связей между ними, определяющих смысловую структуру рассматриваемой предметной области или конкретного объекта – города, деревни и др. Модель – как абстрактная, так и предметная, состоит из перечня взаимосвязанных понятий (классификация типов), используемых для описания этой типизации (например, фрейм-сценарий), вместе со свойствами и характеристиками (профили), ситуациям развития (динамическое планирование), признакам и законам устойчивого развития процессов в ней [3]. Концептуальная модель может определять структуру моделируемой системы – поселения, свойства её элементов и причинно-следственные связи, присущие системе и существенные для достижения цели моделирования, например в рамках Генерального планирования застройки того или иного населённого пункта.

Модель классификационных типов озеленённых территорий состоит из 30 вариантов объектов, которые встречаются в каждом городе, в населённых пунктах меньшего размера отмечаются выборочно (табл. 3). Такая система представляет глобальный образ поселения, является исключительно эргономичной для эколого-хозяйственного баланса, обеспечения благополучия человека и оптимизации общей производительности системы и всех структур управления ею.

Таблица 3

Классификация озеленённых территорий

Категории	Типы
Общего пользования	1) городские леса; 2) парки; 3) скверы, рощи, сады; 4) бульвары; 5) озеленение при административных, общественных объектах; 6) насаждения при стадионах; 7) аллеи.
Ограниченного пользования	8) озеленение территории образовательных учреждений; 9) озеленение территории учреждений здравоохранения; 10) озеленение в пределах жилой каменной, многоэтажной застройки; 11) озеленение на участках частного сектора, коттеджей, садоводств; 12) озеленение территорий культовых объектов, храмов.
Специального назначения	13) озеленение санитарно-защитных зон предприятий, промплощадок; 14) озеленение санитарно-защитных зон аэропортов; 15) кладбища и озеленение их санитарно-защитных зон; 16) озеленение санитарно-защитных зон речных и морских портов; 17) озеленение водоохранных зон рек, ручьёв; 18) озеленение водоохранных зон морей, озёр, водохранилищ; 19) озеленение в границах полосы отвода автомобильных дорог; 20) озеленение в границах полосы отвода железных дорог; 21) озеленение под линиями электропередачи; 22) озеленение при трубопроводах; 23) особо охраняемые природные территории; 24) озеленение территорий курортов; 25) тепличные, оранжерейные хозяйства, питомники и их защитные зоны; 26) озеленение при режимных, закрытых объектах.
Резервные территории	27) неудобья; 28) пустыри; 29) площадки для сбора мусора; 30) гаражи.

Представленная типизация создана на основе ГОСТ 28329-89 «Озеленённые территории. Термины и определения» и дополнена автором. Она отражает все элементы застройки и их окружения или сопровождения.

Эффективное использование пространства населённого пункта, напрямую зависит от градостроительной ценности земли, но именно такая тенденция приводит к исключению элементов, не приносящих высокие доходы, в частности – озеленённые территории. Обеспечение сбалансированного использования земель требует детального анализа существующего состояния, инвентаризации входящих элементов для выявления несоответствий градостроительным нормам. Ни один элемент застройки не может в эколого-хозяйственном балансе иметь лишь замощённые поверхности. Для устойчивого развития объекты должны содержать проницаемые и озеленённые участки, выполняющие экосистемные функции в границах поселений.

Список литературы

1. Общероссийский классификатор территорий муниципальных образований. URL: *http://www. oktmo.ru/locality_type_registry/* (дата обращения: 12.09.2018)

2. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка городских и сельских поселений. URL: http://www.complexdoc.ru/ (дата обращения: 12.09.2018)
3. *Соколова О. Е., Потапова Е. В., Макаров А. А.* Перспективные задачи изучения озелененных территорий населенных пунктов // Научная жизнь. 2018. № 2. С. 58–68
4. Яндекс. Россия на электронной карте. URL: https://yandex.ru/company/researches/2009/ya_russia_map_09/ (дата обращения: 12.09.2018)

УДК 528.9

Оценка и картографирование опасных экзогенных процессов Тункинской котловины на основе морфометрического анализа

Е. А. Распутина (Истомина) (elenaistoma@gmail.com)[1], О. В. Безгодова (ola.bezgodova. 23@yandex.ru) [2]

[1]*Институт географии имени В. Б. Сочавы СО РАН (ИГ СО РАН), г. Иркутск*
[2]*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

Аннотация. Рассматривается применение геоинформационных систем при анализе опасных экзогенных процессов. Создана крупномасштабная карта опасных экзогенных процессов в пределах Тункинской котловины. На начальном этапе анализировали космические снимки, физико-географические условия, а также морфометрические показатели территории, на основе которых выделили классы опасных экзогенных процессов. Полученные классы опасных экзогенных процессов сопоставляли с набором определенных показателей, характеризующих распространение ОЭП. Интенсивность опасных экзогенных процессов рассчитывали с помощью данных о морфометрических показателях склонов котловины, а также информации о многолетнем изменении основных элементов климата изучаемой территории. Методом пространственного анализа в ГИС выделены ареалы проявления основных опасных экзогенных процессов, получивших развитие на территории Тункинской котловины. На исследуемом участке наиболее распространён гравитационно-склоновый класс, представленный обвалами и осыпями. Флювиальный класс опасных экзогенных процессов чаще всего представлен селями в пределах долин малых и временных водотоков.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, космические снимки, морфометрический анализ, опасные экзогенные процессы, Тункинская котловина.

Введение

Цель исследования – оценка и картографирование опасных экзогенных процессов (ОЭП) в пределах территории Тункинской котловины (Республика Бурятия) с геоинформационных методов на основе материалов полевых исследований, дистанционных данных и цифровой модели рельефа (ЦМР). К ОЭП относят события природного происхождения, которые вследствие своей продолжительности, интенсивности и масштаба распространения могут вызывать негативные последствия для природных и антропогенных комплексов [3]. Вероятность возникновения ОЭП различного генезиса на территории Тункиской котловины обусловлена сложностью орографии, особенностями геологического строения, климатических условий, гидрографии и др.

Устойчивость природных компонентов может определяться двумя группами факторов и процессов: природными и техногенными. Природные факторы – основа естественных условий территории, которые определяют окружающую среду и её эволюцию. Они различны по своим характеристикам, к числу которых причисляют интенсивность и продолжительность воздействия на какие-либо природные комплексы. ОЭП относятся к наиболее интенсивным и стихийным природным процессам, способным за очень короткий промежуток времени изменить структуру природных комплексов и повлиять на их функционирование. Поэтому знание степени интенсивности ОЭП позволит определить возможные нарушения целостности природных комплексов с точки зрения охраны и мониторинга сохранности земель.

Исследуемая территория административно расположена в пределах Республики Бурятия, Тункинский район. На территории котловины активно ведётся хозяйственная деятельность, проведение которой может быть нарушено протеканием опасных экзогенных процессов. Например, 28 июня 2014 г. в окрестностях поселка Аршан сошел водокаменный сель и грязекаменные потоки, которые вызвали частичное разрушение построек и инфраструктуры поселка, а также привели к гибели 1 человека [1]. Поэтому изучение экзогенных процессов является актуальным не только для предотвращения нарушения охраняемых земель и природных комплексов, но и для сохранности поселений и сельскохозяйственных угодий.

Общая площадь котловины составляет 1800 км^2. Тункинская котловина обрамляется с севера Тункинскими гольцами, абсолютная высота которых варьирует в пределах 1100–3200 м, а крутизна склонов в среднем достигает 30–40°. С юга котловину ограничивает массивный платообразный хребет Хамар-Дабан, который ниже Тункинских гольцов на 500–700 м [2]. Стоит отметить, что дополнительным фактором возникновения ряда опасных экзогенных процессов, таких как обвалы, осыпи, оползни, являются землетрясения, вызванные наличием здесь Тункинского разлома.

Для исследования территории была создана геоинформационная система территории, содержащая топографические карты, ЦМР (данные SRTM – The Shuttle Radar Topography Mission; пространственное разрешение 30 м), разновременные космические снимки, данные натурных микроклиматических исследований, а также имеющиеся мелкомасштабные геологические и ландшафтные карты территории. По ЦМР рассчитывали такие морфометрические параметры, как крутизну и экспозицию склонов, топографический индекс влажности, LS-фактор (индекс потенциала плоскостной эрозии). NDVI (нормализованный относительный индекс растительности) рассчитывали по космическому снимку Landsat 8.

Визуальный анализ космоснимков, анализ морфометрических показателей склонов котловины, а также физико-географических условий территории позволили выявить распространённые в пределах котловины ОЭП. Данные были дополнены в ходе проведения полевых исследований в 2017–2018 гг.

Картографирование территории проходило в несколько этапов. На первом этапе был выбран определённый набор показателей, куда входят важнейшие параметры для характеристики опасных экзогенных процессов. Это абсолютная высота над уровнем моря, крутизна склонов, а также значения LS фактора, топографического индекса влажности и NDVI. Анализ ЦМР и карт отдельных факторов позволил выявить и присвоить каждому классу опасных процессов численные показатели данных параметров. По сочетанию этих параметров была создана крупномасштабная карта опасных экзогенных процессов территории Тункинской котловины.

Анализ карты и данные полевых исследований показали, что флювиальные процессы чаще всего приурочены к долинам временных и постоянных водотоков. Участки глубинной и боковой эрозии встречаются в долинах горных рек Тункинских гольцов и хребта Хамар-Дабан. Наиболее ярко проявляющимися флювиальными процессами являются сели, аккумуляция которых чаще всего наблюдается в долинах рек Кынгарга, Малая и Большая Харимта, Артемьева и т. д. Селевая аккумуляция несет наибольшую опасность расположенному в долине р. Кыргарга посёлку Аршан. Сели средних и больших объёмов способны уничтожить ландшафтные комплексы, тем самым нарушив целостность природно-территориального комплекса.

Гравитационно-склоновые процессы распространены достаточно широко и представлены обвалами и осыпями в пределах крутых склонов Тункинских гольцов и хр. Хамар-Дабан. Также их проявление можно встретить на наиболее крутых берегах р. Иркут. Криогенные процессы развиты вместе с гравитационно-склоновым на высотах более 1600 м (Тункинские гольцы). Свежие осыпи погребают под собой растительность и горные почвы, на которых со временем появляется пионерная растительность.

Склоновый гидрогенного сползания и течения класс экзогенных процессов имеет локальное распространение и развит в пределах участков с наименьшим распространением растительности на средних и крутых склонах Тункинских гольцов и хр. Хамар-Дабан. Он представлен оползневыми процессами, крипом и солифлюкцией.

Склоновый водно-эрозионный процесс, представленный здесь струйчатым смывом, капельной, ручейковой и овражной эрозией, развит локально преимущественно на предгорных наклонных равнинах и склонах отрогов. Длина некоторых оврагов может достигать 70–80 м, а глубина в вершине до 5 м. Овражная эрозия несёт наибольший вред для пастбищ и посевных участков, снижая пригодную площадь для выпаса скота и посадок.

Эоловый процесс представлен в центральной части Тункинской котловины на левобережье р. Иркут. Линейные песчаные формы, вытянутые по направлению ветра с запада на восток образуют массив Бадар, представляющий собой куполообразный участок с поперечником в 17 км, возвышающийся над окружающими равнинами на 120–140 м. Поверхность массива образована грядами и ложбинами, которые в настоящее время закреплены сосновым лесом и разнотравьем. Наличие растительности снижает интенсивность протекания эолового процесса.

Заболачиваемые участки приурочены к центру впадины севернее долины р. Иркут. Здесь располагается обширная депрессия, занятая болотами с мелкими и крупными озёрами, которые питают левый приток р. Иркут – р. Тунка.

Следовательно, наибольший ущерб природным и антропогенным комплексам могут принести аккумуляция селевых потоков, осыпание и обваливание, а также овражная эрозия. Стихийность и кратковременность некоторых процессов способствует резкому изменению состояния равновесия антропогенных и природных комплексов.

Список литературы

1. Катастрофические селевые потоки, произошедшие в пос. Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. / С. А. Макаров [и др.]. Иркутск : ИГ СО РАН, 2014. 111 с.
2. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М. : Наука, 1974. 359 с.
3. *Разумов В. В.* Потенциальные источники чрезвычайных ситуаций на территории Северного Кавказа (инвентаризация и оценка опасности). Нальчик : Изд-во КБНЦ РАН, 2003. 295 с.

УДК 504.3.054(571.53)(-21)

Оценка риска здоровью населения г. Иркутска, вызванного загрязнением атмосферы

А. В. Русин (rusin_andrei@mail.ru), С. Ж. Вологжина (svologzhina@gmail.com)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Статья посвящена оценке вероятности развития неблагоприятных эффектов, вызванных загрязнением атмосферного воздуха. Оценка риска осуществляется на основе данных о концентрации загрязняющих веществ, полученных на трёх пунктах наблюдений на автоматических станциях контроля атмосферного воздуха г. Иркутска.

Ключевые слова: здоровье населения, риск, загрязнение атмосферы, Иркутск.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из главных экологических проблем современности. Загрязняющие вещества, попадая в атмосферу, оказывают влияние как на компоненты окружающей среды (растительность, почвы и т. д.), так и на здоровье человека, разнообразными способами – от открытой и незамедлительной угрозы до медленной и постепенной деградации различных систем жизнеобеспечения

организма. Физиологическое влияние на организм человека основных загрязнителей может привести к самым серьёзным последствиям. Поэтому помимо количественного и качественной оценки атмосферного загрязнения, необходимо оценить риски здоровью населения, проживающего в зоне влияния этого загрязнения.

В Иркутске находится более 160 промышленных предприятий, включающих более 3000 стационарных источников, выбрасывающих в атмосферу почти 120 различных загрязняющих веществ. Все эти предприятия практически равномерно распределены по административным округам, с тяготением к 5 промышленным узлам города (Северный и Жилкинский в Ленинском округе, Мельниковский в Свердловском округе, Восточный в Октябрьском округе, участок между улицами Сурнова и Рабочего Штаба в Правобережном округе) [1].

Методика

Для того чтобы оценить, существует ли риск угрозы здоровью населения, определяется индекс опасности HQ (от англ. Hazard Quotient). Если $HQ \leq 1$, то угроза здоровью отсутствует. Если же $HQ > 1$, то существует опасность отравления, которая увеличивается с возрастанием значения индекса HQ. Если в воздухе содержатся несколько токсикантов, то полный индекс опасности равен сумме индексов опасности отдельных веществ: $HQt = HQ1 + HQ2 + \ldots + HQn$. Если $HQt \leq 1$, то риска здоровью нет.

Результаты

Для оценки риска здоровью населения использовались данные о концентрации загрязняющих веществ, полученные на трёх пунктах наблюдений на автоматических станциях контроля атмосферного воздуха: АСК-А № 7 Иркутск (ул. Лермонтова, 311), АСК-А № 9 Иркутск (ул. Мира, 301) и АСК-А № 10 Иркутск (ул. Сухэ-Батора, 5).

Для расчётов были взяты данные о среднесуточной концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе за период с 15 февраля по 14 марта 2018 г. В расчётах принималось во внимание влияние таких загрязняющих веществ как оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы и сероводород.

По данным проведенных расчётов по среднемесячным значениям концентраций, индекс опасности превышает единицу в пункте наблюдения, находящемся на улице Лермонтова, и составляет 1,35. На остальных пунктах значение HQ ниже предельного допустимого значения.

При оценке ежесуточных значений для пункта на улице Лермонтова индекс опасности выше единицы 23 дня из 28. В целом же значение HQ варьируется от 0,7 (26 февраля) до 2,2 (9 марта) (рис. 1).

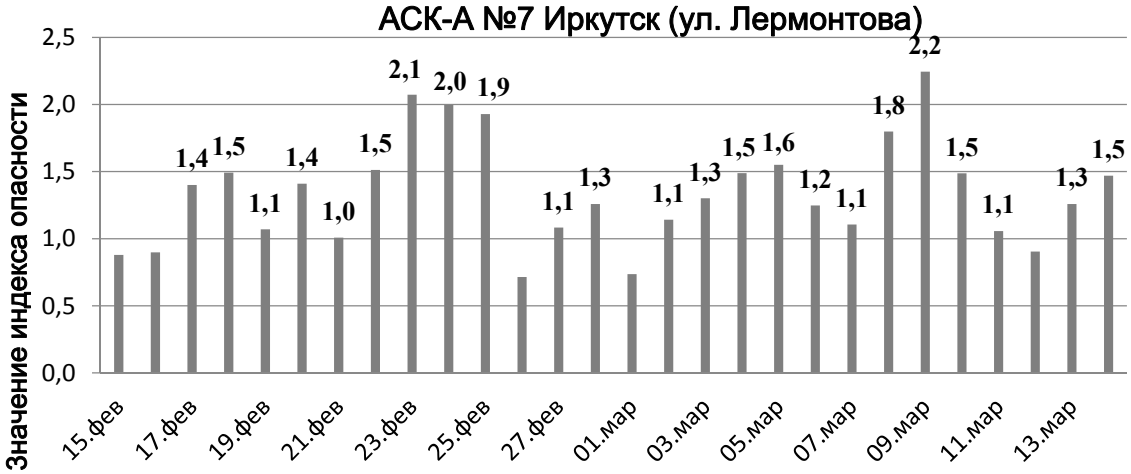


Рис. 1. Ежедневные значения индекса опасности для пункта АСК-А № 7 Иркутск (ул. Лермонтова)

При оценке ежесуточных значений для пункта на улице Мира индекс опасности выше лишь 8-го марта и его значение составляет 1,05. Во все остальные дни значение HQ не превышает предельное допустимое значение (рис. 2).

При оценке ежесуточных значений для пункта на улице Сухэ-Батора индекс опасности выше 4 дня из 28. В целом значение HQ колеблется от 0,4 26 февраля до 1,35 23-го февраля (рис. 3).

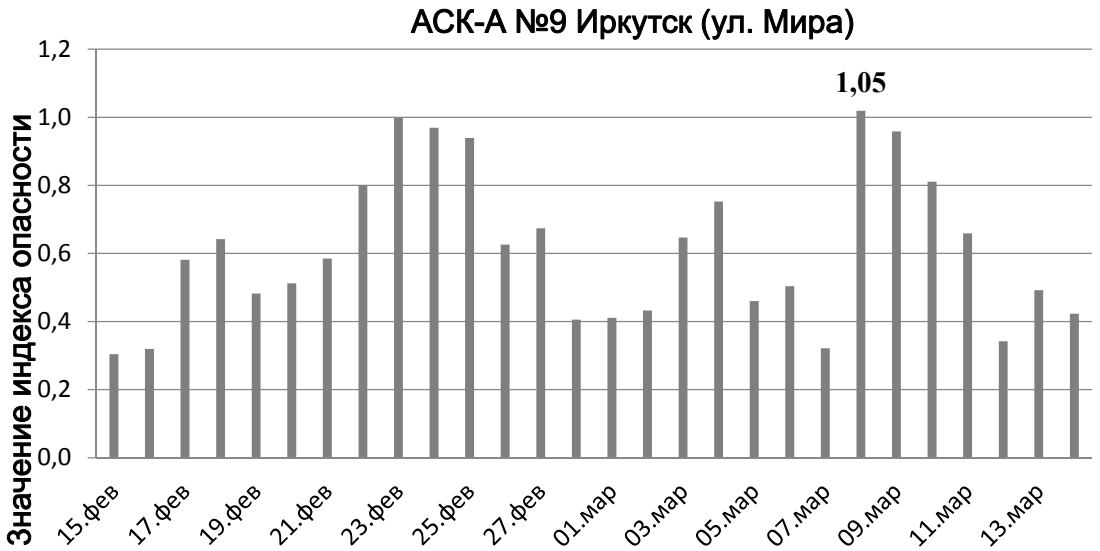


Рис. 2. Ежедневные значения индекса опасности для пункта АСК-А № 9 Иркутск (ул. Мира)

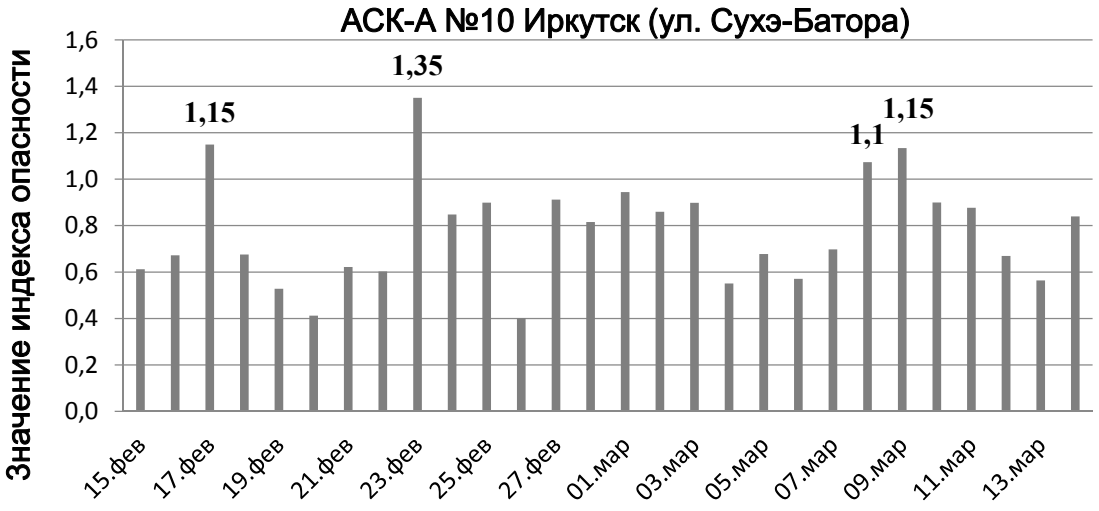


Рис. 3. Ежедневные значения индекса опасности для пункта АСК-А № 10 Иркутск (ул. Сухэ-Батора)

Анализ полученных результатов показал, что максимальный риск здоровью населения г. Иркутска отмечается в районе ул. Лермонтова и в меньшей степени ул. Сухэ-Батора. Результаты анализа риска здоровью населения по данным АСК-А, расположенного на ул. Мира (Ленинский район), показал единичное превышение пороговой дозы.

Необходимо отметить, что динамика поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух сопряжена с интенсивностью транспортных потоков в зоне поста наблюдений. При этом источниками поступления загрязняющих веществ являются как двигатели внутреннего сгорания транспортных средств, так и прочие стационарные источники. В частности, АСК-А № 7 расположена в зоне атмосферного влияния Ново-Иркутской ТЭС. На ул. Сухэ-Батора отмечается повышенная интенсивность транс-

портных потоков в течение дня. На ул. Мира интенсивность автотранспорта в значительной степени меньше в сравнении с центральной частью.

Список литературы

1. *Ахтиманкина А. В., Аргучинцева А. В.* Загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями г. Иркутска // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. Иркутск, 2013. Т. 6, № 1. С. 3–19.

УДК 504.5

Проблемы и перспективы перехода промышленных объектов к НДТ в РФ

И. Н. Смирнова (irisha_mr@mail.ru)

ТПУ, г. Томск

Аннотация. Актуальным вопросом в настоящее время является переход от гигиенического нормирования к технологическим нормативам путём активного внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) в промышленные процессы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, охрана окружающей среды.

НДТ – технологии, которые направлены на комплексное предотвращение и минимизацию негативных воздействий до уровней, соответствующих наилучшим экологически безопасным мировым технологиям и совершенствованию экономической эффективности объектов [1].

В Европе на основании Директивы ЕС по промышленным выбросам (IED) Industrial Emissions Directive 2010/75/EU [2] на протяжении последних десятилетий активно осуществляется внедрение НДТ. На территории Российской Федерации осознание необходимости перехода предприятий к нормированию пришло только в начале 2000-ых годов. В рамках реализации концепции устойчивого развития и перевода промышленного производства на современный эколого-экономический уровень, предполагается постепенно приблизить производственные циклы к замкнутым круговоротам вещества и энергии в природе [3].

Основная проблема внедрения и применения НДТ в промышленных объектах заключается в совершенствовании контроля и регулирования производственных процессов с целью формирования высокого уровня защиты окружающей среды.

Для реализации использования НДТ в РФ необходимо разработка и внесение изменений в нормативную документацию по применению НДТ в различных областях промышленности. Изменение законодательной базы сложный и не быстрый процесс. Первоначальные изменения затронули № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [4], далее был утвержден ФЗ № 219-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [5].

На основании установленных нормативов по применению НДТ, предусмотрено резкое повышение платы за сбросы, выбросы и размещение отходов сверх установленных лимитов. Следовательно, исполнение установленных требований должно стать выгоднее нарушений. По статистическим данным, крупные компании уже сейчас активно осуществляют внедрение НДТ в промышленные процессы своих производств. В течение 2017 г. было осуществлено 50 соглашений с Росприроднадзором по внедрению НДТ и модернизации производств на общую сумму 112,5 млрд руб.

Сегодня в Российской Федерации стоит задача обеспечения комплексного подхода к внедрению НДТ в рамках экологической и промышленной политики, а также совершенствованию системы государственного регулирования на основе НДТ. Осно-

вополагающая роль в построении заданной системы возлагается на деятельность Росстандарта и механизмы стандартизации.

Отсутствие обязательного технологического нормирования предприятий в соответствии с принципом наилучших доступных технологий привели к тому, что стараясь сохранить рентабельность, каждое предприятие вынуждено решать вопросы целесообразности технологического переоснащения самостоятельно. Поскольку, в РФ законодательство в большей степени работает в области штрафов и санкций, нежели в стимулировании создания экологически безопасного производства, это значительно затрудняет безболезненный переход предприятий к внедрению НДТ.

Первая стадия решения проблем внедрения НДТ заключается в формировании технического комитета по стандартизации по инициативе Минприроды России.

Разработка информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям осуществлялась на примере цементного производства. Его основу составляет описание промышленных процессов с учётом применяемого оборудования, технологий, сырьевых и топливных ресурсов, экологических и экономико-социальных особенностей Российской Федерации.

Разработанные справочники осуществляют оптимизацию мер государственного контроля и надзора в области охраны окружающей среды в соответствии с категорированием объектов промышленной и хозяйственной деятельности: экологически опасные объекты, объекты, оказывающие умеренное воздействие и объекты, оказывающие незначительное воздействие.

В соответствии с установленными критериями, определены основные показатели, на основании которых классифицируются объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду: канцерогенные и мутагенные свойства загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах, уровень токсичности, а также классы опасности отходов производства.

Согласно принятым принципам наилучших доступных технологий (НДТ) реконструкция технологии производства осуществляется с целью уменьшения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, а также рационального применения сырьевых и топливных ресурсов, минимизации, сбора и повторного использования производственных отходов.

Выбор конкретной технологии производства должен осуществляться на основе современных технологических принципов, а также с учетом наименьших экономических затрат. Таким образом, применение современных технологий позволит снизить как затраты на технологическое переоснащение производства, так и энергозатраты при самом производстве. Это позволяет утверждать, что для того чтобы вывести промышленное производство на высокий экологоэкономический уровень, необходимо продолжать разработку и внедрение современных технологий с учётом НДТ [3]. В то же время необходимо корректировать и контролировать действия, как самих предприятий, так и государственных органов в данном направлении. И стадия контроля играет решающую роль в достижении поставленных задач в области экологии и охраны окружающей среды.

Передовой опыт Европейского сообщества по разработке и внедрению справочников по НДТ может быть полезен при создании в России своих подобных документов, однако не может быть представлен в неизменном виде. Национальные стандарты по наилучшим доступным технологиям в области промышленных производств нуждаются в дальнейшей доработке и дополнении. Кроме того, необходимо сделать акцент на разработку и принятие документов нормирующих технологические требования к предприятиям не в добровольном, а в обязательном порядке. Управление процессами реализации принципов НДТ должно осуществляться с учетом специфики текущей экологической и экономической ситуации в Российской Федерации.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что под «наилучшими доступными технологиями» подразумеваются наиболее эффективные новейшие разработки для раз-

личных видов деятельности, процессов и способов функционирования, которые свидетельствуют о практической целесообразности использования конкретных технологий в качестве базы для установления разрешений на выбросы/сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и размещение отходов с целью минимизации и предотвращения загрязнения.

Вывод

Перспективы перехода промышленных предприятий к НДТ заключаются в минимизации и предотвращении негативных воздействий на окружающую среду объектами хозяйственного и промышленного назначения, экономической эффективности внедрения и эксплуатации промышленных процессов, а также применении ресурсо- и энергосберегающих методов.

Проблемы перехода промышленных объектов к НДТ основываются на процессе заимствования опыта зарубежных компаний, осуществляющих промышленную деятельность на основе НДТ, в связи с особенностями законодательной базы и структуры органов контроля и управления Российской Федерации.

Список литературы

1. Справочники НДТ 2017. URL: https://www. gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav_NDT_2017 (дата обращения: 26.08.2018).
2. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and the Council on industrial emissions. URL: http://ec. europa. eu/environment/industry/stationary/ied/legislation. htm (дата обращения: 01.09.2018).
3. *Подлесных А. И.* »О проблеме разработки и внедрения национальных стандартов по наилучшим доступным технологиям» // Междунар. науч.-исслед. журн. Ч. 2. 2016. Т. 46, № 4. С. 212.
4. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп.). Гл. V. Нормирование в области охраны окружающей среды (ст. 19–31.2). Ст. 28.1. Наилучшие доступные технологии. URL: http://base. garant.ru/12125350/faef3f9fb3287d3f9ec3b8f5d7386d86/ (дата обращения: 03.09.2018).
5. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). URL: http://ivo.garant.ru/#/document/70700466/paragraph/90:0 (дата обращения: 03.09.2018).

УДК 581.5

Функции озелененных территорий поселений

О. Е. Соколова (sokolovvana@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Зелёные насаждения выполняют средообразовательную, ресурсные, санитарно-гигиенические, экологические, медико-социальные и многие другие функции, формируя комфортную, безопасную и здоровую среду обитания людей. Используя полевые данные и метод системного анализа различных литературных источников составлен перечень функций выполняемых насаждениями озеленённых территорий.

Ключевые слова: озеленённые территории, зелёные насаждения, функции, значение озеленения.

Введение

Озеленённые территории являются неотъемлемой частью человеческих поселений. Выполняя экосистемные функции, они находятся под постоянным, интенсивным, практически неконтролируемым антропогенным давлением. Они выполняют не только рекреационную функцию, но и улучшают санитарные показатели качества среды обитания людей, уменьшая шумовую нагрузку, снижая загрязнение и запыление атмосферного воздуха, влияют на микроклиматические условия, как в непосредственной

близости от озеленённой территории, так и на некотором удалении от неё. Как следствие – чрезвычайно актуальным является постоянный мониторинг их состояния, который может быть базой для обоснования безопасного устойчивого развития, повышения продуктивности и ценности этих территорий [1; 6].

Необходимость исследований озеленённых территорий определяется социальной значимостью этих объектов.

Целью статьи является актуальная идентификация функций выполняемых озеленёнными территориями населённых пунктов.

Материал и методика

Озеленённые территории классифицированы в ГОСТ «Озеленение городов». Выделено три основные категории озеленённых территорий, каждая из которых имеет свои выполняемые функции: категория ограниченного, общего и специального пользования. К категории озеленённых территорий ограниченного пользования относятся зелёные насаждения: при учебных заведениях, детских учреждениях, при больницах и лечебно-профилактических учреждениях, придомовых территорий. Категорией озеленения общего пользования являются территории используемые для рекреации всех жителей населенного пункта. К этой категории относятся парки, скверы, бульвары, сады и др. Специального назначения – это санитарно-защитные, водоохранные зоны, кладбища, насаждения вдоль автомобильных и железных дорог, питомники, цветочно-оранжерейные хозяйства, территории попадающие под действие Федерального закона «Об особо охраняемых территориях» [2].

Наблюдением за всеми и каждой в отдельности категории озеленённых территорий были выявлены их основные функциональные особенности. Полевые данные велись стандартными геоботаническими описаниями, а также авторской комбинированной методикой – объектно-ориентированным оценочным фрейм-сценарием д-ра с/х наук Е. В. Потаповой [3; 4]. Методика включает в себя полевые обследования объектов, преимущественно в летний период. Основными характеристиками – критериями оценки, обязательными для изучения на каждом объекте при полевых исследованиях были следующие:

1. Категория озеленения. Нормируется ГОСТ «Озеленение городов»
2. Структура: компонентно-организационная, отражающая соотношение по площади, занятой озеленением, постройками и замощенной, породный состав насаждений и эколого-ценотическая отражающая структурный и породный состав насаждений.
3. Некоторые показатели почвы (вытоптанность, увлажнение)
4. Состояние объекта, рассчитывается по авторской матрице определения ранга гемеробности на основании данных более 30 показателей.
5. Рекреационная нагрузка и стадия дигрессии
6. Экологические риски и интенсивность их проявления
7. Другие данные, например расчёт привлекательности объекта, геоботаническое описание, ведомость описания деревьев.
8. Таблица оценки соответствия нормам, применяемым к данной категории озеленения, преимущественно указанные в СНиП 207.01.89. «Градостроительство»[5].

Таким образом, по каждому обследованному объекту собиралась, обобщалась, анализировалась информация, были составлены списки возможных функций выполняемых насаждениями и озеленёнными территориями.

Результаты и их обсуждение

Комплекс всех объектов озеленения в пределах городской черты обеспечивает полное использование всего полезного потенциала зелёных насаждений в целях повышения качества жизни горожан, улучшения архитектурно-художественного облика поселения и обеспечения эффективной экологической защиты города.

Озеленённые территории – часть территории природного комплекса в границах муниципального образования, на которой располагаются преимущественно искусственно созданные садово-парковые комплексы и объекты – парк, сад, сквер, бульвар; территории жилых, общественно-деловых и других территориальных зон, не менее 70 % поверхности, которых занято насаждениями и другим растительным покровом [7]. Зелёные насаждения – совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений на определённой территории [2].

Зелёные насаждения и озеленённые территории населённых пунктов выполняют ряд функций, обеспечивающих качество и сохранение среды обитания – средообразование, как главнейшую экосистемную функцию. Растения – создатели первичной продукции и производители кислорода. Они обладают способностью очищать, ионизировать и увлажнять воздух, регулировать радиационный и тепловой режим. Зелёные насаждения имеют водо- и почвенное значение, защищают от ветров и шума. Их роль даже в искусственных экосистемах колоссальна. Для выполнения своего назначения зелёные насаждения необходимо поддерживать в хорошем состоянии. Своевременный и необходимый уход позволяет, особенно древесным формам, «служить» горожанам 100 и более лет, но заботиться о их восстановлении необходимо заблаговременно [4].

По накопленным данным и анализу литературных источников предлагается следующая классификация функций городских фитоценозов.

Функциями зелёных насаждений можно назвать:

1. Жизненные функции в границах биосферы, поддерживающие гомеостаз и устойчивое развитие *(средообразовательные)*: производство кислорода, производство первичной продукции, регулирование климата, обеспечение круговорота веществ, круговорот воды, почвообразование.

2. Функции предоставляющие Человечеству все жизненно необходимые ресурсы *(ресурсные):* пищевая, топливная, генетическая, банк семян, ресурс минеральных веществ.

3. Функции, регулирующие показатели качества сред и изменяющие экологические факторы : влияние на радиационный режим, влияние на тепловой режим, изменение ионизации воздуха, изменение влажности воздуха, ветрозащитная, образование ветров, изменение состава воздуха.

4. Обеспечивающие необходимое качество среды: фильтрующая, газозащитная, шумозащитная, водоохранная, почвоохранная.

5. Медико-социальные функции предоставляемые озеленёнными территориями: влияние на ЦНС, влияние на зрение, влияние на органы дыхания, антибактериальная, духовная или духовно–эстетическая, рекреационная.

6. Познавательные и способствующие развитию научной деятельности: общение с природой, объект изучения, биоиндикаторная.

7. Декоративно-художественные, ландшафтообразующие, структурно-планировочные функции. С их помощью преодолевается монотонность городской застройки, вызванная индустриальными методами строительства и применение типовых проектов.

Безусловно, при планировании любого строительства нужно учитывать категорию озеленённой территории и гармонично сопоставлять с необходимыми функциями согласно назначению постройки.

Заключение

Человечество всегда зависело от функций, выполняемых биосферой, экосистемами и их основным структурным элементом – растениями. Среда жизни, выработка кислорода и первичной продукции, обеспечение круговорота воды, вещества и энергии, почвообразование – основы существования людей на Земле. Несмотря на то что люди как биологический вид отгорожены технологиями от непосредственного контакта с окружающей средой, в конечном счёте, они всё равно полностью зависят от обилия и качества выполняемых экосистемных функций.

Список литературы

1. *Андреева О. С., Ермак Н. Б., Таргаева Е. Е.* Оценка показателей эколого-хозяйственного баланса территории при формировании экологического каркаса индустриального города // Успехи соврем. науки. 2016. № 6, Т. 1. С. 135–139.
2. ГОСТ 28329–89. Озеленение городов. Термины и определения. М. : Изд-во стандартов, 1990. 9 с.
3. *Потапова Е. В.* Методы анализа городских территорий: категории озеленения // Конференция «Дни науки». Чехия, Прага 22.03–30.03.2015. Publ. House «Education and Science», 2015. Т. 1. С. 32–34.
4. *Потапова Е. В.* Общая экология. В 3 ч. Ч. 2. Методы полевых исследований: учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. 155 с.
5. *Потапова Е. В., Соколова О. Е.* Озеленение поселений – особенности и проблемы // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. 2016. № 4 (12). URL: http://aeconomy.ru/science/agro/ozelenenie-poseleniy-osobennosti-i-/
6. *Потапова Е. В., Соколова О. Е.* Классификация озелененных территорий поселений // Успехи соврем. науки и образования. 2016. № 12. Т. 9. С. 161–163.
7. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка городских и сельских поселений. URL: http://www.complexdoc.ru

---

УДК 369.2

Услуги социального страхования по обеспечению безопасности работников опасных производств Сибири

Л. А. Суменкова (sumenkova_la@mail.ru)

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Рассматривается организация социального страхования по обеспечению безопасности работников, занятых на опасных производствах на территории Сибири. Отражена динамика несчастных случаев на производствах Сибирского федерального округа (СФО). Приведен механизм финансовой деятельности социального страхования, в рамках которого осуществляется техносферная безопасность на производствах. Дана структура расхода денежных средств бюджета Фонда социального страхования (ФСС), направленных на поддержание жизни и здоровья работников опасных производств.

Ключевые слова: обязательное социальное страхование, Фонд социального страхования, техносферная безопасность, опасные производства, Сибирь.

Введение

Услуги социального страхования по обеспечению безопасности работников опасных производств закреплены на законодательном уровне и носят обязательный характер [2]. Основной задачей обязательного социального страхования на производстве стоит обеспечение социальной и техносферной безопасности застрахованных лиц (работников), а также снижение профессиональных рисков, влекущих за собой последствия по угрозе жизни и здоровья работника. Потеря трудоспособности существенно отражается на финансовом положении работника и всей его семьи. Поэтому обязательное социальное страхование является неотъемлемой частью трудовой жизни населения, так как выступает финансовой «подушкой безопасности» по возмещению вреда, причиненного жизни и здоровью застрахованного. Актуальность темы исследования подтверждается еще тем, что отечественная система социального страхования работающего населения периодически трансформируется и находится в поиске оптимальной модели по обеспечению техносферной безопасности.

Статистика несчастных случаев на производствах Сибири

Ежегодно на территории Сибири фиксируются несчастные случаи на производстве, которые лишают работника трудоспособности на 1 и более день (рис. 1). Статистика показывает, что количество пострадавших при несчастных случаях на производствах сибирских регионов сокращается. В период с 2010 по 2017 г. значение показателя уменьшилось почти в 2 раза (с 8,5 тыс. чел. до 4,5 тыс. чел.). В 2017 г. доля пострадав-

ших от несчастных случает на производствах Сибири составила около 20 % от общероссийского показателя. Лидерами являются крупные промышленные предприятия Кемеровской области (1,2 тыс. чел.), Красноярского края (более 700 чел.), а также Новосибирской, Иркутской и Омской областей (около 500 чел. на каждый субъект). Таким образом, на пятерку лидеров приходится 2/3 от всех пострадавших от несчастных случаев на производствах по СФО. Самыми благополучными и замыкающими рейтинг являются Республики Алтай (21 чел.), Тыва (63 чел.) и Хакасия (90 чел.). При этом следует отметить, что на каждые 100 тыс. работающих на различных производствах Сибири число пострадавших составляет 47 человек, что превышает общероссийский показатель на 5 человек (2017 г.) [1; 4; 5].

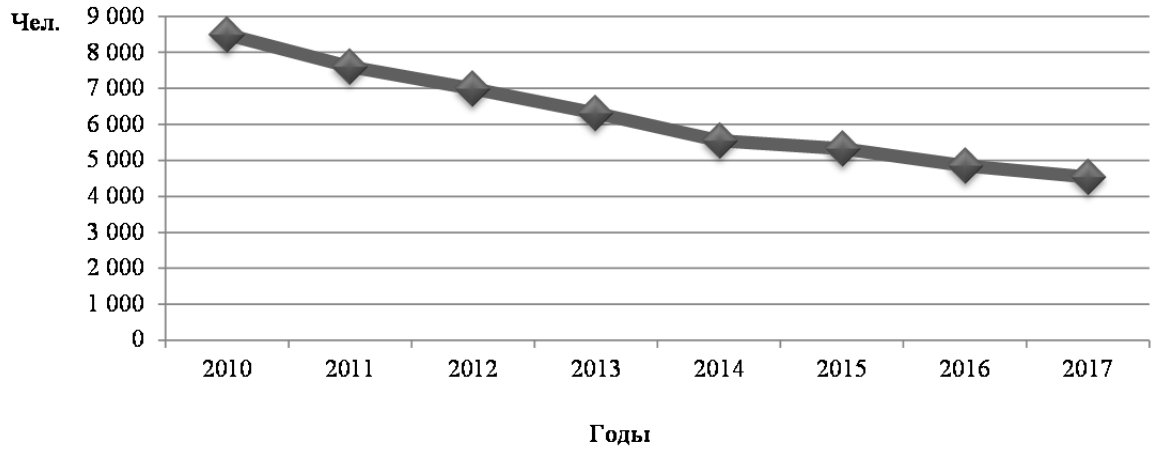


Рис. 1. Динамика числа пострадавших при несчастных случаях на производствах Сибирского федерального округа. *Прим. Рассчитано и составлено по [1]*

Финансовый механизм социального страхования по обеспечению безопасности на производстве

В финансовый механизм социального страхования по обеспечению безопасности на производстве включены несколько участников трудовой деятельности: работодатель, ФСС и сам работник. Эффективность обеспечения техносферной безопасности полностью зависит от трансформации потоков денежных средств между всеми участниками обязательного социального страхования (рис. 2).

В рамках обеспечения техносферной безопасности на производствах повышенной опасности работодатель направляет финансовые отчисления в бюджет ФСС. Страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний рассчитываются исходя из ставки страхового тарифа с поправками на скидки или наоборот надбавки. Ключевым фактором является коэффициент опасности предприятия, а, следовательно, и степень риска для жизни и здоровья работника. Трудовая деятельность затрагивает социальное страхование на случай временной нетрудоспособности человека. Страховые взносы отдельных категорий страхователей уплачиваются на добровольной основе в соответствии с принятыми нормативно-правовыми документами [3]. Согласно ведомственной статистике на 2017 г. по СФО сумма страховых взносов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний составила 15 млрд руб, что соответствует 13 % от РФ. Максимальную сумму страховых взносов в бюджет ФСС внесли работодатели Кемеровской области (более 4 млрд руб.) и Красноярского края (около 3 млрд руб.). К лидерам примыкают Иркутская и Новосибирская области (по 2 млрд руб. соответственно) [1; 4]. Таким образом, доходная часть бюджета ФСС на обеспечение техносферной безопасности складывается из обязательных страховых взносов работодателей опасных производств за работников, чья трудовая деятельность связана с повышенными профессиональными рисками.

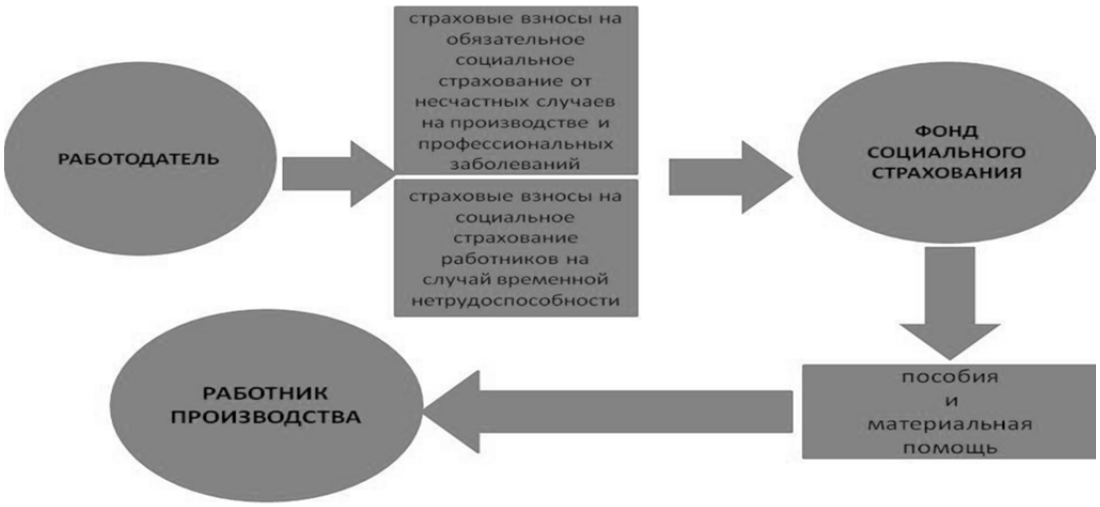


Рис. 2. Трансформация финансовых потоков обязательного социального страхования на производствах
Прим. Составлено автором

Структура расхода бюджета ФСС СФО на техносферную безопасность

Все финансовые расходы по возмещению ущерба (трудоспособности, жизни и здоровья) застрахованных лиц берет на себя ФСС. За 2017 г. из бюджета отделений ФСС сибирских территорий на мероприятия по обеспечению техносферной безопасности было потрачено 8,5 млрд руб. В тройку лидеров входят регионы с максимальным числом произошедших несчастных случаев на производстве. Так, например, отделениями ФСС Кемеровской области было потрачено 2 млрд руб., Красноярского края – 1,5 млрд руб. и Иркутской области – 1 млрд руб. Расходная часть бюджета ФСС СФО по обеспечению техносферной безопасности складывается из семи показателей (рис. 3).

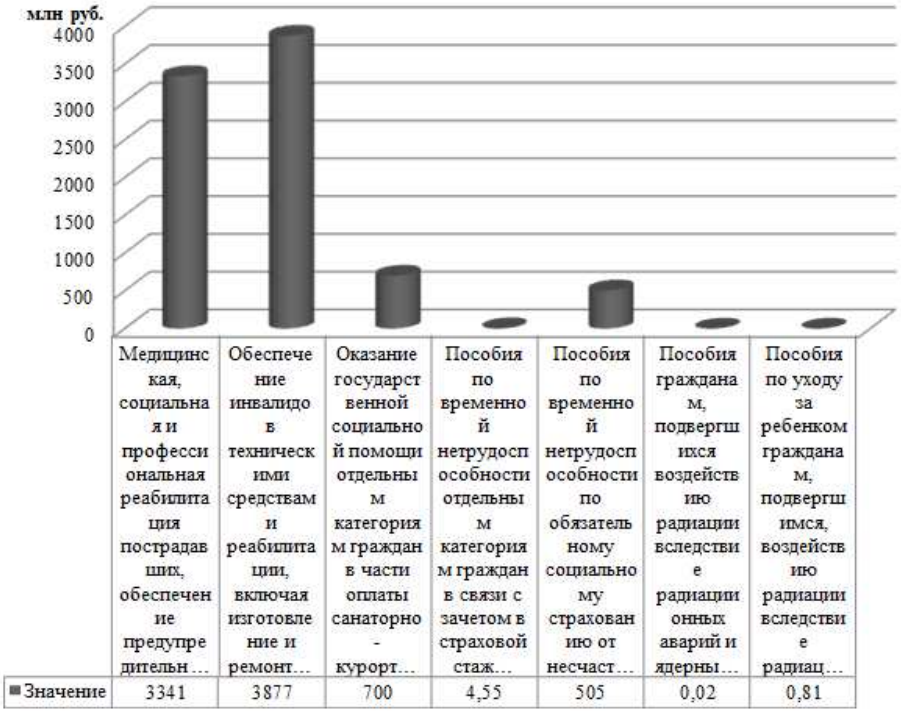


Рис. 3. Структура расхода бюджета ФСС СФО на обеспечение техносферной безопасности на производствах (млн руб., 2017 г.). *Прим. Рассчитано по [1; 4]*

Самыми затратными в 2017 г. статьями расхода являются: 1. Обеспечение инвалидов техническими средствами реабилитации, включая изготовление и ремонт протезно-ортопедических изделий (3,8 млрд руб.); 2. Медицинская, социальная и профессиональная реабилитация пострадавших, обеспечение предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний (3,3 млрд руб.). Суммарно на данные позиции приходится более 80 % расходов. Оставшиеся денежные средства распределяются в следующей последовательности: оказание государственной социальной помощи отдельным категориям граждан в части оплаты санаторно-курортного лечения, а также проезда на междугородном транспорте к месту лечения и обратно (700 млн руб или 8,2 %); пособия по временной нетрудоспособности по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (505 млн руб. или 6 %); пособия по временной нетрудоспособности отдельным категориям граждан в связи с зачетом в страховой стаж нестраховых периодов (4,5 млн руб. или 0,05 %). К менее затратным относятся выплаты пособий по уходу за ребенком гражданам, подвергшимся, воздействию радиации вследствие радиационных аварий и пособий гражданам, подвергшихся воздействию радиации вследствие радиационных аварий и ядерных испытаний [1; 4]. Детальная структура расхода бюджета по обеспечению техносферной безопасности на производствах сибирских регионов показывает, что страховые взносы социального страхования покрывают большую часть профессиональных рисков, которые берет на себя ФСС.

Заключение

Ежегодная статистика фиксирует снижение числа произошедших несчастных случаев на производствах Сибири, поэтому отмечается положительная динамика данного показателя. В первую очередь, это связано с усилением мер ответственности по техносферной безопасности на всех предприятиях Сибири. Реализация техносферной безопасности на производстве напрямую зависит от качества предоставления услуг обязательного социального страхования, так как ФСС решает задачи, как по оптимизации профессиональных рисков, так и по организации финансовых потоков между работодателем и застрахованным лицом. Максимальные показатели бюджета ФСС по доходной и расходной частей на обеспечение безопасности работников в разрезе сибирских регионов свидетельствуют о наличии повышенных профессиональных рисков для трудовой деятельности работников опасных производств Красноярского края, Кемеровской, Новосибирской и Иркутской областей. Таким образом, дальнейшая трансформация системы услуг обязательного социального страхования, должна привести к минимизации последствий от страховых случаев на опасных производствах и стать одним из способов по реализации социальной, финансовой и техносферной безопасности для населения.

Список литературы

8. Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: http://www. gks.ru (дата обращения: 23.06.2018).
9. Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 № 125-ФЗ. URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/51f406ac4a0477dffd53745da1b9813dc2feac12/ (дата обращения: 19.06.2018).
10. Федеральный закон «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования и территориальные фонды обязательного медицинского страхования» от 24.07.2009 № 213-ФЗ. URL: www. consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89926/(дата обращения: 19.06.2018).
11. Федеральная служба государственной статистики. URL: http:// www. fedstat.ru (дата обращения: 23.06.2018).
12. Федеральная служба по труду и занятости. URL: https://www.rostrud.ru (дата обращения: 23.06.2018).

Раздел 7
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ»

УДК 911.2.9

Нарушенность геосистем Баргузинского хребта пожарами

И. Н. Биличенко (irinabilnik@mail.ru)[1], Н. М. Лужкова (luzhkova@pdmr.ru)[1,2]

[1]Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск; [2]ФГБУ «Заповедное Подлеморье», Республика Бурятия, пос. Усть-Баргузин

Аннотация. Обозначена важность влияния пирогенного фактора на ландшафтную структуру горных геосистем Баргузинского хребта. Собраны данные по количеству пожаров с 1987 по 2017 г., рассмотрено распределение лесных пожаров в течении пожароопасного сезона.

Ключевые слова: Баргузинский хребет, горно-таежные геосистемы, пожары, пирологические округа.

Пирогенный фактор оказывает большое влияние на функционирование геосистем Южной Сибири, а среди антропогенных факторов является в настоящее время ведущим среди нарушающих растительность [1]. Ненарушенных геосистем в пределах Байкальской природной территории не много и пожары играют при этом первостепенную роль. Это определяет актуальность изучения влияния пирогенного фактора на структуру и динамику геосистем региона.

Условия проявления пирогенного фактора определяются как физико-географическими особенностями территории, так и характером антропогенной деятельности. Особенности природных условий Баргузинского хребта, такие как горный рельеф, варьирование климата, разнообразие растительного покрова, обусловили дифференцированную с высокой степенью контрастности ландшафтную структуру. Здесь сменяются и сосуществуют лугово-болотные, подтаежные, горно-таежные, подгольцовые и гольцовые геосистемы, обладающие разной степенью устойчивости и стабилизации структуры. Территориально доминируют горнотаежные геосистемы. [2].

В качестве подхода к территориальной оценке проявления пирогенного фактора в зависимости от свойств ландшафтной структуры и состояния ее геосистем рассмотрено распространение лесных пожаров в Забайкальском национальном парке (Баргузинский хребет). Территория расположена в пределах Северного Прибайкалья. Она обладает достаточно разнообразными природными условиями, кроме того, здесь имеются многолетние статистические данные по распространению пожаров (табл. 1,2).

Причины возникновения пожаров: наличие периодически повторяющихся засушливых сезонов, обилие пожароопасных горючих лесных горючих материалов, горный рельеф, жесткий ветровой режим, низкая доступность территории – все это, в конечном итоге, предопределяет высокую вероятность возникновения лесных пожаров и скорость их распространения, а также трудность тушения. Наиболее сложная лесопожарная обстановка создается при экстремальных погодных условиях, когда осадки не выпадают в течение месяца и более.

На основании осредненных оценок пожарной опасности территорию исследования можно отнести к следующим пирологическим округам: Северо-Прибайкальскому, Восточно-Прибайкальскому и Баргузинскому округам с варьированием количества пожаров за сезон от 0,1 до 2,0 на 100 тыс [2]. При такой характеристике оценивался рельеф (высота, расчлененность), климат, растительность и горимость. *К Северо-Прибайкальскому* округу относятся высокогорные глубоко расчлененные ландшафты с холодным влажным климатом. Фон создает гольцовая растительность с лишайниковыми и дриадовыми тундрами и зарослями кедрового стланика. Ниже идут лиственничные и еловые мохово-лишайниковые редколесья из стланика. Таким лесам свойственна достаточно высокая природная пожарная опасность в летнее время. Прибрежная часть Баргузинского хребта занята глубоко расчлененной полосой среднегорья с темнохвойными (из пихты и кедра) кустарничково-зеленомошными лесами, в которых в период летних засух иногда возникают очень сильные верховые пожары. Согласно оценке горимости по Софронову данный район относится к району с повышенным индексом горения. Максимум пожарной опасности по условиям погоды – в июне, горимости – в июле-августе.

Остальным двум округам также соответсвует повышенная горимость.

Таблица 1

Статистические данные по лесным пожарам по Забайкальскому национальному парку

Годы	Количество пожаров	В т. ч. по вине человека	В т. ч. из-за сухих гроз	По невыявл. Причинам	В т. ч. с сопр. терр.	Общая площадь пожаров	Лесная	В. т. ч. пройденная верховыми пожарами	Нелесная
1987	4	0	2	2		0,12	Н\У		
1988	2	0	0	2		0,065	Н\У		
1989	0	0	0	0		0	Н\У		
1990	3	0	0	3		3,99	Н\У		
1991	0	0	0	0		0	Н\У		
1992	1	0	0	1		0,82	Н\У		
1993	3	0	1	2		270,05	Н\У		
1994	1	0	0	1		0,01	Н\У		
1995	9	1	6	2		55,42	32,92	-	22,5
1996	3	2	1	0		880	851	-	29
1997	3	1	0	2		1,33	1,33	-	-
1998	8	1	0	7		1,68	0,6	-	1,08
1999	13	0	3	10		188,21	16,56	-	171,65
2000	3	0	0	3		0,033	0,003	-	0,03
2001	8	1	6	1		217	106	-	111
2002	4	3	1	0		210,05	195,05	195	15
2003	4	2	1	0	1	883,7	882,9	169	0,8
2004	9	0	2	6	1	15,72	7,62	–	8,1
2005	4	0	1	3	0	269,06	160,06	–	109
2006	7	0	4	3	0	237,74	142,74	100,1	95
2007	3	0	1	1	1	1538,03	1502	1064	36,03
2008	2	0	2	0	0	1,53	1,53	–	-
2009	11	0	8	3	0	62,26	59,56	–	2,7
2010	8	2	4	2	0	205,74	205,62	–	0,12
2011	7	3	4	0	0	1593,63	1557,63	615,5	36
2012	4	1	0	3	0	6,26	6,23	–	0,03
2013	1	0	0	0	1	44,5	44,5	–	-
2014	12	2	7	3	0	533,75	530,51	291	3,24
2015	12	3	6	3	0	17863,9	17863,9	7909	0,03
2016	0	0	0	0	0	0	0	–	-
2017	11	0	10	1	0	484,78	444,38	230	40,4

Таблица 2

Данные о распределении количества (числитель, шт.) и площади (знаменатель, га) лесных пожаров в пожароопасные сезоны

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
	количество / площадь	количество / площадь	количество / площадь	количество / площадь	количество / площадь	количество / площадь	количество / площадь
1987			2 / 0,01		2 / 0,11		
1988		1 / 0,05	1 / 0,015				
1989							
1990		1 / 3,9	1 / 0,05		1 / 0,04		
1991							
1992			1 / 0,82				
1993			2 / 0,05	1 / 270			
1994			1 / 0,01				
1995			2 / 1,51	6 / 53,9	1 / 0,01		
1996		3 / 880					
1997			2 / 1,23	1 / 0,1			
1998		3 / 0,06	1 / 0,5	4 / 1,12			
1999			6 / 0,08	7 / 188,12			
2000	1 / 0,011	2 / 0,022					
2001		1 / 30	7 / 187				
2002			1 / 210		2 / 0,04	1 / 0,01	
2003				1 / 881	2 / 1,51	1 / 1,2	
2004			2 / 4,04	4 / 7,48	3 / 4,21		
2005				3 / 269,02		1 / 0,04	
2006			1 / 220	3 / 2,045	2 / 0,6		1 / 15,1
2007					1 / 744	2 / 794,03	
2008		1 / 0,03		1 / 1,5			
2009			2 / 2,21	6 / 25,25	3 / 34,8		
2010		1 / 0,1	1 / 0,01	3 / 192	1 / 12,5	1 / 1,1	1 / 0,03

Продолжение табл. 2

2011			5 / 1037,13	2 / 556,5			
2012		2 / 3,18				2 / 3,08	
2013				1 / 44,5			
2014			1 / 119	5 / 204,24	4 / 201,5	1 / 0,01	1 / 9
2015		1 / 1,5	2 / 476,3	4 / 16065,04	5 / 1321		
2016							
2017				1 / 0,01	10 / 484,77		
итого	1 / 0,011	16 / 918,842	39 / 2259,955	53 / 18761,83	35 / 2804,98	9 / 799,47	3 / 24,13
процент	1 / 0,00	10,26 / 3,59	25,00 / 8,84	33,97 / 73,38	22,44 / 10,97	5,77 / 3,13	1,92 / 0,09

Список литературы

1. *Софронова Т. М., Волокитина А. В., Софронов М. А.* Оценка пожарной опасности по условиям погоды в горных лесах Южного Прибайкалья // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 74–80.
2. *Софронов М. А., Антропов В. Ф., Волокитина Ф. В.* Прирологическая характеристика растительности бассейна озера Байкал // География и природные ресурсы. 1999. № 2. С. 52–58.

УДК 502.578

Влияние рекреационной деятельности на геосистемы островов залива Петра Великого (Японское море)

К. С. Ганзей (geo2005.84@mail.ru)[1], Н. Ф. Пшеничникова (n.f.p@mail.ru)[1], А. Г. Киселёва (alena_kiseleva@mail.ru)[1], И. М. Родникова (rodnikova_ilona@mail.ru)[1], С. Г. Юрченко (yurchenko@tigdvo.ru)[1]

Тихоокеанский институт географии ДО РАН, Владивосток

Аннотация. На основе физико-географических и геоэкологических исследований островов Русский (пихтовая роща на полуострове Саперный) и Шкота показано современное состояние и характер влияние рекреационной деятельности на островные геосистемы. Выявлено, что нерегламентированная рекреационная деятельность приводит к уничтожению нижних растительных ярусов, активизации процессов плоскостной эрозии почвенного покрова, регулярному пирогенному воздействию и др. На острове Шкота зафиксировано повышенное содержание тяжелых металлов в аккумулятивно-гумусовом горизонте почв в районе расположения кемпинговой зоны, что связано с разведением костров и сжиганием твердых бытовых отходов.

Ключевые слова: геосистемы, рекреационная деятельность, геоэкологическое состояние, остров Русский, остров Шкота.

Введение

В заливе Петра Великого расположено более 30 островов различной площади. Интенсивное природопользование в заливе Петра Великого началось в конце XIX в. вместе с освоением Приморского края переселенцами из Европы. В XX в. природопользование на островах преимущественно было направлено на укрепление обороноспособности г. Владивостока и юга Приморья. В настоящее время социально-

экономическому развитию островных территорий Приморского края уделяется большое внимание как на региональном, так и на федеральном уровнях. При этом в пределах островов залива Петра Великого наблюдается существенная дифференциация интенсивности хозяйственного использования. Для островов Путятина, Попова и Рейнеке антропогенное влияние в настоящее время имеет локальный характер. На о. Рикорда нет населенных пунктов, и геосистемы здесь испытывают незначительное антропогенное давление, в основном в результате нерегламентированной рекреационной деятельности. В тоже время острова архипелага Римского-Корсакова с 1978 г. входят в состав особо охраняемой природной территории, что способствует сохранению и восстановлению геосистем.

В ходе реализации Федеральной целевой программы развития г. Владивостока [18] о. Русский был соединен с континентом мостом, а возведение комплекса научно-образовательных и инфраструктурных объектов привело к изменению не только его социально-экономического значения для города, но и к коренной перестройке на отдельных участках структуры землепользования [21]. Генеральный план развития города Владивосток до 2025 г. [4] предполагает вовлечение архипелага Императрицы Евгении в хозяйственное использование с акцентом на формирование рекреационного и научно-образовательного кластеров. После строительства моста на о. Русский в 2012 г. наблюдается активное вовлечение территории островов в рекреационную деятельность, в основном нерегламентированную. Увеличение количества рекреантов и организация стихийных мест для кемпингов в ряде случаев оказывает наиболее сильное антропогенное влияние на островные геосистемы.

Целью настоящей работы является анализ влияния рекреационной деятельности на геосистемы островов залива Петра Великого, на примере островов Русский и Шкота.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проанализированы физико-географические особенности района исследования; выполнены полевые геоботанические, почвенные и ландшафтные исследования; определены физико-химические свойства и содержание тяжелых металлов в гумусовых горизонтах почв; составлена серия карт и картосхем.

Материалы и методы

Остров Русский расположен южнее полуострова Муравьева-Амурского, от которого он отделен проливом Босфор Восточный минимальной шириной 800 м и глубиной до 50 м. Остров Шкота расположен южнее о. Русский. Острова входят в состав архипелага Императрицы Евгении, административно относится к Фрунзенскому району города Владивосток. На севере острова Шкота расположена вытянутая на 450 м аккумулятивная форма рельефа, которая продолжается в виде подводной косы, соединяющейся с островом Русский. При наиболее сильных отливах данная коса осушается. По ней в основном рекреанты попадают на остров.

Сложены острова преимущественно нижне- и верхнепермскими вулканическими комплексами [16]. В эпоху позднего плейстоцена (18–20 тыс. ^{14}С л. н.) все острова залива Петра Великого были объединены с материком. Изоляция островов произошла примерно 8–10 тыс. л. н. в результате медленного подъема уровня моря [11].

Климатические условия на островах определяются муссонной циркуляцией воздушных масс. В год выпадает ~830 мм осадков, среднегодовая температура воздуха +6^{o}С. Максимальное количество осадков выпадает в август-сентябрь во время прохождения тропических циклонов. Зимы малоснежные, с сильными ветрами [13].

Для почв свойственны местные особенности «островного» почвообразования, обусловленные природными факторами: геохимическим влиянием моря, высотой, крутизной, экспозицией склонов и разнообразием растительности. Основной фон в структуре почвенного покрова островов составляют бурозёмы [7; 17 и др.].

Растительность островов по географическо-ботаническому районированию [9] относится к южной подзоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Маньчжурской провинции Дальневосточной области. В настоящее время здесь представлено 859 видов сосудистых растений из 123 семейств. Доминируют широколиственные кустарниково-разнотравные с лианами леса из лип амурской (*Tilia amurensis Rupr.* и *Таке T. taquetii* C. K. Schneid), дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.), клёна ложно-Зибольдова (*Acer pseudosiboldianum* (Pax) Kom.), калопанакса семилопастного (*Kalopanax septemlobus* (Thunb. ex Murray) Koidz.), граба сердцелистного (*Carpinus cordata* Blume), ясеня носолистного (*Fraxinus rhynchophylla* Hance) и др. [5; 14].

По данным на 2014 г. более 75 % площади островов было покрыто лесами [21]. Доминируют на островах Русский и Шкота ландшафты пологих и средней крутизны склонов на гранитах и гранитоидах, базальтах, с преобладанием высокосомкнутых полидоминантных широколиственных лесов на тёмных и типичных бурозёмах [2].

В ходе исследований применялся комплекс физико-географических методов: обработка фондовых материалов, полевые геоботанические, почвенные, лихенологические исследования, аналитическая обработка почвенных образцов, дешифрирование данных дистанционного зондирования, картографический, картографо-статистический и метод количественного анализа.

Во время полевых работ (2009–2018 гг.) в разных типах ландшафтов выполнены геоботанические описания, собраны гербарные образцы сосудистых растений и лишайников, в насаждениях пихты цельнолистной (*Abies holophylla*) отобраны керны для дендрохронологических исследований, сделаны морфологические описания почв (рис. 1). Для оценки экологического состояния почвенного покрова были отобраны образцы почв из гумусовых горизонтов и проведено определение валового содержания тяжелых металлов по стандартной методике [12]. Осуществлено ландшафтное картографирование в масштабе 1:25 000. Картографирование выполнено на основе принципов структурно-генетической классификации ландшафтов [15] в масштабе 1:25000 с применением программного пакета ArcGis 10.1.

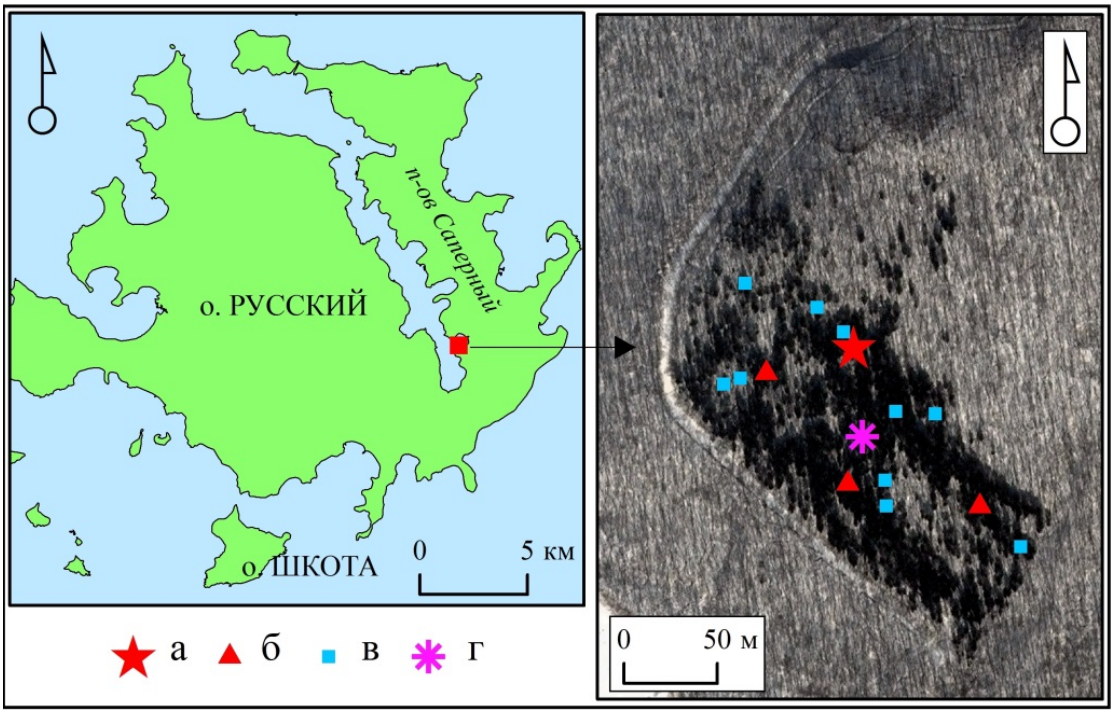


Рис. 1. Карта района работ на полуострове Саперный острова Русский. Условные обозначения: а – почвенный разрез 151–16, б – почвенные прикопки, в – точки отбора дендрохронологических образцов, г – межевой знак ЖСК «Остров».

Результаты и их обсуждение

Для оценки влияния рекреационной деятельности на геосистемы островов Русский и Шкота были обследованы два ключевых участков: на острове Русский – пихтовая роща, расположенная на полуострове Саперный, которая активно используется в рекреационных целях в осенний, зимний и весенний периоды; на острове Шкота – территория центральной части острова и площадка для летнего отдыха в бухте Дотовая.

На полуострове Саперный острова Русский расположена одна из самых крупных и возрастных островных пихтовых рощ [3]. Здесь представлен низкогорный склоновый слабоволнистый юго-западной экспозиции крутизной 5–7° денудационный на галечных конгломератах, песчаниках и алевролитах подрод ландшафтов. Юго-восточная часть рощи сформирована пихтарником мёртвопокровным, со средней высотой 10–12 м, общей сомкнутостью крон 0,98 (1,49 га). Северная, площадью 1,92 га, – пихтовыми лесами с берёзой даурской, дубом монгольским, клёном ложно-Зибольдова, ясенем носолистным, калопанаксом семилопастным, липой амурской (ср. высота – 10–13 м, сомкнутость – 0,8). Подлесок сформирован из калины Саржента, леспедецы двуцветной (ср. высота – 2–3 м, проективное покрытие – 40 %). В травяном ярусе встречаются щитовник толстокорневищный, майник двулистный, однопокровница амурская (ср. высота – 0,2–1,3 м, проективное покрытие – 40 %).

Почвенный покров пихтовой рощи представлен слабооподзоленными маломощными сильно скелетными буроземами [19]. Почвообразование протекает в условиях среднекислой реакции среды, в иллювиальном горизонте BMg с признаками сезонной глееватости – в сильнокислой. Содержание органического вещества в аккумулятивно-гумусовом горизонте (7,85 %) соответствует высокому уровню гумусированности. В составе почвенно-поглощающего комплекса преобладают катионы кальция (9,5 мг-экв/100г почвы). В иллювиальной части профиля содержание гумуса и поглощенных оснований падает, что характерно для буроземов юга Приморья, в том числе и их оподзоленных подтипов [8]. Содержание валовых форм тяжелых металлов (разрез 151–16) [3] составляет незначительную долю от ориентировочно допустимой концентрации.

Для анализа особенностей произрастания пихты цельнолистной были отобраны дендрохронологические образцы. Кривая радиального прироста показывает, что для деревьев характерен нормальный ход роста в течение 30 лет [20]. Возраст деревьев колеблется от 36 до 67 лет. Деревья в течение своей жизни не испытывали влияния пожаров или других негативных воздействий, что обеспечило их успешное развитие. После 15 лет, пройдя стадию формирования кроны [6], прирост становится стабильным (2–3 мм/год), что свидетельствует о благоприятных условиях роста.

Косвенным подтверждением отсутствия пожаров является низкое содержание ртути в хвое пихты – 2,3–3,6 % от ПДК. Основным источником ртути являются лесные пожары, при которых выделяется до 41,5 % ртути, накопленной растениями [10].

Лихеноиндикационные исследования показали, что видовое разнообразие лишайников пихтовой рощи и прилегающей территории выше среднего для острова. В сообществах доминируют виды естественных и слабо измененных местообитаний. Виды антропогенно нарушенных местообитаний немногочисленны. Здесь встречаются 4 вида, внесенные в Красные книги РФ и Приморского края, в том числе редкий реликтовый вид *Coccocarpia palmicala* (*Spreng*.) Arv. et D. Galloway, сохранившийся лишь на нескольких островах залива Петра Великого. На деревьях диаметром до 10 см разрушенных и поврежденных лишайников нет, что свидетельствует об отсутствии или низкой интенсивности антропогенной нагрузки.

На основе комплекса исследований установлено, что в районах расположения посадок пихты цельнолистной в южной части полуострова Саперный складывается благоприятная геоэкологическая обстановка. Значения опасных химических элементов в почве и хвое деревьев значительно ниже ПДК [3]. За время существования хвойная роща не испытывала негативных воздействий, которые могли отрицательно отразиться

на процессе лесовосстановления. Положительное влияние оказал режим закрытой военной территории, который существовал на о. Русский до 1997 г.

Несмотря на благоприятную геоэкологическую обстановку, фиксируется негативное антропогенное воздействие. Повышение транспортной доступности острова после строительства моста в 2012 г., а также изъятие земель из ведения лесничества в 2012 г. привело к увеличению рекреационной нагрузки и отсутствию охраны лесов. Ежегодно фиксируется незаконная вырубка пихты в качестве новогодней ёлки. В декабре 2016 г. в исследуемой роще было срублено 5 деревьев возрастом 25–35 лет, 22 – 35–45 лет, 5 – более 50 лет. Как уже отмечалось, после 15 лет у пихты проходит стадия формирования кроны [6], чем и объясняется возрастной интервал вырубленных деревьев. Максимальная высота уничтоженных пихт – 12 м. 85 % срубленных пихт произрастало в 25–30 м от дороги (рис. 1). Негативное влияние оказывает высокая рекреационная привлекательность хвойных лесов. Организация мест для кемпингов приводит к уничтожению нижних растительных ярусов, повышенной пожароопасности, захламлению территории мусором и активизации эрозионных процессов.

Нами было показано [3], что посадки пихты являются «ядрами» восстановления условнокорееннных хвойно-широколиственных геосистем острова Русский, которые формировались, как минимум, со среднего голоцена. К сожалению, планы развития острова предполагают практически полное сведение лесов на полуострове Саперный. Скорее всего, при реализации строительных проектов хвойные будут уничтожены или произойдет значительное ухудшение геоэкологических условий, что вызовет деградацию лесов.

На острове Шкота ландшафтная структура сформирована 16 морфологическими единицами ранга урочище. Вся территория острова относится к горному классу ландшафтов. Почти 82 % площади острова приходится на низкогорный подкласс, который преимущественно сформирован денудационными пологими (113,72 га) и средней крутизны (86 га) склонами на гранитах и гранитоидах, местами гранодиоритах. Вершинные и привершинные денудационные гребневидные и выположенные ландшафты занимают 2,5 % от площади острова и, главным образом, локализованы в пределах водораздела. В растительном и почвенном покрове доминируют высокосомкнутые полидоминантные широколиственные леса из граба, липы, ясеня, кленов на типичных буроземах. В лесных сообществах на коре деревьев в лишайниковом покрове преобладают виды с широкой экологической амплитудой (*Myelochroa aurulenta, Caloplaca flavorubescens, Parmelia saxatilis, Lecanora allophana* и др). На лишайниках присутствуют следы угнетения: обесцвечен верхний коровой слой, иногда лишайники полностью разрушены. Встречаются лишайники со следами воздействия пирогенного фактора. Вместе с тем встречаются редкие охраняемые виды (*Anzia colpodes, Pyxine sorediata, Parmotrema reticulatum*).

Важнейшей особенностью ландшафтной организации острова Шкота является экспозиционная дифференциация почвенного и растительного покровов. Высокосомкнутые широколиственные леса на буроземах типичных тяготеют к склонам северной и западной экспозиций, а разреженные и низкорослые широколиственные леса, кустарниковые и полукустарниковые сообщества на буроземах темных к склонам южной и восточной экспозиций. Данная закономерность прослеживается и на других островах залива Петра Великого. Она формируется за счет муссонных климатических условий: интенсивного воздействия юго-восточных ветров в вегетационный период и капельно-импульверизационного воздействия морских вод.

Остров Шкота в XX в. активно использовался для военных нужд. Здесь существовал наблюдательный пункт, артиллерийская батарея № 904 Владивостокского (Островного) сектора береговой обороны и военный городок. В настоящее время все объекты заброшены. В целом бывшие военные объекты занимают площадь 7,17 га и расположены в пределах вершинных и привершинных поверхностей, а также в центральной части

острова (рис. 2). Длительная антропогенная нагрузка привела к значительной трансформации ландшафтов. Наиболее сильно она отмечалась непосредственно в пределах самих объектов и дорожной сети.

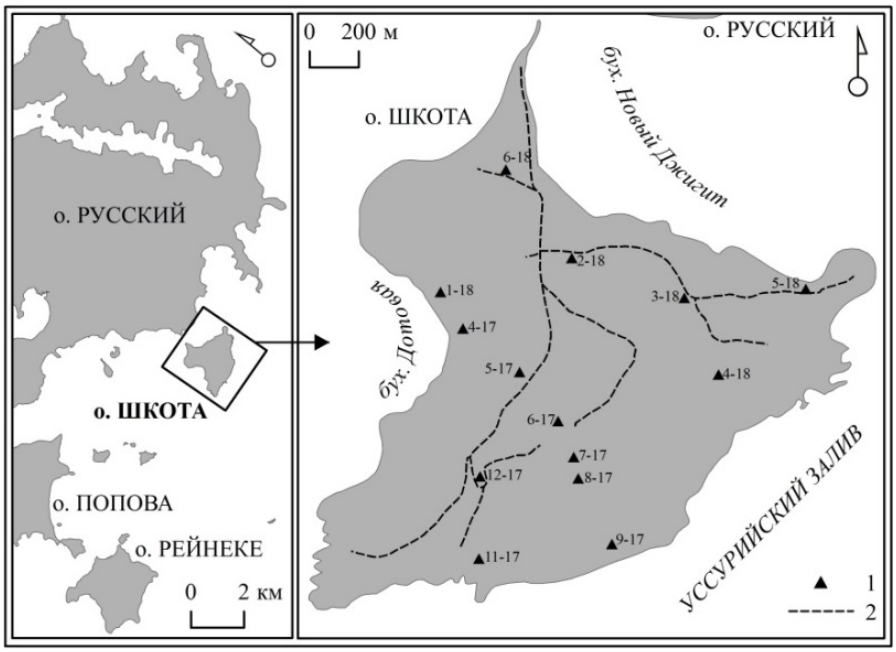


Рис. 2. Карта района исследования на острове Шкота. Условные обозначения: 1 – точки наблюдения, 2 – дороги грунтовые.

В настоящее время ведущим фактором антропогенного пресса на ландшафты острова Шкота является нерегламентированная рекреационная деятельность. Высокая посещаемость острова и организация мест для кемпингов увеличивает вероятность возникновения пожаров. Зафиксировано, что на острове Шкота естественное функционирование экосистем регулярно нарушается беглыми низовыми пожарами, о чем свидетельствует морфологическое строение почвенных профилей, как под лесными насаждениями (рис. 2, точка 6–17), так и под зарослями полыни Гмелина (рис. 2, точка 14–17). На острове Шкота, в отличие от примыкающей к нему южной оконечности острова Русский, воздействие пирогенного фактора характеризуется значительно меньшей интенсивностью благодаря более изолированному положению и отсутствию возможности добраться на остров автомобильным транспортом. Например, на острове Русский в почвенном профиле отмечается или полное отсутствие подстилки, или наличие лишь прогоревших остатков растительного опада в виде фрагментарных тонких прослоек углей, включений обгоревших веточек и угольков. Присутсвие угольков фиксируется также и в почвенной массе аккумулятивно-гумусовых горизонтов на глубину до 5–10 см в зависимости от интенсивности пройденного низового пожара. Травяно-кустарниковый ярус на таких участках полностью уничтожен, а стволы деревьев имеют следы интенсивного обгорания до высоты 1,5 м, что нередко приводит к их усыханию и гибели.

Интенсивное механическое воздействие на почвенный и растительный покровы происходит в районах расположение зона пляжного отдыха в бухте Дотовая. Малая мощность и сильная скелетность почв относит большую часть острова к эрозионно-опасной группе земель. Вытаптывание территории приводит к развитию активной плоскостной эрозии и уничтожению травяно-кустарниковых ярусов. В сезон ливневых осадков наблюдается активный плоскостной смыв подстилки на склонах, и частичное обнажение корневой системы подроста древесных пород.

Для выявления роли рекреационной деятельности на экологическую обстановку острова Шкота определено валовое содержание тяжелых металлов в почве. Результаты

лабораторных анализов показали, что содержание валовых форм тяжелых металлов в аккумулятивно-гумусовых горизонтах почв острова составляет незначительную часть от ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) и по ряду элементов локально превышают кларковые показатели по Приморскому краю (см. табл. 1).

Таблица 1

Содержание валовых форм тяжелых металлов в буроземах острова Шкота (мг/кг)

Разрез	4–17	5–17	6–17	7–17	8–17	9–17	11–17	12–17	ОДК
Горизонт	AY	AY	AYpir.	AY	AY	AY	AY	AYe	
Глубина отбора (см)	3–13(14)	3–9(12)	4–15	1,5–18	6–20	2–15	5–18	4–10(19)	
Cu	64,98±16,25	8,36±2,09	6,25±1,56	5,92±1,48	7,28±1,82	4,46±1,12	13,10±3,28	8,49±2,12	66
Zn	119,35±29,84	76,40±19,10	60,28±15,07	54,30±13,58	55,65±13,91	33,55±8,39	77,00±19,25	80,85±20,21	110
Pb	28,08±7,02	21,71±5,43	15,12±3,78	14,64±3,66	16,09±4,02	19,52±4,88	20,81±5,20	19,32±4,83	65
Cd	Менее порога определения								3
Ni	15,92±3,98	9,95±2,49	8,23±2,06	9,38±2,35	8,81±2,20	3,14±0,79	9,25±2,31	7,49±1,87	40
Mn	1691±423	861±215	689±172	525±131	719±180	428±107	838±210	1080±270	-

Исключение составляет гумусовый горизонт разреза 4–17. Так содержание меди в нем на порядок выше содержания в других разрезах и приближается к ОДК, а, учитывая погрешность анализа, может даже несколько превышать его. Содержание цинка в нем, даже без учета погрешности анализа (119,4 мг/кг) превышает ОДК. Для свинца, никеля, марганца также характерно повышенное содержание в разрезе 4–17 по сравнению с другими, но в отличие от цинка они не превышают ОДК. Содержание кадмия во всех рассматриваемых почвах менее порога определения.

Причиной повышенного содержания тяжелых металлов в точке 4–17 является ее близость (240 м) к основному месту расположения кемпинговой зоны в бухте Дотовая на острова Шкота (рис. 2). Постоянное разведение костров и сжигание древесины и бытового мусора (в первую очередь полиэтилена), приводит к перераспределению загрязняющих веществ на прилегающих территориях. Повышенное содержание цинка (195,4 мг/кг) зафиксировано ранее нами в аккумулятивно-гумусовом горизонте вблизи от базы отдыха Белый Лебедь в бухте Воевода на острове Русский, где также регулярно сжигают бытовой мусор. В естественных условиях основным источником цинка в почве являются материнские породы. При интенсивном антропогенном влиянии цинк попадает в почвенный покров с атмосферными осадками, пылью и аэрозолями. Цинк относится к наиболее подвижным и биологически доступным элементам на кислых минеральных почвах с легким гранулометрическим составом, что характерно для почв острова. По данным В. А. Алексеенко с соавторами [1] цинку наряду со свинцом принадлежит первостепенная роль в экологической опасности загрязнения почв городов.

Обращает на себя внимание отсутствие влияния заброшенных объектов военной инфраструктуры на содержание тяжелых металлов в почве. Точки 5–17, 6–17, 7–17, 12–17 расположены в непосредственной близости от дорог и бывшей артиллерийской батареи. Валовое содержание тяжелых металлов в почве на этих пунктах близки к показателям точек, расположенных на удалении от хозяйственных объектов, а в некоторых случаях меньше (см. табл.).

Заключение

Комплекс физико-географических и геоэкологических исследований на ключевом участке посадок пихты цельнолистной в юго-восточной части полуострова Сапер-

ный острова Русский показал, что здесь складывается благоприятная геоэкологическая обстановка для восстановления условнокоренных хвойно-широколиственных геосистем. Анализ почвенных образцов, дендрохронологическое изучение кернов пихты цельнолистной, разнообразие и жизненное состояние лишайников свидетельствует об отсутствие негативных природных и антропогенных воздействий, что обеспечивает успешное развитие хвойно-широколиственного леса. Однако повышение транспортной доступности острова после строительства моста в 2012 г., а также изъятие земель из ведения лесничества в 2012 г. привело к увеличению рекреационной нагрузки и отсутствию охраны лесов. Ежегодно фиксируется незаконная вырубка пихты в качестве новогодней ёлки. Негативное влияние оказывает высокая рекреационная привлекательность хвойных лесов. Организация мест для кемпингов приводит к уничтожению нижних растительных ярусов, повышенной пожароопасности, захламлению территории мусором и активизации эрозионных процессов.

На острове Шкота ведущим фактором антропогенного пресса на природные комплексы является нерегламентированная рекреационная деятельность. В результате на острове фиксируется прохождение регулярных пожаров в осенний и весенний периоды, механическая деградация растительного и почвенного покровов в местах расположений кемпинговых зон, загрязнение территории тяжелыми металлами из-за сжигания бытовых отходов. При этом лабораторные анализы показывают, что остатки сооружений военной инфраструктуры не оказывают влияние на валовые показатели тяжелых металлов.

В настоящее время разрабатываются различные программы развития островов залива Петра Великого. Наши исследования показывают, что рекреационное влияние на геосистемы, ярко выраженное в преобразовании растительного и почвенного покровов, имеет негативное влияние не только на устойчивое функционирование ландшафтов, но и на сохранение социально-экономического потенциала развития. Для формирования системы устойчивого природопользования необходимо проведение работ по ландшафтному планированию, направленных на формирование сбалансированной системы управления островными природно-хозяйственными системами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 18-77-00001).

Список литературы

1. *Алексеенко В. А., Рудский В. В., Алексеенко А. В.* Влияние размера населенных пунктов на загрязнение городских почв // География и природные ресурсы. 2016. № 3. С. 26–36.
2. *Ганзей К. С., Киселёва А. Г., Пшеничникова Н. Ф.* Ландшафты острова Русский (залив Петра Великого, Японское море): пространственная организация и особенности функционирования // Успехи совр. естествозн. 2016. № 6. С. 138–143.
3. Состояние посадок пихты цельнолистной и их значение в восстановлении хвойно-широколиственных геосистем острова Русский (залив Петра Великого, Японское море) / К. С. Ганзей, Н. Ф. Пшеничникова, М. С. Лящевская, А. Г. Киселёва, И. М. Родникова // Экологический риск : материалы IV всерос. науч. конф. Иркутск : Изд-во ИГ им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2017. С. 140–142.
4. Генеральный план Владивостокского городского округа. Положение о территориальном планировании. [б. и.], 2011. № 1. Т. 1. 83 с.
5. *Гладкова Г. А., Сибирина Л. А., Бутовец Г. Н.* Редкие растительные сообщества с калопанаксом семилопастным на острове Русский (южное Приморье) // Вестн. ДВО РАН. 2015. № 1. С. 34–44
6. *Гриднева Н. В.* Пихта цельнолистная (*Abies holophylla Maxim.)* в Приморском крае (ресурсная оценка и перспективы интродукции) : автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток, 2009. 20 с.
7. *Зонн С. В.* Особенности аллитного выветривания и почвообразования на островах Приморья и Дальнего Востока // Изучение и освоение природной среды. Наука, 1976. С. 125–137.
8. *Иванов Г. И.* Почвообразование на юге Дальнего Востока. Наука, 1976. 200 с.
9. *Колесников Б. П.* Растительность // Дальний Восток: Физико-географическая характеристика. Изд-во АН СССР, 1961. С. 182–245.
10. *Ляпина Е. Е.* Эколого-геохимическая оценка содержания ртути в биообъектах Томской области // Геохимия живого вещества: мат-лы Междунар. молодеж. шк.-семинара. Изд-во Том. политехн. ун-та, 2013. С. 149–153.

11. *Лящевская М. С.* Ландшафтно-климатические изменения на островах залива Петра Великого (Японское море) за последние 20000 лет // Успехи совр. естествозн, 2016. № 11, Ч. 2. С. 372–379.
12. Методические указания по определению тяжелых материалов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (утв. Минсельхозом РФ 10.03.1992). М., 1992. 62 с.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные. Приморский край. Гидрометеоиздат, 1988. Сер. 3. Вып. 26. 416 с.
14. *Недолужко В. А., Денисов Н. И.* Флора сосудистых растений острова Русский (залив Петра Великого в Японском море) // Тр. Ботан. садов ДВО РАН. Дальнаука, 2001. Т. 4. 98 с.
15. *Николаев В. А.* Проблемы регионального ландшафтоведения. Изд-во МГУ, 1979. 160 с.
16. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья / В. И. Преловский, А. М. Коротний, И. Ю. Пузанова, С. А. Саболдашев. Владивостокский филиал РТА, 1996. 150 с.
17. *Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф.* Специфика формирования буроземов на островах залива Петра Великого (юг Дальнего Востока) // Вестн. ДВО РАН, 2013. № 5. С. 87–96.
18. ФЦП: подпрограмма «Развитие города Владивостока как центра международного сотрудничества в Азиатско-Тихоокеанском регионе». URL: http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2013/261/?yover=2013 (дата обращения: 10.09.2014).
19. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И Герасимова. Ойкумена, 2004. 342 с.
20. Методы дендрохронологии. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : учеб.-метод. пособие / С. Г. Шиятов [и др.]. Красноярск : КрасГУ, 2000. Ч. 1. 80 с.
21. *Ganzei K. S.* Dynamics of land use (2007–2014) and future prospects for development of Russkii Island (Gulf of Peter the Great) // Geography and Natural Resources. 2016. Vol. 37, N 3. P. 257–263.

УДК 595.75

Мониторинговые исследования фауны полужесткокрылых насекомых (Insecta, Heteroptera) на посевах кормовых культур Алматинской области Казахстана как показатель воздействия различных систем защиты растений на окружающую среду

П. А. Есенбекова (esenbekova_periz@mail.ru)[1], И. И. Темрешев (temreshev76@mail.ru)[2], А. М. Кенжегалиев (arnur_1992@mail.ru)[2]

[1]РГП «Институт зоологии» КН МОН РК, г. Алматы;[2] Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева, г. Алматы.

Аннотация. В результате исследований для ТОО «Байсерке Агро» было отмечено 50 видов полужесткокрылых из 11 семейств, а для ОХ «Каскеленское» – только 25 видов из 8 семейств. На территории ТОО «Байсерке Агро» были найдены 3 вида полужесткокрылых – энтомофагов, занесенных в Красную книгу Алматинской области – *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758), *Arma custos* (Fabricius, 1794) и *Coranus subapterus* (De Geer, 1773). В ОХ «Каскеленское» они не были отмечены. Видовой состав клопов гораздо богаче на посевах ТОО «Байсерке Агро», где использовался бактериальный биопрепарат «АқКөбелек» на основе энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis*. В ОХ «Каскеленское» применялись химический пестицид Каратэ, 050 к. э.

Ключевые слова: полужесткокрылые насекомые, мониторинг, защиты растений, Алматинская область, Казахстан.

Полужесткокрылые насекомые как группа с богатым видовым составом занимают важное место в жизни биоценозов и агробиоценозов. В зависимости от специфического питания полужесткокрылые делятся на полезные и вредные виды. К полезным относятся хищные виды клопов, питающиеся разными насекомыми, их яйцами, личинками, а также другими мелкими беспозвоночными. К вредным относятся многочисленные растительноядные виды, которые в практике в некоторых случаях приносят ощутимый вред сельскому хозяйству. Поэтому их изучение представляет не только теоретический, но и практический интерес. Разнообразие видового состава вредных и полезных жесткокрылых может служить в частности показателем воздействия на окружаю-

щую среду, например, компонентов системы защиты растений – вида применяемых препаратов и т. п.

Материал и методы

Проводившийся регулярно в течение всего вегетационного периода и во время сбора урожая, с мая по октябрь 2015–2018 гг. включительно согласно существующим методикам, принятым в защите растений и энтомологии [1–3], фитосанитарный мониторинг кормовых культур в Алматинской области Казахстана позволил произвести сбор и учет вредных и полезных полужесткокрылых насекомых. По результатам проведенных работ были составлены списки клопов – энтомофагов и вредителей кормовых культур ТОО «Байсерке Агро» и ОХ «Каскеленское» [4–10].

Работа подготовлена в рамках выполнения проекта МСХ РК BR06249249. Разработка комплексной системы повышения продуктивности и улучшения племенных качеств сельскохозяйственных животных, на примере ТОО «Байсерке Агро» по подпроекту 2. «Совершенствование технологий возделывания и заготовки кормовых культур».

Результаты исследований

По результатам проведенных исследований на посевах кормовых культур были выявлены следующие виды полужесткокрылых-энтомофагов:

Семейство Nabidae – Клопы-охотники

Nabis brevis brevis Scholtz, 1847. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 2 экз.; 17.06.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 2 экз.; 28.05.2016. 3 экз.; 19.06.2016. 4 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 2 экз. На тритикале, зоофаг (широко многояден).

Nabis ferus (Linnaeus, 1758) – Охотник свирепый. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 3 экз.; 17.06.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 2 экз.; 03.10.2015. 3 экз.; 28.05.2016. 3 экз.; 19.06.2016. 4 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 4 экз. На сое, люцерне, кукурузе, тритикале, зоофаг (широко многоядный вид, питающийся мухами, тлями, цикадами, клопами и другими насекомыми); является одним из самых полезных видов полужесткокрылых в сельском хозяйстве [11–13].

Nabis palifer Seidenstucker, 1954. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз.; 26.08.2015. 2 экз.; 03.10.2015. 1 экз.; 28.05.2016. 2 экз.; 19.06.2016. 3 экз.; 12.07.2016. 2 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 1 экз. На сое, люцерне, кукурузе, тритикале, зоофаг (питается тлями, личинками цикадок и клопов-слепняков, другими насекомыми), обычен на посевах культурных растений [11–13].

Семейство Anthocoridae – Мелкие хищники

Orius horvathi (Reuter, 1884). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 5 экз.; 26.08.2015. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 3 экз.; 16.06.2017. 6 экз.; 05.08.2017. 5 экз. На сое, люцерне, кукурузе, тритикале. Хортобионт (на различных травянистых растениях: *Medicago, Trifolium* и др.); зоофаг (тли, листоблошки, трипсы, мелкие гусеницы бабочек, клещи и их яйца, яйцами вредной черепашки, хлебного клопа) [12; 13].

Orius niger (Wolff, 1811). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 3 экз.; 03.10.2015. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 5 экз.; 16.06.2017. 4 экз.; 05.08.2017. 5 экз. Соя, люцерна, кукуруза, тритикале. По преимуществу на травянистых растениях; зоофаг (различные насекомые, главным образом тли, трипсы, листоблошки, паутинные клещи и их личинки, яйца) [12; 13].

Anthocoris nemorum (Linnaeus, 1761). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 3 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 5 экз. Соя, люцерна, кукуруза, тритикале. Зоофаг (широ-

кий полифаг, питается тлями, клещами, червецами, трипсами, яйцами и гусеницами совок, яйцами Miridae) [12].

Семейство Reduviidae – Хищнецы

Coranus subapterus (De Geer, 1773). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз.; 03.10.2015. 1 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 2 экз. На люцерне. Эпигеобионт (под кустарниками, камнями; под растительными остатками; зоофаг (питается различными насекомыми, большей частью клопами семейств Lygaeidae, Pentatomidae, Rhopalidae, мокрицами и другими членистоногими, уничтожает большое количесвто вредных насекомых) [14].

Семейство Pentatomidae – Настоящие щитники

Arma custos (Fabricius, 1794). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 4.08.2017. 1 экз.; 16.05. 2018. 1 экз. На люцерне. Зоофаг, обитает на разных растениях, на которых охотится на различных насекомых. Занесен в Красную книгу Алматинской области [15].

Picromerus bidens (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 12.09.2015. 1 экз.; 26.07.2017. 1 экз.; 23.05.2018. 1 экз. На сое. Зоофаг, обитает на разных растениях, на которых охотится на различных насекомых [15].

Zicrona caerulea (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз.; 23.06.2016. 2 экз. На люцерне. Зоофаг (питается различными мелкими членистоногими, уничтожает личинок жуков – листоедов, гусениц совок и шелкопрядов). Занесен в Красную книгу Алматинской области [15].

Семейство Miridae – Слепняки

Deraeocoris ruber (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 26.08.2015. 2 экз.; 03.10.2015. 3 экз.; 28.05.2016. 3 экз.; 19.06.2016. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 4 экз. Соя, люцерна, кукуруза, тритикале. Зоофитофаг (тли и др. мелкие насекомые).

Deraeocoris lutescens (Schilling, 1830). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 28.05.2016. 2 экз.; 19.06.2016. 3 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 2 экз.; 23.05.2017. 1 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 2 экз. Соя, люцерна, кукуруза, тритикале. Зоофитофаг (тли и др. мелкие насекомые).

Deraeocoris punctulatus (Fallen, 1807). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 2 экз. На многих сельскохозяйственных культурах. Зоофитофаг (питается мелкими насекомыми: тлями, трипсами); этот вид является полезным хищником-энтомофагом, неспособным развиваться на чисто растительной диете, нуждается в животной пище, предпочитает питаться тлями [12; 13].

Deraeocoris serenus (Douglas & Scott, 1868). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2017. 1 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 23.07.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 2 экз. На многих сельскохозяйственных культурах. Зоофаг, питается мелкими насекомыми: тлями, трипсами и др. [12].

Из вредителей на посевах кормовых культур были выявлены следующие виды:

Семейство Pentatomidae – Настоящие щитники

Dolycoris baccarum (Linneaus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 4 экз.; 06.06.2015. 3 экз. +личинки; 11.07.2015. 6 экз.; 17.06.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 2 экз.; ТОО «Байсерке Агро».03.10.2015. 5 экз.; 28.05.2016. 3 экз.; 19.06.2016. 4 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 4 экз.; 01.09–29.09.2017. 3 экз. На люцерне. Эврихортобионт; полифитофаг (на растениях многих семейств, иногда сильно вредит).

Carpocoris fuscispinus (Boheman, 1851). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро».06.06.2015. 3 экз.; 17.06.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 5 экз.; 26.08.2015. 4 экз.; ТОО «Байсерке Агро».03.10.2015. 5 экз.; 28.05.2016. 2 экз.; 19.06.2016. 4 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 4 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 5 экз. Полифитофаг (на различных травянистых растениях).

Piezodorus lituratus (Fabricius, 1794). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 2 экз.; 23.05.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 5 экз.; 26.08.2015. 3 экз.; 19.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 3 экз. На люцерне. Хорто-тамно-дендробионт; широкий олигофитофаг (на различных бобовых).

Eurydema ornata (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 2 экз.; 17.06.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 4 экз.; 26.08.2015. 4 экз.; ТОО «Байсерке Агро».03.10.2015. 5 экз.; 28.05.2016. 3 экз.; 19.06.2016. 4 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 4 экз.; 16.06.2017. 5 экз.; 05.08.2017. 4 экз. Широкий олигофитофаг (на различных диких и культурных крестоцветных растениях).

Eurydema oleracea (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз.; 17.06.2015. 4 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 4 экз.; ТОО «Байсерке Агро».03.10.2015. 6 экз.; 28.05.2016. 3 экз.; 19.06.2016. 4 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 4 экз.; 05.08.2017. 6 экз. На люцерне и тритикале. Хортобионт; широкий олигофитофаг (на различных диких и культурных крестоцветных растениях).

Palomena prasina (Linnaeus, 1761). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз.; 23.05.2015. 2 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 3 экз.; 19.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 2 экз. На люцерне и тритикале. Поселяется на различных ягодных кустарниках (предпочитает малину) и в траве, иногда вредит посевам хлебных злаков.

Halyomorpha halys (Stål, 1855). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 20.08.2016. 1 экз.; 17.09.2016. 4 личинки II и III возраста; 01.09–29.09.2017. 5 экз. Соя, кукуруза и др. Полифитофаг (соя, кукуруза, томаты, груша, персик, черешня, хурма, виноград, перец и др.) [6].

Holcostethus strictus vernalis (Wolff, 1804**)**. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 2 экз. Соя, люцерна, тритикале. Полифитофаг (на сложноцветных, реже на бобовых, крестоцветных, зонтичных, злаковых и на растениях других семейств).

Aelia acuminata (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 18.05.2015. 2 экз.; 14.06.2015. 3 экз.; 25.07.2015. 3 экз.; 15.06.2016. 4 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 1 экз.; 13.06.2017. 2 экз.; 04.08.2017. 2 экз. Широкий олигофитофаг (на посевных злаковых травах и зерновых культурах.

Neottiglossa pusilla (Gmelin, 1790). Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 18.05.2015. 1 экз.; 14.06.2015. 2 экз.; 25.07.2015. 3 экз.; 15.06.2016. 2 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 1 экз.; 13.06.2017. 2 экз.; 04.08.2017. 3 экз. Полифитофаг (на злаковых: главным образом на *Poa*, реже на *Agrostis, Festuca, Stipa, Koeleria.*

Семейство Scutelleridae – Щитники-черепашки

Eurygaster integriceps Puton, 1881 – Вредная черепашка. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05. 2018. 2 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 14.06. 2018. 1 экз. Широкий олигофитофаг (на хлебных злаках, является опасным вредителем зерновых культур).

Eurygaster maura (Linnaeus, 1758) – Маврская черепашка. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05. 2018. Широкий олигофитофаг (на злаковых, зерновых культурах).

Семейство Rhopalidae – Булавники

Rhopalus subrufus (Gmelin, 1790). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз.; 23.05.2015. 2 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 3 экз.; 03.10.2015. 4 экз.; 19.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 3 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 25.07.2015. 2 экз.; 15.06.2016. 3 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 1 экз.; 04.08.2017. 4 экз. На люцерне. Полифитофаг (губоцветные, бобовые и на растениях других семейств).

Rhopalus parumpunctatus Schilling, 1829. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро».06.06.2015. 1 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 25.07.2015. 2 экз.; 15.06.2016. 3 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 1 экз.; 04.08.2017. 3 экз. Полифитофаг (на различных травянистых растениях: крестоцветных, губоцветных, гвоздичных и сложноцветных, считается второстепенным вредителем многолетних бобовых трав и зерно-бобовых) [16].

Stictopleurus punctatonervosus (Goeze, 1778). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 1 экз. Широкий олигофитофаг (на сложноцветных растениях) [16].

Brachycarenus tigrinus (Schilling, 1829). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 3 экз.; 23.05.2015. 2 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 5 экз.; 03.10.2015. 4 экз.; 19.06.2016. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 3 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».04.08.2017. 3 экз. Соя, люцерна, кукуруза, тритикале. Полифитофаг (на сложноцветных, крестоцветных, отмечен и на растениях других семейств, питается содержимым семян) [16].

Chorosoma schillingii (Schilling, 1829). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз. 23.06.2016. 2 экз.; 06.06.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 25.07.2015. 2 экз.; 15.06.2016. 3 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 3 экз.; 04.08.2017. 2 экз. На тритикале, люцерне. Хортобионт; широкий олигофитофаг (на злаковых). Вредитель злаковых трав [16].

Corizus hyoscyami hyoscyami (Linnaeus, 1758**)**. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 1 экз.; 06.06.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; 01.09.2017. 3 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 25.07.2015. 2 экз.; 15.06.2016. 3 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 1 экз.; 13.06.2017. 4 экз.; 04.08.2017. 4 экз. На люцерне и тритикале. Хортобионт; полифитофаг (травянистые растения; главные кормовые растения: *Hyoscyamus niger, Tabacum, Ononis spinosa, Erodium*, считается вредителем бобовых) [16; 17]. Широко распространенный, массовый вид.

Семейство Alydidae – Алидиды

Camptopus lateralis (Germar, 1817). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 5 экз.; 23.06.2016. 5 экз.; 01.09.2017. 6 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 25.07.2015. 2 экз.; 15.06.2016. 3 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 3 экз.; 04.08.2017. 4 экз. На люцерне. Широкий олигофитофаг (трофически связан с бобовыми: *Trifolium, Onobrychis, Lotus* и др., повреждает семенную люцерну). Взрослые встречаются с апреля по ноябрь, личинки – с мая по сентябрь [17].

Megalotomus junceus (Scolopi, 1763). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 5 экз.; 06.06.2015. 3 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 2 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 04.08.2017. 1 экз. На люцерне. Широкий олигофитофаг (живет на различных диких бобовых травах, вредитель бобовых трав и зернобобовых культур).

Alydus calcaratus (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское». 25.07.2015. 2 экз.; 15.06.2016. 1 экз.; 03.07.2016. 2 экз.; 22.05.2017. 3 экз.; 04.08.2017. 2 экз. Широкий олигофитофаг (на бобовых растениях, сосут бутоны, цветы и побегов) [17].

Семейство Coreidae – Краевики

Ceraleptus gracilicornis (Herrich-Schaffer, 1835). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 5 экз.; 23.06.2016. 2 экз. на люцерне. Широкий олигофитофаг (питается семенами бобовых) [18; 19].

Coriomeris denticulatus (Scopoli, 1763**)**. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 5 экз.; 23.06.2016. 2 экз. на люцерне. Широкий олигофитофаг (питается семенами бобовых) [18; 19].

Arenocoris waltlii (Herrich-Schaffer, 1835). Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».06.06.2015. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 04.08.2017. 1 экз. Полифитофаг (на *Erodium cicutarium, Thymus, Medicago* и других травянистых растениях [18; 19].

Bathysolen nubilus (Fallen, 1807). Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».06.06.2015. 1 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 04.08.2017. 2 экз. Полифитофаг (на *Thymus, Medicago* и других травянистых растениях) [18; 19].

Ulmicola spinipes (Fallen, 1807). Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».06.06.2015. 1 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 04.08.2017. 3 экз. Узкий олигофитофаг (на клеверах *Trifolium* и др. бобовых [17–19].

Семейство Lygaeidae – Наземники

Lygaeus equestris (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 5 экз.; 06.06.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».06.06.2015. 3 экз.; 23.06.2016. 5 экз.; 04.08.2017. 4 экз. На люцерне. Полифитофаг (опавшие семена многих растений и сок зеленых частей) [20].

Graptopeltus lynceus (Fabricius, 1775). Алматинская область, Илийский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.06.2016. 2 экз. Соя, люцерна, кукуруза, тритикале. Полифитофаг (сок прикорневых частей растений и опавшие семена) [20].

Beosus quadripunctatus (Muller, 1766). Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».06.06.2015. 1 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 04.08.2017. 2 экз. Полифитофаг (сок прикорневых частей растений и опавшие семена) [20].

Семейство Miridae – Слепняки

Adelphocoris lineolatus (Goeze, 1778). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 3 экз.; 23.05.2015. 5 экз.; 06.06.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 5 экз.; 05.09.2015. 2 экз.; 19.06.2016. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 3 экз. На люцерне. Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».06.06.2015. 3 экз.; 23.06.2016. 5 экз.; 04.08.2017. 4 экз. Полифитофаг (на сложноцветных, маревых и бобовых растениях, с большим предпочтением бобовых) (Самый массовый вредитель бобовых. При значительной заселенности полей этим видом наблюдается опадение генеративных органов до 75 %, что ведет к резкому снижению урожая семян люцерны [21; 22].

Brachycoleus decolor Reuter, 1887. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2015. 2 экз.; 03.10.2015. 4 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».

06.06.2015. 3 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 04.08.2017. 2 экз. Хортобионт (на различных травянистых растениях: люцерне, пшенице, кукурузе и др.); полифитофаг (питается генеративными органами растений) [21; 22].

Stenodema calcarata (Fallen, 1807). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 3 экз. Полифитофаг (на злаковых и осоковых). Потенциальный вредитель злаковых [21; 22].

Stenodema trispinosa Reuter, 1904. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро».05.09.2015. 4 экз.; 03.10.2015. 2 экз. Широкий олигофитофаг (на злаковых и осоковых) [21; 22].

Trigonotylus caelestialium (Kirkaldy, 1902). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро».03.10.2015; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 2 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 3 экз. 23.05. 2018. 12 экз. Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».04.08.2017. 2 экз. На тритикале. Вредитель злаковых.

Plagiognathus chrysantemi (Wolff, 1804). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 3 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 05.08.2017. 3 экз. Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».04.08.2017. 2 экз. На люцерне, вредитель бобовых [21; 22].

Lygus pratensis (Linnaeus, 1758). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 16.05.2015. 3 экз.; 23.05.2015. 5 экз.; 06.06.2015. 3 экз.; 11.07.2015. 3 экз.; 26.08.2015. 4 экз.; 05.09.2015. 2 экз.; 03.10.2015; 19.06.2016. 2 экз.; 23.06.2016. 2 экз.; 12.07.2016. 4 экз.; 23.05.2017. 2 экз.; 16.06.2017. 3 экз.; 01.09.2017. 2 экз.; 05.08.2017. 3 экз. Алматинская область, Карасайский район, с. Алмалыбак, ОХ «Каскеленское».06.06.2015. 3 экз.; 23.06.2016. 4 экз.; 04.08.2017. 3 экз. На люцерне, тритикале, сое и кукурузе, преобладет на люцерне, тритикале. Полифитофаг (вредит плодовым, зерновым, бобовым и огородным культурам) [21; 22].

Lygus gemellatus (Herrich-Schaeffer, 1835). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2018. 3 экз. На люцерне, ячмене. Полифитофаг; повсеместно вредит зерновым, бобовым культурам [21; 22].

Lygus rugulipennis Poppius, 1911. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2018. 7 экз. На люцерне, тритикале, ячмене. Полифитофаг; вредит зерновым, бобовым культурам [21; 22].

Polymerus cognatus (Fieber, 1858). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 23.05.2018. 7 экз. Полифитофаг (на бобовых, крестоцветных, сложноцветных, маревых). Вредит семенам и растениям – люцерны, картофеля, злаковым [21; 22].

Polymerus vulneratus (Panzer, 1806). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро». 11.07.2015. 4 экз.; 03.10.2015. 2 экз. на люцерне. Полифитофаг (бобовые, крестоцветные, маревые, полыни); повреждает многие сельскохозяйственные культуры и лекарственные растения [21; 22].

Polymerus brevicornis (Reuter, 1879). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро», 11.07.2015. 1 экз. Широкий олигофитофаг (на *Galium* и др.) [21; 22].

Globiceps flavomaculatus (Fabricius, 1794). Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро».01.09.2017. 2 экз.; 29.09.2017. 3 экз. 23.05.2018. 2 экз. Имаго и их личинки сосут сок травянистых растений, чаще всего семейства Бобовых (Fabaceae) [21; 22].

Heterotoma merioptera Scopoli, 1763. Алматинская область, Панфиловский район, ТОО «Байсерке Агро».01.09.2017. 1 экз.; 29.09.2017. 2 экз. Они предпочитают незрелые плоды, почки, соки и нектар различных растений [21; 22].

Таблица

Видовой состав полужесткокрылых ТОО «Байсерке Агро» и ОХ «Каскеленское»

Семейство	Виды ТОО «Байсерке Агро»	Кол.	Виды ОХ «Каскеленское»	Кол.
Anthocoridae	*Orius horvathi* (Reuter, 1884) *Orius niger* (Wolff, 1811) *Anthocoris nemorum* (Linnaeus, 1761)	3	-	
Nabidae	*Nabis brevis brevis* Scholtz, 1847 *Nabis ferus* (Linnaeus, 1758) *Nabis palifer* Seidenstucker, 1954	3	-	
Reduviidae	*Coranus subapterus* (De Geer, 1773	1	-	
Scutelleridae	*Eurygaster integriceps* Puton, 1881 *Eurygaster maura* (Linnaeus, 1758)	2	*Eurygaster integriceps* Puton, 1881	1
Pentatomidae	*Arma custos* (Fabricius, 1794) *Picromerus bidens* (Linnaeus, 1758) *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758) *Dolycoris baccarum* (Linneaus, 1758) *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794) *Eurydema ornata* (Linnaeus, 1758) *Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758) *Palomena prasina* (Linnaeus, 1761) *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) *Holcostethus strictus vernalis* (W., 1804)	10	*Dolycoris baccarum* (L., 1758) *Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758) *Eurydema ornata* (Linnaeus, 1758) *Aelia acuminata* (Linnaeus, 1758) *Neottiglossa pusilla* (Gmelin, 1790)	5
Miridae	*Deraeocoris ruber* (Linnaeus, 1758) *Deraeocoris lutescens* (Schilling, 1830) *Deraeocoris punctulatus* (Fallen, 1807) *Deraeocoris serenus* (Doug. &Scott, 1868) *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778) *Globiceps flavomaculatus* (Fabr., 1794) *Brachycoleus decolor* Reuter, 1887 *Stenodema calcarata* (Fallen, 1807) *Stenodema trispinosa* Reuter, 1904 *Trigonotylus caelestialium* (Kirk., 1902) *Plagiognathus chrysantemi* (Wolff, 1804) *Lygus gemellatus* (H.-S., 1835) *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758) *Lygus rugulipennis* Poppius, 1911 *Polymerus cognatus* (Fieber, 1858). *Polymerus vulneratus* (Panzer, 1806) *Polymerus brevicornis* (Reuter, 1879) *Heterotoma merioptera* Scopoli, 1763	15	*Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778) *Brachycoleus decolor* Reuter, 1887 *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758) *Plagiognathus chrysantemi* Wolff,1804) *Plagiognathus chrysantemi* (Wolff, 1804) *Trigonotylus caelestialium* (Kirk., 1902)	6

Окончание табл.

Семейство	Виды ТОО «Байсерке Агро»	Кол.	Виды ОХ «Каскеленское»	Кол.
Rhopalidae	*Rhopalus subrufus* (Gmelin, 1790) *Rhopalus parumpunctatus* Schill., 1829 *Stictopleurus punctatonervosus* (Gz.,1778) *Brachycarenus tigrinus* (Schilling, 1829) *Chorosoma schillingii* (Schilling, 1829) *Corizus hyoscyami* (Linnaeus,1758)	6	*Rhopalus subrufus* (Gmelin, 1790) *Rhopalus parumpunctatus* Sch., 1829 *Brachycarenus tigrinus* (Sch., 1829) *Chorosoma schillingii* (Sch., 1829) *Corizus hyoscyami* (L.,1758)	5
Alydidae	*Camptopus lateralis* (Germar, 1817) *Megalotomus junceus* (Scolopi, 1763)	2	*Camptopus lateralis* (Germar, 1817) *Alydus calcaratus* (Linnaeus, 1758)	2
Coreidae	*Ceraleptus gracilicornis* (H.-Sch., 1835) *Coriomeris denticulatus* (Scopoli, 1763)	2	*Arenocoris waltlii* (H.-Sch., 1835) *Bathysolen nubilus* (Fallen, 1807) *Ulmicola spinipes* (Fallen, 1807)	3
Lygaeidae	*Lygaeus equestris* (Linnaeus, 1758) *Graptopeltus lynceus* (Fabricius, 1775)	2	*Lygaeus equestris* (Linnaeus, 1758) *Beosus quadripunctatus*(Mull.,1766)	2
Pyrrhocoridae	*Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758)	1	*Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758)	1
11 семейств		50	8 семейств	25

Таким образом, в результате исследований для ТОО «Байсерке Агро» было отмечено 50 видов полужесткокрылых из 11 семейств, а для ОХ «Каскеленское» – только 25 видов из 8 семейств. На посевах кормовых культур на территории ТОО «Байсерке Агро» преобладают по количеству видов сем. Miridae – 18 видов, сем. Pentatomidae – 10 видов, сем. Scutelleridae – 2 вида, сем. Rhopalidae – 6 видов, Nabidae, Anthocoridae – по 3 вида, Lygaeidae, Alydidae, Coreidae – по 2 вида, Pyrrhocoridae, Reduviidae – по 1 виду. На территории ОХ «Каскеленское» из сем. Miridae – 6 видов, сем. Pentatomidae, Rhopalidae – по 5 видов, сем. Lygaeidae, Alydidae – по 2 вида, Coreidae – 3 вида, Scutelleridae – 1 вид, Pyrrhocoridae – 1 вид.

Интересным фактом является, что на территории ТОО «Байсерке Агро» были найдены 3 вида полужесткокрылых – энтомофагов, занесенных в Красную книгу Алматинской области – зикрона синяя *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758), *Arma custos* (Fabricius, 1794) и коранус короткокрылый *Coranus subapterus* (De Geer, 1773). В ОХ «Каскеленское» они не были отмечены.

Проведенные мониторинговые исследования фауны полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) на посевах кормовых культур Алматинской области (ТОО «Байсерке Агро» и ОХ «Каскеленское») можно рассматривать как показатель воздействия различных систем защиты растений на окружающую среду. Видовой состав клопов гораздо богаче на посевах ТОО «Байсерке Агро», где использовался бактериальный биопрепарат «АқКөбелек» на основе энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis*. В ОХ «Каскеленское» применялись химический пестицид Каратэ, 050 к. э. При этом в ОХ «Каскеленское» среди полужесткокрылых преобладают вредные виды. Кажущееся противоречие, основанное на том, что химический пестицид должен быть эффективнее биологического, имеет следующие объяснения. Во-первых, при обработке биопрепаратом не страдает полезная арахноэнтомофауна в целом, т. е. энтомофаги могут более эффективно регулировать численность вредителей. Во-вторых, инсектицид Каратэ, 050 к. э. является препаратом из класса синтетических пиретроидов. Известно, что их дли-

тельное применение вызывает у насекомых приобретенную резистентность (групповую и перекрестную). Каратэ, 050 к. э. зарегистрирован к применению на территории Казахстана уже довольно давно, и многие вредные насекомые могли за это время выработать к нему устойчивость. В-третьих, уже давно известно, что при регулярных химических обработках в агроценозах возрастает численность вредных видов и снижается численность полезных и нейтральных, при этом сильно падает биоразнообразие экосистемы в целом. Сравнение фаун полужесткокрылых в двух хозяйствах с разными системами защиты растений, проведенное нами, наглядно это подтверждает.

Список литературы

1. *Палий В. Ф.* Методика изучения фауны и фенологии насекомых. Воронеж, 1970. 192 с.
2. *Фасулати К. К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных. М., 1971. 424 с.
3. *Кержнер И. М., Ячевский Т. Л.* 19. Отряд Hemiptera – Полужесткокрылые, или клопы // Определитель насекомых европейской части СССР. В 5 т. Т. 1. М. ; Л., 1964. С. 655–845.
4. *Есенбекова П. А., Темрешев И. И., Кенжегалиев А. М.* Полужесткокрылые (Insecta, Heteroptera), собранные на посевах кормовых и технических культур ТОО «Байсерке Агро» // Материалы межждунар. науч. конф. «Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений», 24–25 сент. 2015 г. Алматы, 2015. С. 109–113.
5. *Есенбекова П. А., Темрешев И. И.* Дополнение к фауне полужесткокрылых (Insecta, Heteroptera) на полях кормовых культур Алматинской области // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Зоопарки Казахстана, перспективы и пути развития». 3–4 ноября. Алматы, 2016. С. 125–129.
6. *Есенбекова П. А. Halyomorpha halys* (Stal, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) – новый вид для фауны полужесткокрылых Казахстана // Евразиат. энтом. журн. № 16 (1). С. 23–24.
7. Краткий атлас-определитель насекомых-вредителей кормовых культур Юго-Востока Казахстана / Темрешев И. И., Есенбекова П. А., Мухамадиев Н. С., Сарсенбаева Г. Б. ; под ред. А. О. Сагитова. Алматы : Таугуль-Принт, 2017. 117 с.
8. Краткий атлас-определитель пауков и насекомых – энтомофагов вредителей кормовых культур на юго-востоке Казахстана / Темрешев И. И., Есенбекова П. А., Мухамадиев Н. С., Сарсенбаева Г. Б. ; под ред. А. О. Сагитова. Алматы : Таугуль-Принт, 2017. 108 с.
9. *Есенбекова П. А., Темрешев И. И., Алишеров Ж.* Полужесткокрылые (Insecta, Heteroptera), собранные на посевах кормовых и технических культур в ОХ «Каскеленское» // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. к 10-летию ГНПП «Көлсай көлдері». Саты, 23–24.10.2017. С. 134–139.
10. True bugs (Hemiptera, Heteroptera) on soybean crops in the Almaty region of Kazakhstan – pests and entomophages / Esenbekova P. A., Temreshev I. I., Sagitov A. O., Ageenko A. V. // 58th Scientific Session of the Institute of Plant Protection. National Research Institute, was held in Opalenica on 6–8th February, 2018. Poznan, 2018. P. 109.
11. *Кержнер И. М.* Полужесткокрылые семейства Nabidae // Фауна СССР. Насекомые хоботные. Л. : Наука, 1981. Т. 13, вып. 2. 327 с.
12. *Асанова Р. Б., Искаков Б. В.* Вредные и полезные полужесткокрылые (Heteroptera) Казахстана. Определитель. Алма-Ата : Кайнар, 1977. 203 с.
13. *Есенбекова П. А.* Полужесткокрылые (Heteroptera) Казахстана. Алматы, 2013. 349 с.
14. *Пучков В. Г.* Полужесткокрылые. Хищнецы // Фауна Украины. Киев, 1987. Т. 21. 248 с.
15. *Темрешев И. И., Есенбекова П. А.* Насекомые, включенные в Красную книгу Республики Казахстан и Красную книгу Алматинской области, встречающиеся на посевах кормовых и технических культур ТОО «Байсерке Агро» // Материалы Междунар. науч. конф. «Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений», 24–25 сентября 2015 г., Алматы, Республика Казахстан. 2015. С. 216–222.
16. *Пучков В. Г.* Полужесткокрылые семейства Rhopalidae фауны СССР. Л.,1986. 132 с.
17. *Пучков В. Г.* Вредители люцерны и борьба с ними. Воронеж, 1950. 28 с.
18. *Пучков В. Г.* Крайовики // Фауна України. Київ, 1962. Т. 21. Вип. 2. 163 с.
19. *Чернова Г. П.* Полужесткокрылые (Heteroptera) семейств Coriedae, Alydidae и Stenocephalidae фаун СССР и сопредельных стран : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1979. 20 с.
20. *Пучков В. Г.* Лігеїди // Фауна України. Киев, 1969. Т. 21. Вып. 3. 388 с.
21. *Пучков В. Г.* Главнейшие клопы-слепняки – вредители сельскохозяйственных культур. Киев : Наукова думка, 1966. 171 с.
22. *Асанова Р. Б., Чилдибаев Д. Б.* Вредные и полезные полужесткокрылые (Heteroptera) Южного и Западного Казахстана // Вестн. с.-х. науки Казахстана. 1976. Вып. 5. С. 43–46.

УДК 639.1.05(470.4)

Современное состояние охотничьего хозяйства на территории Приволжского федерального округа

Н. Г. Караганова (amazonka1@rambler.ru),
Е. Н. Житова (obakova_80@mail.ru)

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Аннотация. Проведен анализ современного состояния охотничьего хозяйства на территории Приволжского федерального округа по общехозяйственным, фаунистическим, экономическим, юридическим показателям в динамическом и территориальном аспекте на фоне состояния охотничьего хозяйства Российской Федерации, выявлены факторы, влияющие на эффективность ведения охотничьего хозяйства на территории субъектов округа, охарактеризованы основные проблемы отрасли и предложены пути их решения.

Ключевые слова: охота, охотничье хозяйство, охотничьи угодья, экономическая эффективность охотхозяйственной деятельности, Приволжский федеральный округ.

Введение

Охота является одним из основных видов пользования животным миром и имеет экономическое, экологическое, культурно-оздоровительное значение. Она обеспечивает потребности граждан и общества в ценных пищевых продуктах, промышленном и лекарственном сырье, в культурном, здоровом отдыхе. Рациональное, научно обоснованное осуществление охоты, а также меры охраны охотничьих видов животных и среды их обитания, воспроизводство запасов этих животных обеспечиваются ведением охотничьего хозяйства в охотничьих угодьях.

В настоящее время понятия «заниматься охотой» и «заниматься охотничьим хозяйством» совершенно не тождественны. Необходимо установить приоритеты, где охотничье хозяйство должно играть главенствующую роль. Согласно ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» под охотничьем хозяйством понимается «сфера деятельности по сохранению и использованию охотничьих ресурсов и среды их обитания, по созданию охотничьей инфраструктуры, оказанию услуг в данной сфере, а также по закупке, производству и продаже продукции охоты» [10].

Охотничье хозяйство России обладает всеми необходимыми признаками отрасли производства (рис. 1).



Рис. 1. Признаки охотничьего хозяйства как отрасли производства [1]

В России в охотничьем хозяйстве и деятельности, связанной с ним, занято около 80 тыс. чел. По времени действия охотхозяйственная деятельность подразделяется на постоянную (профессиональную), временную (сезонную) и эпизодическую.

Основным условием ведения и развития охотничьего хозяйства является наличие охотничьих угодий и их качество. Согласно ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», под охотничьими угодьями подразумеваются территории, в границах которых допускается осуществление видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства.

Охотничьи угодья в стране занимают площадь около 1,5 млрд. га. К закрепленным угодьям относятся в среднем 54 % площади. Они предоставлены в пользование 4450 юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, которые осуществляют деятельность в 6050 охотничьих угодьях. В отношении их заключены охотхозяйственные соглашения или выданы долгосрочные лицензии на пользование животным миром. Общедоступные охотничьи угодья составляют 46 % охотничьих угодий в России и являются государственным резервным фондом охотничьих угодий [2].

Под термином «охотничьи ресурсы» подразумеваются объекты животного мира, которые используются или могут быть использованы в целях охоты [10]. К охотничьим ресурсам в России отнесены 80 видов млекопитающих, подразделяющихся на диких копытных животных (лось, косули, кабан, дикий северный олень, благородный олень, снежный баран, туры, сибирский козерог и др.), пушных и хищных (соболь, зайцы, лисица и др.) и 148 видов птиц (утки, гуси, лысуха, глухарь, тетерев, рябчик, белая и тундряная куропатки, вальдшнеп). Основными объектами охоты в настоящее время являются 50 видов животных [2]. На территории закрепленных охотничьих хозяйств сосредоточено большая часть общей численности учтенных охотничьих животных указанных видов.

Современное охотничье хозяйство развивается по двум основным формам – производственной и спортивной, которые и должны стать доминирующими формами хозяйствования (табл. 1).

Таблица 1

Формы развития охотничьего хозяйства (составлено авторами по [7])

Аспект	Производственное (промхоз)	Спортивное
Основная задача	Заготовка пушнины, мяса, шкур и другой товарной продукции.	Удовлетворение спортивных и культурно-эстетических потребностей людей в процессе их общения с природой при добыче диких животных
Объект охоты	Ценные виды пушных зверей и высокопродуктивные мясные звери	Птица, дикие животные
Способы добычи	Самолов	Ружья
Реализация	Через торговую сеть внутри страны и за ее пределами.	Для собственного потребления
Окупаемость и занятость	Рентабельны, штат постоянных охотников-промысловиков, при необходимости привлекают на сезонные работы временных охотников (отходников)	Самоокупаемость, дотации, получаемые за счет средств самих охотников. Для охоты используют дни отдыха
География создания	В богатых охотничьей фауной районах	В крупных населенных пунктах с достаточным количеством охотников

Основной целью организации охотничьего хозяйства является определение положения охотпользования в общей системе хозяйства проектируемой территории, а также выбор формы собственности и его организационной структуры.

Приволжский федеральный округ (далее – ПФО) обладает большими запасами охотничьих ресурсов и, благодаря разнообразным географическим и природно-климатическим факторам, данная отрасль, при соответствующих условиях, может по-

лучить широкое развитие. Поэтому изучение современного состояние охотничьего хозяйства ПФО является актуальным.

Методика и материалы исследования

Анализ современного состояния охотничьего хозяйства ПФО проводился при помощи следующей последовательности работ с применением системы статистико-математических и картографических методов.

На первом этапе выполнялся сбор и обработка материалов. В качестве территориальных единиц выбраны субъекты ПФО. Исходные данные для оценки современного состояния охотничьего хозяйства предоставлены сайтом Федеральной службы государственной статистики (Росстат). Для осуществления оценки сформированы базы данных по основным показателям, характеризующим современное состояние охотничьего хозяйства округа (рис. 2) [1]. Прогнозная оценка по отмеченным выше показателям проводилась при помощи расчета темпов роста и прироста.

На втором этапе рассмотрено современное состояние охотничьего хозяйства на территории ПФО и рассчитаны показатели в динамическом аспекте.

На третьем этапе дан территориальный анализ современного состояния охотничьего хозяйства на территории ПФО с выявлением основных проблем. Территориальный анализ проведен по таким параметрам, как эффективность охотхозяйственной деятельности, выручка от реализации продукции охоты и оказанных услуг (млн руб. на 10 охотхозяйств и тыс. руб. на 1000 га закрепленных охотугодий).



Рис. 2. Абсолютные и относительные показатели, характеризующие охотничье хозяйство

Результаты и обсуждения

Одним из основных *общехозяйственных показателей* развития охотничьего хозяйства является рост или снижение количества охотпользователей (рис. 3). Динамика данного показателя указывает на несомненный рост показателя и интереса, проявляемого к охоте. Бесспорным лидером является Пермский край (165 охотпользователей на 2016 г.).

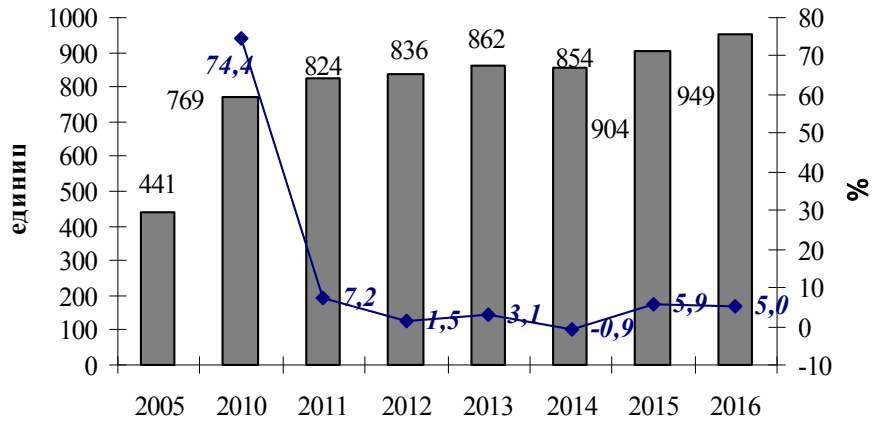


Рис. 3. Динамика охотпользователей в ПФО

По доле общей площади охотугодий (92,7 %) ПФО занимает 2 место после Дальневосточного федерального округа. По доле закрепленных охотничьих угодий округ также стоит на втором месте (65,9 %), но после Центрального федерального округа. В 2016 г. четко выделяются два региона, где доля площади закрепленных охотугодий в общей площади субъекта составляет свыше 70 % – это Кировская и Нижегородская области. Лидерами по доле закрепленных охотничьих угодий в абсолютных показателях являются Кировская область, Пермский край и Республика Башкортостан (на три субъекта приходится 44 % всех закрепленных угодий ПФО).

В общей площади субъектов ПФО внушительная доля принадлежит общедоступным охотничьим угодьям (рис. 4), особенно в Оренбургской и Саратовской областях, что указывает на слабый процесс заключения охотхозяйственных соглашений с новыми охотпользователями.

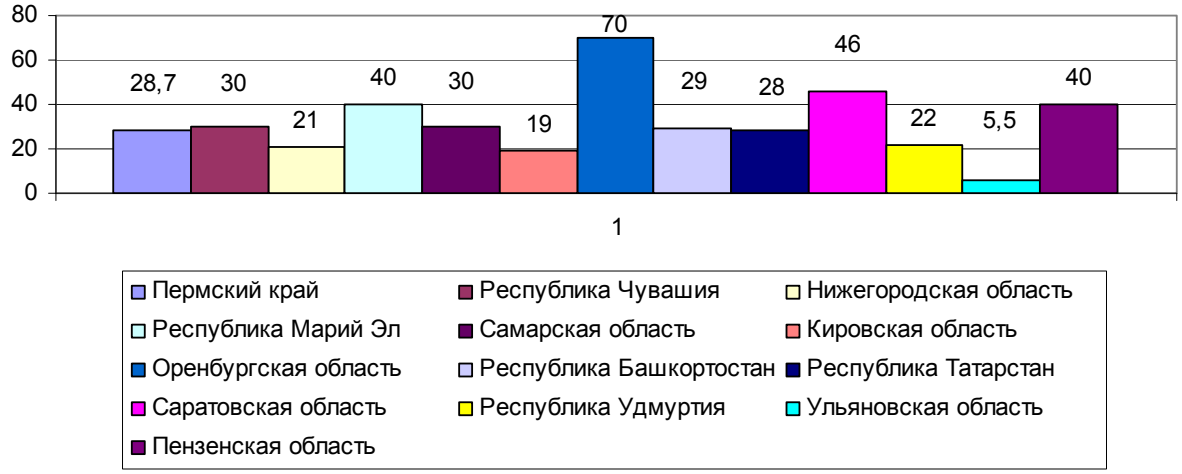


Рис. 4. Доля общедоступных охотничьих угодий в общей площади субъектов ПФО (в %)

К сожалению, до 2015 г. снижалась численность работников, занятых в охотничьем хозяйстве ПФО (рис. 5), что позволило отрасли лишиться настоящих профессионалов своего дела. Даже регион-лидер по показателю численности занятых в охотничьем хозяйстве – Пермский край – за последние годы потерял свыше 100 работающих в отрасли. Подобная ситуация или относительная стабилизация показателя наблюдается и в остальных субъектах округа. Средняя численность работников в 2016 г. составила 4305 человек, свыше 54 % из которых приходилось на штатных егерей.

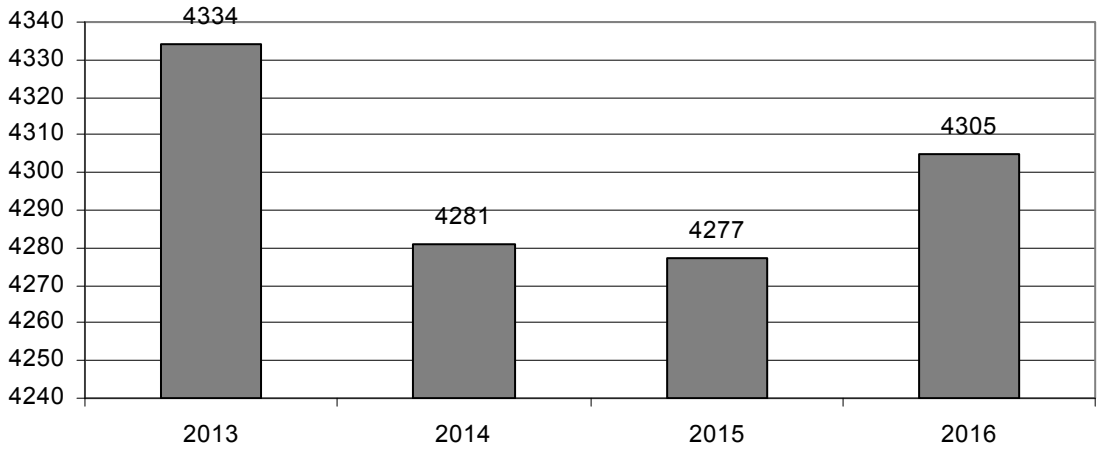


Рис. 5. Средняя численность работников, занятых в охотничьем хозяйстве ПФО (чел).

По *фаунистическим показателям* серьезной проблемой для сохранения охотничьих ресурсов в ПФО остается браконьерство. В 2016 г. незаконной добычи подверглись 734 особи, 77 % из которых пришлось на копытных животных. По незаконной добыче животных ПФО стоит на третьем месте после Сибирского и Уральского федеральных округов. К сожалению, даже эти выявленные факты не отражают реальной ситуации с объёмами браконьерства в регионах.

Значительное воздействие на качественные и количественные показатели охотничьих ресурсов оказывает эколого-эпизоотическая ситуация и, как показывает статистика, ситуация остается напряженной. В 2016 г. на территории ПФО приходилось почти 22 % вспышек заболеваний. В Саратовской области и Республика Чувашия зафиксированы вспышки заболеваний африканской чумы свиней в природной среде. Наиболее сложными в эпизоотологическом отношении по бешенству в 2016 г. являются Центральный и Приволжский федеральные округа. При общем снижении зарегистрированных случаев заболеваний бешенством животных по Российской Федерации, наибольшее количество заболевших животных отмечено в ПФО, в частности, в Республике Удмуртия [2].

По *экономическим показателям* наблюдается рост затрат охотпользователей на введение охотничьего хозяйства в ПФО (рис. 6). Темпы роста за последние 11 лет составили почти 670 % с наибольшим периодом роста в 2005–2010 гг. (свыше 320 %).

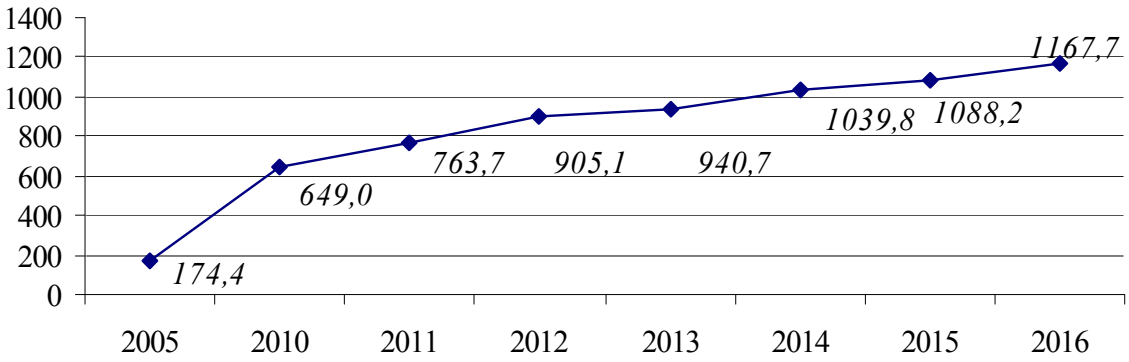


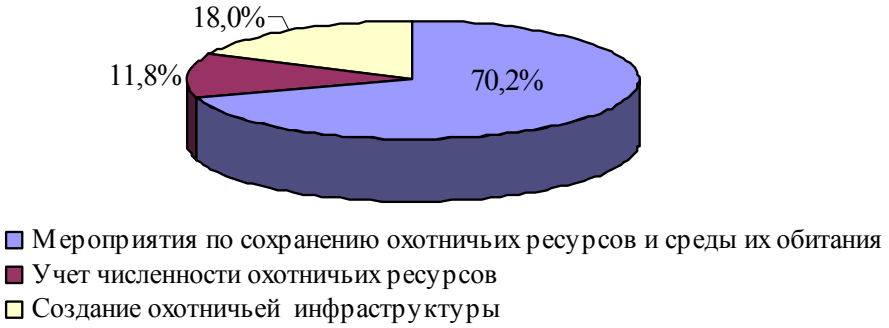
Рис. 6. Общие затраты охотпользователей на ведение охотничьего хозяйства в ПФО (млн руб.)

В общих затратах охотпользователей на ведение охотничьего хозяйства по источникам финансирования свыше 73 % занимают собственные средства охотпользователей и только около 1 % составляют средства федерального бюджета, что, несомненно, негативно отражается на развитии отрасли. В структуре затрат наибольшая доля затрат приходится на затраты на оплату труда (40 %), расходы на приобретение сырья, мате-

риалов для производства и продажи продукции (оказания услуг), отчисления во внебюджетные социальные фонды (совместно свыше 25 %).

В профильных затратах охотхозяйственной деятельности в 2016 г. существенно увеличилась доля затрат на создание охотничьей инфраструктуры и одновременно снизились затраты на мероприятия по сохранению охотничьих ресурсов и среды их обитания и затраты на учет численности охотничьих ресурсов (рис. 7). В 2016 г. наибольшее количество затрат было направлено на биотехнические мероприятия (подкормка для охотничьих ресурсов и улучшение кормовых условий среды их обитания, расселение охотничьих ресурсов).

А



Б

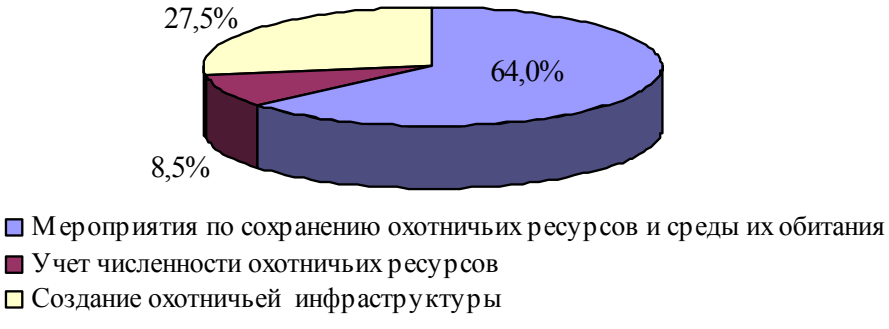


Рис. 7. Динамика профильных затрат охотхозяйственной деятельности в ПФО за 2015 г. (А) и 2016 г. (Б)

Из общей выручки охотпользователей от реализации продукции и услуг по итогам 2016 г. 98 % приходится на любительскую и спортивную охоту (рис. 8) с лучшим результатом в Кировской области (77554,5 тыс. руб.). Лидером в промысловой охоте является Саратовская область (промысел пернатой дичи), где выручка в 2016 г. составила свыше 174 тыс. руб.

По *юридическим показателям*, в частности отношения фактической добычи охотничьих животных к установленным лимитам их добычи, в 2016 г. ни в одном субъекте ПФО нарушено не было. По уровню (коэффициенту) выявленных правонарушений в сфере охоты (рис. 9) лидерство на протяжении нескольких лет принадлежит Нижегородской области (в 2016 г. 129,3 нарушения на 100 тыс. жителей в возрасте административной ответственности). Для сравнения, Пензенская и Самарская области сопоставимы с Нижегородской областью по площади охотничий угодий из расчета на 1 инспектора, но показатели по выявленным нарушениям сильно отличаются. Наиболее высокий уровень отмечен также в Республиках Мордовия и Удмуртия [4; 6; 8].

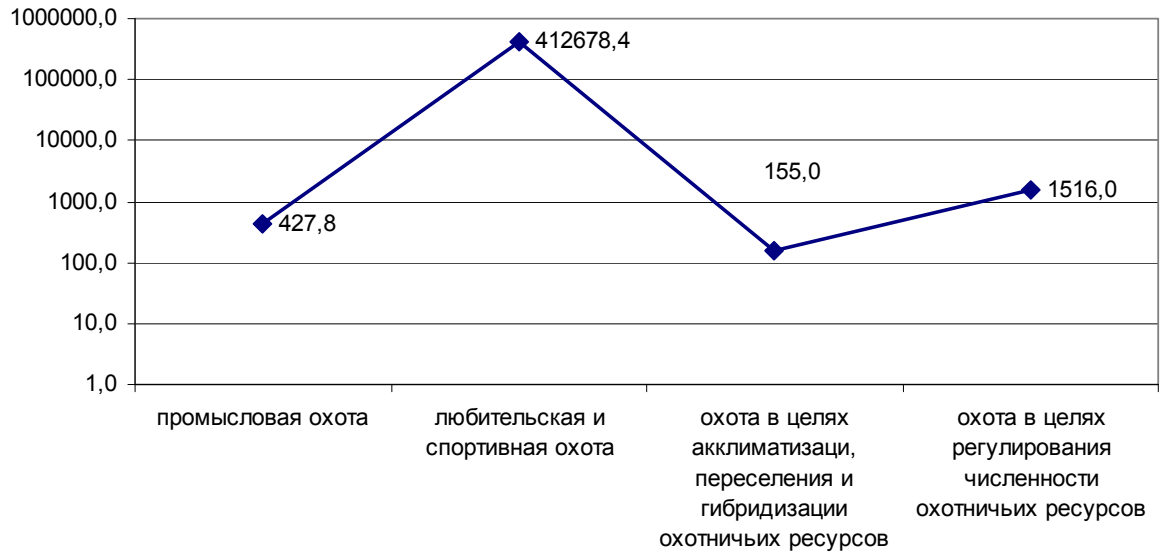


Рис. 8. Выручка охотпользователей от реализации продукции охоты и оказанных услуг за 2016 г. (тыс. руб.)

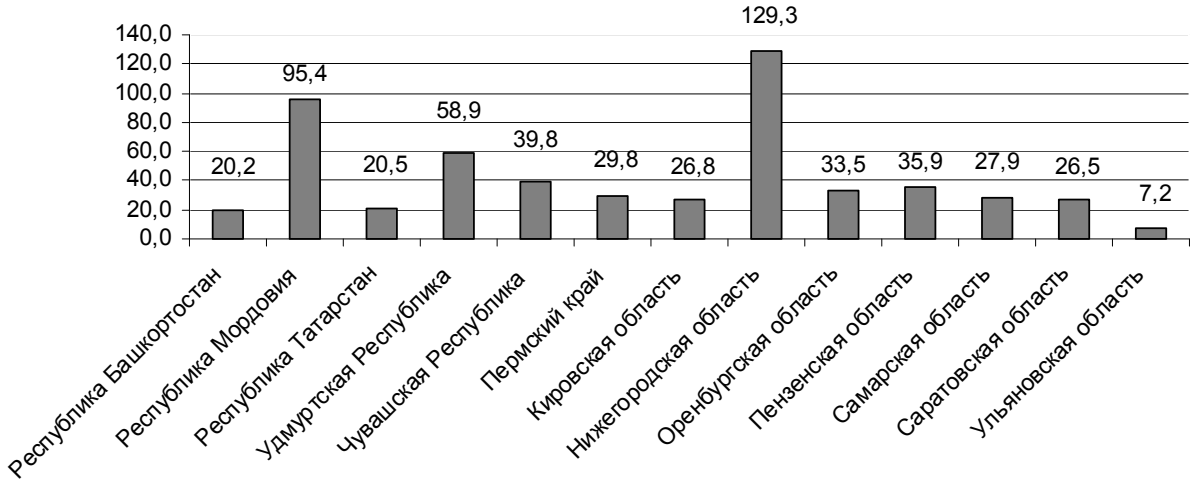


Рис. 9. Уровень (коэффициент) выявленных правонарушений в сфере охоты в субъектах ПФО в 2016 г. (число правонарушений на 100 тыс. жителей в возрасте административной ответственности (16 лет и старше))

Современные территориальные различия показателей экономической эффективности охотхозяйственной деятельности и выручки от реализации продукции охоты и оказанных услуг в ПФО в 2016 г. (рис. 10) отражают территориальную и количественную дифференциацию. В целом по всем субъектам Приволжского федерального округа охотхозяйственная деятельность неэффективна. Повсеместно затраты на ее ведения превышают выручку от реализации продукции охоты и оказанных услуг. Основным доходом охотхозяйств является продажа путевок на охоту на птицу и зверя, добыча которых не лимитирована. В общедоступных охотничьих угодьях на утку, зайца, лису и т. д. можно охотиться бесплатно, имея только охотничий билет. На закрепленных территориях необходима еще и путевка, т. е. договор с хозяйством на оказание услуг по организации охоты. Самые «высокие» показатели, приближающиеся к единице, т. е. равенству расходов и доходов, отмечены в Республике Башкортостан и Республике Удмуртия.

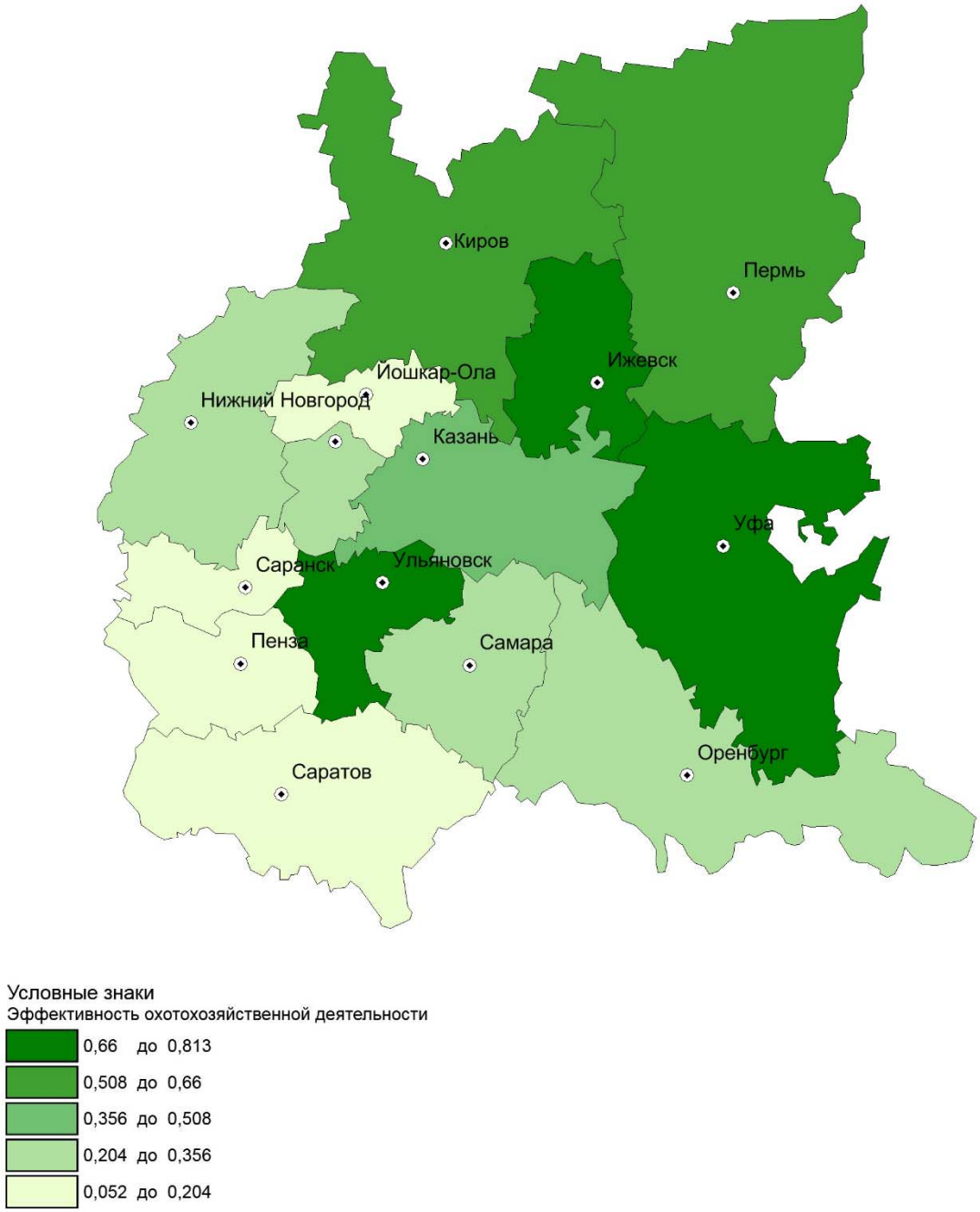


Рис. 10. Экономическая эффективность охотхозяйственной деятельности в ПФО в 2016 г. (руб./на 1 руб.)

Несмотря на то что общая экономическая эффективность охотхозяйственной деятельности в Республике Башкортостан самая значительная из всех субъектов (0,81), выручка от реализации продукции охоты и оказанных услуг в данном субъекте находится только на четвертом месте по показателю от охотхозяйств и на восьмом месте по показателю закрепленных охотугодий.

Тем не менее, охота в Республике Башкортостан вызывает живейший интерес. В 2016 г. Министерством экологии Республики Башкортостан выдано 3640 охотничьих билетов, а на конец 2016 г. в республике насчитывается 62 300 охотников, получивших охотничьи билеты единого федерального образца. Отношение фактической добычи охотничьих животных к установленным лимитам их добычи не превышено. В тоже

время, необходимо отметить, что в 2016 г. 100 % всех зарегистрированных экологических преступлений в Республике связано именно с незаконной охотой [5].

Выручка от реализации продукции охоты и оказанных услуг в Республике Удмуртия находится на лидирующих позициях как по показателю от охотхозяйств (почти 12 млн руб. на 10 охотхозяйств при среднем показателе по ПФО – 4,4 млн руб.), так и по показателю закрепленных охотугодий (свыше 16 тыс. руб. на 1000 га закрепленных охотугодий при среднем показателе по ПФО – 6,9 тыс. руб.). Притом, по общим затратам охотпользователей на ведение охотничьего хозяйства по источникам финансирования, Республика Удмуртия занимает седьмое место по членским взносам (в республике приблизительно 31 тыс. охотников, в 2016 г. выдано 1717 охотничьих билетов) и двенадцатое место по источнику «собственные средства охотпользователей» (наравне с Республикой Марий Эл, где одни из самых низких показателей экономической эффективности). Финансирование из федерального бюджета в Республике Удмуртия отсутствует. В Удмуртии один из самых высоких показателей выручки от охоты в целях регулирования численности охотничьих ресурсов – 244,4 тыс. руб. в 2016 г. По данным Удмуртского республиканского союза обществ охотников и рыболовов, в докризисный период прибыль с одного хозяйства в пределах 100–500 тыс. рублей, в настоящее время практически все охотхозяйства УРСООиР работают в ноль. Рассчитанная экологическая емкость значительно превышает фактическую численность охотничьих ресурсов на территории Республики Удмуртия, за исключением лося, фактическая численность которого составляет 127,3 % по отношению к хозяйственно-целесообразной численности. По остальным охотничьим ресурсам ситуация как раз наоборот, особенно интенсивно данная зависимость проявляется в отношении таких видов охотничьих ресурсов, как заяц-беляк, заяц-русак, глухарь обыкновенный [8].

В группу лидеров по эффективности охотхозяйственной деятельности входит Ульяновская область. Выручка от реализации продукции охоты и оказанных услуг в данном субъекте находится на третьем месте по показателю от охотхозяйств (7 млн руб. на 10 охотхозяйств при среднем показателе по ПФО – 4,4 млн руб.) и на пятом месте по показателю закрепленных охотугодий (свыше 7,8 тыс. руб. на 1000 га закрепленных охотугодий при среднем показателе по ПФО – 6,9 тыс. руб.). В 2016 г. выдано 23261 бланк разрешений на добычу охотничьих ресурсов и 1832 охотничьих билета. В области небольшой показатель выявленных правонарушений, но один из самых высоких показателей противодействия нарушениям в области охраны охотничьих угодий. В 2016 г. проведено 135 рейдовых выездов, составлено 76 протоколов об административном правонарушении, по которым привлечено к административной ответственности 75 физических лиц. Наложено штрафов на сумму 76,7 тыс. руб., 58 % из которых взыскано [3].

Таким образом, охотничье хозяйство в ПФО, как и в целом по Российской Федерации, характеризуется высокой степенью экстенсивности, инерционностью развития, консерватизмом используемых методов работы и неравномерностью использования охотничьих животных. И это при огромном потенциале развития с одной стороны и, к сожалению, полной дезорганизации и низкой деловой активности с другой стороны. Тем не менее, наблюдается неослабевающий интерес к данному виду деятельности, о чем говорит показатели выдачи разрешений на охоту, охотничьих билетов и общая численность охотников по субъектам.

Выводы

Решение проблем в современном охотничьем хозяйстве ПФО (разработка схем размещения, использования и охраны охотничьих угодий – территориального охотустройства; усиление процесса заключения охотсоглашений; повышение статуса Общества охотников и рыболовов и отражение его роли в базовых законах; определение правового статуса общедоступных охотничьих угодий; укрепление и усовершенствование системы подготовки кадров охотничьего хозяйства (охотоведов, егерей); снижение

нагрузки на государственных охотничьих инспекторов; изменение принципа лимитирования и квотирования охотничьих животных в пользу реализации конституционных прав охотников; укрепление экономического состояние охотничьих хозяйств путем вложения средств от реализации охотничьих путевок в развитие охотничьих хозяйств, охрану объектов животного мира и среды их обитания; создание общероссийской некоммерческой организации (ассоциации) охотпользователей для защиты их прав и интересов; выработки законодательных инициатив по охоте и охотничьему хозяйству; обеспечение проведения мониторинга численности охотничьих ресурсов и ведения самого охотничьего хозяйства и др.) принесет гарантированное сохранение биологического разнообразия, удовлетворит население доступностью охоты и услугами в сфере охотничьего хозяйства и обеспечит инвестиционную привлекательность предпринимательской деятельности в сфере охотничьего хозяйства. Развитое охотничье хозяйство может дать большой импульс развитию других отраслей экономики, например, торговли (продажа лодок, сапог, снаряжения), производство вездеходных машин, развитие гостиничного бизнеса и охотничьего туризма [9]. На наш взгляд, это возможно только при решении четырех первостепенных задач:

- управленческо-кадровая задача (обучение и привлечение компетентных специалистов, хозяйственников, обладающих знаниями экономики, маркетинга, бухгалтерии);
- организационно-хозяйственная задача (переход охотпользователей на охотхозяйственные соглашения);
- инвестиционно-финансовая задача (достижение рентабельности хозяйств за счет заработанных средств и их рациональных трат);
- нормативно-законодательная задача (привлечение научных разработок и методик для ведения охотничьего хозяйства и конкретная помощь государства в реализации федеральных законов, концепций и стратегий в сфере охотхозяйственной деятельности).

Список литературы

1. *Белов Л. А.* Организация охотничьего хозяйства. Основы охотустройства. Екатеринбург : УГЛУ, 2015. 87 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М. : Минприроды России; НИА-Природа. 2017. 760 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Ульяновской области в 2016 году». Ульяновск : М-во сельского, лесного хозяйства и природных ресурсов, 2017. 104 с.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Республике Мордовия в 2016 году / М-во лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Республики Мордовия ; редкол.: В. М. Максимкин [и др.]. Саранск, 2017. 196 с.
5. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2016 году. Уфа : М-во природопользования и экологии РБ, 2017. 316 с.
6. Доклад «Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области в 2016 году». Н. Новгород : М-во экологии и природных ресурсов, 2017.
7. Информационный форум ОхотаИнфо. URL*:* http://ohotainfo.ru (дата обращения: 17.05.2018).
8. О состоянии и об охране окружающей среды Удмуртской Республики в 2016 г. : Государственный доклад. Ижевск, 2017. 283 с.
9. *Сухоитров Г.* Семь проблем отрасли // Рос. охотничья газ. 2015. № 1116, 23 дек.
10. Федеральный закон от 24.07.2009 3 209-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». URL*:* http://consultant.ru (дата обращения: 06.12.2017).

УДК 661.183.2

Экспериментальная оценка вовлечения в производство активных углей древесины железного дерева

Наинг Линн Сое (klouch@muctr.ru), Зин Мое, Со Вин Мьинт,
А. В. Нистратов[1], В. Н. Клушин

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Аннотация. Представлены технические характеристики и элементный состав отходов механической обработки железного дерева, карбонизата их пиролиза и продукта активации последнего водяным паром, рациональные условия реализации термических переделов, показатели пористой структуры, поглотительных свойств, выщелачивания в воде и ионообменной способности целевых продуктов обеих операций. Охарактеризованы побочные продукты названных стадий, кинетика и равновесие адсорбции полученным активным углем н-бутанола из его паровоздушных смесей.

Ключевые слова: железное дерево, отходы, состав, пиролиз, активация паром, условия переработки, целевые, побочные продукты, технические характеристики.

Введение

Отходы механической обработки множества видов древесины практически повсеместно обусловливают ряд известных экономических и экологических проблем [1; 2]. Это обстоятельство обусловливает существенную важность для действующих предприятий обоснования целесообразных направлений использования таких отходов. Во многих производствах данного профиля республики Союз Мьянма, в частности, требуют решения вопросы эффективной утилизации весьма значительных масс отходов древесины пуинкадо – местной разновидности довольно обширного семейства, представителей которого в разных странах называют в силу повышенной плотности их древесины железным деревом (рис. 1).

В этой связи следует отметить, что ряд действующих предприятий и имеющихся публикаций свидетельствует о возможности производства из древесины многих пород достаточно дорогостоящей продукции в виде активных углей [2; 6–8], что и предопределяет рациональность установления целесообразности, значимости и эффективности получения указанных углеродных адсорбентов из названных отходов национальных производств Мьянмы.



Рис. 1. Дерево Пуинкадо [18]

Экспериментальная часть

Характер сегодняшней экономики Мьянмы указывает на необходимость изучения переработки указанных древесных отходов посредством, прежде всего пиролиза и активации его науглероженных продуктов водяным паром, как наиболее доступных в условиях страны и сравнительно простых в реализации операций среди таковых имеющегося арсенала технологий получения активных углей [1; 12]. Именно такая переработка изучена авторами применительно к отходам древесины железного дерева (ЖД) в воздушно-сухом состоянии, технические показатели которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика сырья и целевых продуктов его переработки

Элементный состав органической части, %					W, %*	A, %**	Размер фрагментов, мм	Насыпная плотность, кг/дм^3	Прочность при истирании, %
C	O	H	N	S					
Сырье									
48,24±0,26	44,87±0,5	6,25±0,21	0,57±0,03	0,057±0,025	7,0	0,13	3–5	0,30	99,6
Карбонизированный остаток пиролиза сырья									
77,99±0,18	17,85±0,42	3,56±0,17	0,56±0,05	0,04±0,02	5,9	1,6	2,5–5,0	0,20	98
Активный уголь									
87,22±0,29	11,31±0,57	1,28±0,21	0,15±0,05	0,04±0,02	1,4	5,0	2–4	0,17	60,0

** W – влажность; **A – зольность*

Обоснование условий пиролиза сырья выполнено с использованием критерия рационального сочетания показателей поглотительной способности и выхода его целевых продуктов в интервале температур, установленном проведенными ранее термографическими испытаниями [14]. Оно позволило установить в качестве таковых интенсивность нагревания 15 °С/мин., конечную температуру 550 °С и длительность термообработки при ней 60 мин. [15]. Воздушносухой карбонизат, полученный в таких условиях пиролиза с выходом 29,0 %, также охарактеризован в табл. 1.

Тот же критерий и подобные названным результаты термографии карбонизата, полученного в указанных условиях, использованы и при выявлении (посредством варьирования значений управляющих факторов) рациональных условий процесса его активации водяным паром [15]: 15 °С/мин. для скорости нагревания, 850 °С для максимальной температуры, 60 мин. для длительности изотермической выдержки при данной температуре и 5 г на 1 г получаемого активного угля для удельного расхода водяного пара [15]. По отношению к карбонизату/сырью выход активного угля, полученного в этих условиях, составил 40,4/11,7 %. Показатели полученного активного угля в воздушно-сухом состоянии приведены в той же табл. 1.

Вид и форму использованного сырья и целевых продуктов его переработки характеризуют фотографии рис. 2.



а б в

Рис. 2. Фрагменты ЖД (а), карбонизата (б) и активного угля (в) на его основе

Как пиролиз сырья, так и активацию его науглероженного продукта водяным паром сопровождает образование побочных продуктов: конденсатов и газов, не конденсируемых при 20 °С. Материальные балансы обеих операций демонстрируют удовлетворительную сходимость статей прихода и расхода (в пределах 97,5–99,2 % масс. по отношению к приходу). Расхождения между ними обусловлены, прежде всего, допущениями о составе неконденструющихся газов обеих операций, принятыми по данным [11; 13] по причине отсутствия четких данных об этих составах. При пиролизе выходы карбонизата, конденсата и неконденсирующихся газов близки 29,6, 51,3 и 19,1 % масс. соответственно, стадию активации характеризуют выходы активного угля, конденсата и неконденсирующихся газов, составляющие около 11,5, 67,1 и 20,6 % масс. соответственно.

Газовой хроматографией неконденсирующихся газов пиролиза в них обнаружено значительные и непостоянные по номенклатуре и времени содержания метана, водорода и оксида углерода, обусловливающие их горючесть и возможность использования на собственные тепловые нужды процесса. Неконденсирующиеся газы активации не воспламеняются при контакте с открытым пламенем, хотя содержат согласно данным аналогичного хроматографического анализа также переменные во времени реализации процесса и по номенклатуре водород и метан, но в значительно меньших концентрациях по отношению к аналогичным газам пиролиза.

Конденсату пиролиза свойственны резкий и неприятный запах, буро-черный цвет, некоторая вязкость и плотность 1,08 кг/дм^3. Он не горюч и не формирует отдельных слоев при хранении. Перегонкой конденсата на песчаной бане получены результаты, иллюстрируемые данными табл. 2.

Таблица 2

Результаты перегонки конденсатов операций пиролиза и активации

Конденсат операции	Показатели					
	интервал выкипания, °С	выход, % об.	примечание и цвет погона	pH	горючесть	прозрачность
Пиролиза	40–60	0,00	имитация кипения	–	–	–
	60–97	0,00	–	–	–	–
	97–105*	57,90	грязно-желтый	4	–	+
	остаток**	41,40	темно-коричневый	–	+	–
Активации	95–110	99,99	желтый	3	–	мутный

*Плотность фракции: * – 1,01, ** – 1,04 кг/дм^3*

Неперегоняемый в указанных условиях конденсат пиролиза характеризуют значительный выход, температура начала застывания около 41 °С и хорошая адгезия к различным материалам (в частности, к металлам), что указывает на принципиальную возможность его использования по направлениям, свойственным аналогичным продуктам сухой перегонки древесины [3; 4; 11; 16]. Вещественный состав более массовых продуктов перегонки этого конденсата в работе не изучен, хотя и они, судя по данным [11; 16], могут иметь определенный коммерческий потенциал, так как содержат множество ценных органических соединений наряду с водой. Продукт аналогичной перегонки конденсата процесса активации карбонизата ЖД является слабо окрашенным, мутным из-за наличия некоторого количества тончайшей пыли, увлекаемой из печи активации эвакуируемым из нее парогазовым потоком, водным раствором, характеризуемым величиной показателя общего углерода около 265 мг/л.

Оцененную по истечении суток настаивания выщелачиваемость в дистиллированной воде полученных целевых промежуточных и конечных продуктов дозой 10 г/л характеризуют показатели сухого (числитель) и прокаленного (знаменатель) остатков, составляющие в мг/л 188/40 для карбонизата и 158/28 для активного угля соответственно. Величины pH водных вытяжек близки 5 (для карбонизата) и 6 (для активного угля).

Известно, что углеродные материалы, имеющие гетероатомы (в частности, N, S, O), могут обладать поверхностными функциональными группами и, следовательно,

ионообменными свойствами. Последние могут быть определены путем, например, кислотно-основного титрования. Результаты таких определений согласно [5; 21] свидетельствуют, что обе разновидности полученных продуктов отличает отсутствие катионообменной способности и наличие определенных анионообменных свойств: величины COE_A для карбонизата ЖД составляют 0,355, а для активного угля на его основе – 1,240 мг-экв/г.

Помимо технических характеристик, указанных выше, для целевых продуктов названной переработки ЖД оценена поглотительная способность в виде суммарного объема пор по воде (V_Σ), объемов сорбирующих пор (V_s) по парам H_2O, CCl_4 и C_6H_6, поглощения йода (J) и красителя «метиленовый голубой» (МГ) (табл. 3).

Таблица 3

Показатели тестирования полученных из ЖД углеродных материалов

Показатель и его размерность для:	V_Σ, $см^3/г$	V_{sH2O}, $см^3/г$	V_{sCCl4}, $см^3/г$	V_{sC6H6}, $см^3/г$	J, %	МГ, мг/г
карбонизата	0,70	0,11	0,03	0,15	41,2	3,5
активного угля	1,57	0,13	0,67	0,78	98,1	400,0

Характер поглощения полученным из ЖД активным углем паров н-бутанола из его паровоздушных смесей сопоставлен на рис. 3 с таковыми для активных углей БАУ, СКО и ОСМ в виде кривых равновесия адсорбции.

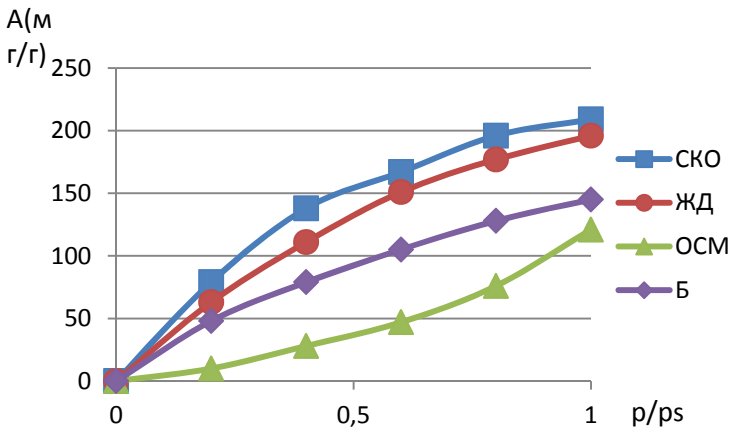


Рис. 3. Изотермы адсорбции паров н-бутанола из его смесей с воздухом при 20 °С активными углями на базе скорлупы кокосовых орехов (СКО) – ■ [20], древесины ЖД – ● и березы (Б) – ♦ [9], оболочек семян манго (ОСМ) – ▲[10]

Из данных рис. 3 следует, что активный уголь на основе древесины ЖД лишь несколько уступает в иллюстрируемой поглотительной способности углю на кокосовой основе и значительно превосходит угли на базе древесины березы и ОСМ. Необходимо подчеркнуть, что этот адсорбент характеризует стабильная величина адсорбции н-бутанола (около 190 мг/г при p/p_s=1) в течение исследованных 10 циклов адсорбции-регенерации с удерживающей способностью примерно 40 мг/г в условиях термической десорбции при 120–150 °С. Десорбция при 170–200 °С обеспечивает практически полное восстановление активности этого поглотителя при реализации названных 10 циклов.

Заключение

Обоснованы рациональные условия переработки в активный уголь отходов древесины железного дерева путем пиролиза этого сырья и активации получаемого из него карбонизата водяным паром. Оценен ансамбль технических характеристик и поглотительных свойств целевых продуктов обоих переделов наряду с практически важными показателями их побочных продуктов. Показано, что полученный активный уголь может представлять собой конкурентоспособный агент для решения задач защиты атмосферы от производственных выбросов, в частности, задач рекуперации паров летучих органических растворителей. Выявлена целесообразность организации производства активных углей на основе названных отходов, принципиально обещающая возможность их эффективного вовлечения, в материальное производство.

Список литературы

1. Активные угли. Эластичные сорбенты, катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе. Номенклатурный каталог / под ред. В. М. Мухина. М. : Руда и металлы, 2003. 280 с.
2. Бамбуковый уголь [Электронный ресурс] URL: http://www. bamboopro.ru/charcoal/html (дата обращения: 03.07.15).
3. *Выродов В. А., Кислицын А. Н., Глухарева М. И. и др.* Технология лесохимических производств. М. : Лесная промышленность, 1987. 352 с.
4. *Гордон Л. В., Скворцов О. В., Лисов В. И.* Технология и оборудование лесохимических производств. М. : Лес. пром-сть, 1988. 360 с.
5. ГОСТ 4453-74 Уголь активный осветляющий древесный URL: http://gostrf.com/normadata/1/4294823/4294823851. p*df* (дата обращения: 07.03.2016).
6. ГОСТ 6217–74. Уголь активный древесный дробленый марки БАУ-А.
7. *Епифанцева Н. С.* Получение активных углей из древесины лиственницы, пораженной сибирским шелкопрядом : дис. … канд. техн. наук. Красноярск, 2006. 154 с.
8. *Ефремов* Патент Казахстана № 20216. Способ получения активного угля. С. А., Наурызбаев М. К., Нечипоренко С. В., Соколов А. Ю. Бюлл. № 11, Опубл. 17.11.2008.
9. *Зенькова Е. В., Осипова А. В., Клушин В. Н.* Равновесие сорбции н-бутанола из его паровоздушных смесей активными углями различных марок // Успехи в химии и хим. технологии. 2016. Т. 30, № 9. С. 62–63.
10. Сравнительная эффективность активных углей, полученных из отходов консервирования плодов манго в решении природоохранных задач / Зин Мое, Наинг Линн Сое, Со Вин Мьинт, В. Н. Клушин // Сб. материалов Междунар. конф. «Химическая технология функциональных наноматериалов». 30.11–01.12.2017. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017. С. 101–102.
11. *Козлов В. Н.* Пиролиз древесины. М. : Изд-во АН СССР. 1952. 282 с.
12. *Мухин В. М., Тарасов А. В., Клушин В. Н.* Активные угли России. М. : Металлургия, 2000. 352 с.
13. *Мухин В. М., Клушин В. Н.* Производство и применение углеродных адсорбентов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. 308 с.
14. Термографическое исследование отходов производства мебели / Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт, Клушин В. Н. // Успехи в химии и хим. технологии. 2016. Т. 30, № 9. С. 67–69.
15. Оценка древесных отходов Республики Союз Мьянма как сырья для производства активных углей парогазовой активацией / Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт, А. В. Нистратов, В. Н. Клушин // Сб. ст. науч.-практ. конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017». Севастополь, 2017. С. 948–953.
16. Первичные продукты пиролиза древесины [Электронный ресурс] URL: http://msd.com/ua/texnologiya-i-oborudovanie-lesoximicheskix-proizvodstv-pervich... (дата обращения: 17.08.2016).
17. Перспективы использования древесных отходов [Электронный ресурс]. URL: ztbo.ru/o-tbo/lit/problemi-rekultivacii-otxodov/perspektivi-ispolzovaniya-drevesnix-otxodov (дата обращения: 24.05.2018).
18. Пуинкадо (Xylia Kerrii) [Электронный ресурс] URL: http://terraca.ru/info/porody-dereva/puinkado (дата обращения: 27.08.2016).
19. *Самолдин А. Н., Багатурия В. В.* Проблемы переработки древесно-растительных отходов // Лес. вестн. 2010. № 5. С. 144–147.
20. *Со Вин Мьинт.* Переработка скорлупы орехов кокоса республики Мьянма в активные угли : дис. … канд. техн. наук. М., 2017. 145 с.
21. *Boehm H. P.* Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment // Carbon. 2000. Vol. 40. P. 145–149.