

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных и экологических проблем  
Сибирского отделения Российской академии наук

**СБОРНИК СТАТЕЙ,  
ПОСВЯЩЕННЫЙ 35-ЛЕТИЮ  
ИНСТИТУТА ВОДНЫХ И  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СО РАН**

Барнаул 2022

УДК  
ББК

ISBN

Сборник статей, посвященный 35-летию Института водных и экологических проблем СО РАН. – Барнаул: ООО «Пять плюс», 2022. – 123 с.

Издание посвящено 35-летию Института водных и экологических проблем СО РАН и включает статьи сотрудников Института, где отражена деятельность как научных подразделений в целом, так и отдельных сотрудников.

© ИВЭП СО РАН, 2022  
© Коллектив авторов, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ИСТОРИЯ ИНСТИТУТА ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК .....	4
---	---

### Часть 1. Научные подразделения Института

<i>Пузанов А.В., Винокуров Ю.И., Кирста Ю.Б., Бабошкина С.В., Рождественская Т.А., Балыкин Д.Н., Балыкин С.Н., Салтыков А.В., Ковригин А.О., Трошкова И.А., Горбачев И.В. Лаборатория биогеохимии ...</i>	6
<i>Рыбкина И.Д. Лаборатория водных ресурсов и водопользования.....</i>	34
<i>Зиновьев А.Т., Ловицкая О.В. Лаборатория гидрологии и геоинформатики..</i>	50
<i>Красноярова Б.А., Назаренко А.Е., Орлова И.В., Платонова С.Г., Плуталова Т.Г., Скрипко В.В., Шарабарина С.Н. Региональное природопользование в Сибири: проблемы развития и методы изучения .....</i>	66
<i>Черных Д.В. Ландшафтные исследования ИВЭП СО РАН в XXI веке .....</i>	79
<i>Ельчининова О.А. Горно-Алтайский филиал .....</i>	83
<i>Ермолаева Н.И., Двуреченская С.Я. Новосибирский филиал.....</i>	117

# **ИСТОРИЯ ИНСТИТУТА ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) – первый академический институт на Алтае. Он был создан в 1987 г. как Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Академии наук СССР. Организация института была продиктована необходимостью проведения фундаментальных исследований по изучению процессов и явлений окружающей среды, оценки состояния водных ресурсов и изучения вопросов сбалансированного природопользования в обширном сибирском регионе. После распада Советского Союза и до 2014 г. ИВЭП СО РАН входил в систему Российской академии наук (Сибирское отделение), с 2014 по 2018 г. Институт находился в ведомстве Федерального агентства научных организаций (ФАНО) России, в настоящее время функции и полномочия учредителя осуществляет Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Однако, по-прежнему Институт работает под научно-методическим руководством Отделения наук о Земле РАН и Объединенного ученого совета наук о Земле СО РАН.

Юридически начало работы института регламентировано изданием ряда официальных документов: Распоряжения Совета министров СССР от 17 января 1987 г. № 92р, Постановления Президиума АН СССР от 31 марта 1987 г. № 126 и Постановления Президиума СО АН СССР № 428 от 20 июля 1987 г., определивших создание нового академического института на Алтае. На момент создания в ИВЭП СО РАН трудилось 67 сотрудников, перешедших из ряда лабораторий институтов Сибирского отделения АН СССР: Лаборатории гидрофизики и экологии водоемов Института гидродинамики, Лаборатории экологии и рационального природопользования Института географии, Лаборатории водных проблем Объединенного института геологии, геофизики и минералогии, Лаборатории методов адаптации АСУ Вычислительного центра, Лаборатории биогеохимии Института почвоведения и агрохимии, а также лаборатории водохозяйственных проблем Сибирского энергетического института.

Организатором Института и его первым директором (до октября 1995 г.) был доктор технических наук, профессор, академик АН СССР/РАН Олег Федорович Васильев. С октября 1995 года по апрель 2016 года директором Института являлся доктор географических наук, профессор, Заслуженный эколог России Юрий Иванович Винокуров, с апреля 2016 г. Институтом руководит доктор биологических наук, профессор Александр Васильевич Пузанов.

К числу тех, кто внес большой вклад в организацию и развитие Института необходимо отметить, к сожалению ушедших от нас, М.В. Жукова, д.ф.-м.н. В.И. Квона, д.б.н., проф. М.А. Мальгина, А.Н. Потанина, д.г.н. В.М. Савкина, к.ф.-м.н. С.А. Сухенко, д.г.н. И.А. Хлебовича; д.ф.-м.н., проф. В.Е. Павлова, д.с.-х.н., проф. Е.Г. Парамонова, д.г.н. А.Ш. Хабидова, д.ф.-м.н. В.А. Шлычкова, к.т.н. С.Л. Широкову и других сотрудников.

Несмотря на трудности, сопровождающие в последние десятилетия развитие фундаментальной науки в России, в 1996 г. был создан Новосибирский филиал ИВЭП СО РАН, в 2002 г. – Горно-Алтайский филиал в Республике Алтай. Сегодня, помимо филиалов, институт имеет в своем составе восемь лабораторий: водной экологии; водных ресурсов и водопользования; гидробиологии; гидрологии и геоинформатики; ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования; моделирования экологических систем (г. Кемерово, совместно с Институтом вычислительных технологий СО РАН); физики атмосферно-гидросферных процессов; а также химико-аналитический центр. Институт располагает экспедиционными судами на Новосибирском водохранилище и Телецком озере, а также научными стационарами для проведения исследований в различных регионах Западной Сибири. Научная библиотека института является базовой по водным ресурсам и охраны окружающей среды в сибирском регионе и включает более 45 тыс. экземпляров книг и журналов. За прошедшие десятилетия в ИВЭП СО РАН создан сильный научный коллектив, успешно решающий как фундаментальные, так и прикладные задачи водохозяйственной отрасли.

Основные научные направления деятельности института – формирование, мониторинг и использование водных ресурсов Сибири (на основе бассейнового подхода); разработка научных основ охраны окружающей среды и рационального природопользования с учетом антропогенных факторов и изменений климата.

В начальные годы становления и развития Института наиболее значимым выполнявшимся проектом была оценка экологических последствий строительства Катунской ГЭС, в настоящее время специалисты ИВЭП СО РАН работают над реализацией проектов, относящихся к таким приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований, как «География, геоэкология и рациональное природопользование» и «Водные ресурсы, гидрология суши».

Институт также выполнял большой объем прикладных научно-исследовательских работ по заданиям органов государственной власти регионов России, Росводресурсов, Роскосмоса, предприятий и организаций. Ежегодно заключалось около 50 государственных контрактов и договоров по широкому кругу природооохранных и водохозяйственных вопросов: к примеру, оценка экологических последствий строительства крупных ГЭС (Катунская, Крапивинская, Богучанская, Алтайская, Эвенкийская); экологическая оценка последствий ядерных испытаний на Семипалатинском ядерном полигоне; экологическое сопровождение ракетно-космической деятельности, в том числе строительства и эксплуатации космодрома «Восточный»; исследование современного состояния и научное обоснование методов и средств обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса в бассейнах рек Оби и Иртыша; исследование водного режима и русловых процессов р. Лены, разработка научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и противопаводковой защите; оценка влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду. В 2020–2021 гг. участвовал в Большой норильской экспедиции СО РАН.

## ЛАБОРАТОРИЯ БИОГЕОХИМИИ

А.В. Пузанов, Ю.И. Винокуров, Ю.Б. Кирста, С.В. Бабошкина,  
Т.А. Рождественская, Д.Н. Балыкин, С.Н. Балыкин, А.В. Салтыков,  
А.О. Ковригин, И.А. Трошкова, И.В. Горбачев

Сектор экологической биогеохимии ИВЭП СО РАН был создан в 1989 г. на базе лаборатории биогеохимии и агрохимии микроэлементов Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР в связи с необходимостью проведения работ по экологическим проблемам строительства Катунских ГЭС и последствий ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. Основателем и первым заведующим сектором (впоследствии лабораторией) был доктор биологических наук Михаил Александрович Мальгин – крупный ученый в области биогеохимии, агрохимии, почвоведения, экологии. Под его руководством в лаборатории стали проводиться фундаментальные и прикладные ландшафтно-геохимические и биогеохимические исследования по изучению содержания и поведения макро- и микроэлементов, радионуклидов в компонентах окружающей среды, выявлению геохимических аномалий, влиянию биогеохимической обстановки на жизнедеятельность растений, животных, человека.

Основным направлением исследований лаборатории является изучение процессов миграции и аккумуляции химических элементов в компонентах наземных и водных ландшафтов с целью оценки их влияния на качество природных вод модельных бассейнов. Объектами исследования лаборатории являются экосистемы Алтае-Саянской горной области (сеть ключевых участков в системе ландшафтно-геохимических поясов), а также наземные биогеоценозы территорий повышенной экологической напряженности (полиметаллические месторождения юго-западной части Алтайского края, ртутные и полиметаллические месторождения Горного Алтая, районы, подвергнутые радиоактивному загрязнению, районы падения отделяющихся частей ракет-носителей).



*М.А. Мальгин, д.б.н. – первый руководитель  
лаборатории*



*А.В. Пузанов, д.б.н., профессор – руководитель  
лаборатории, ученик М.А. Мальгина*

Методологической основой проводимых в лаборатории работ служит концепция вещественного единства среды обитания и живых организмов разного уровня организации, согласно которой изменение во времени и пространстве геохимической экологии обусловлено как антропогенными факторами (влияние радиоактивных осадков, полиметаллических месторождений, промышленных выбросов, несбалансированного применения удобрений и пестицидов), так и естественными (кумулятивный эффект накопления химических элементов в пределах полиметаллических месторождений и рудопроявлений). В основе проведения экспедиционных работ лежит сравнительно-географический метод, почвенные разрезы закладываются в системе ландшафтно-геохимических катен.

Параметрами биогеохимических исследований являются наиболее информативные показатели физического, химического и физико-химического состояния почв – содержание гумуса, величина рН, а окислительно-восстановительный потенциал, гранулометрический состав, а также элементный химический состав наземных экосистем: приоритетные элементы-токсиканты (Hg, Cd, Pb, As); химические элементы, недостаток которых вызывает эндемические заболевания (I, F); естественные радионуклиды ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ); искусственный радионуклид  $^{137}\text{Cs}$ ; микроэлементы-биофилы (Mn, Co, B, Mo); компоненты ракетного топлива (КРТ) и их производные.

В рамках госбюджетных работ совместно с Горно-Алтайским и Новосибирским филиалами Института выполнены работы по следующим блокам (2008-2012) и проектам (с 2013 г.):

- Ландшафтно-геохимические и биогеохимические процессы на водосборных бассейнах крупных рек Сибири (Обь, Енисей);
- Оценка формирования рассредоточенного стока на основе анализа биогеохимических процессов в сопряженных ландшафтах модельных бассейнов;
- Оценка гидрохимического стока в модельных бассейнах с использованием результатов лизиметрических экспериментов;
- Оценка воздействия рассредоточенных источников загрязнения природного и антропогенного происхождения на химический и гидрохимический сток в модельных бассейнах и разработка математической модели поступления в поверхностные воды взвешенных веществ с водосбора;
- Проект 0383-2014-0004 «Биогеохимические и почвенно-гидрологические процессы на водосборах и их влияние на формирование гидрохимического стока в природных и антропогенных ландшафтах Сибири (2013-2016)»;
- Проект 0383-2016-0001 «Биогеохимические особенности наземных экосистем в бассейнах рек Сибири и их влияние на качество природных вод (2017-2020)».

С 2021 г. ведутся работы согласно государственному заданию: проект № 0306-2021-0003 Оценка эколого-биогеохимической обстановки в речных бассейнах Сибири в условиях изменения климата и антропогенного воздействия.

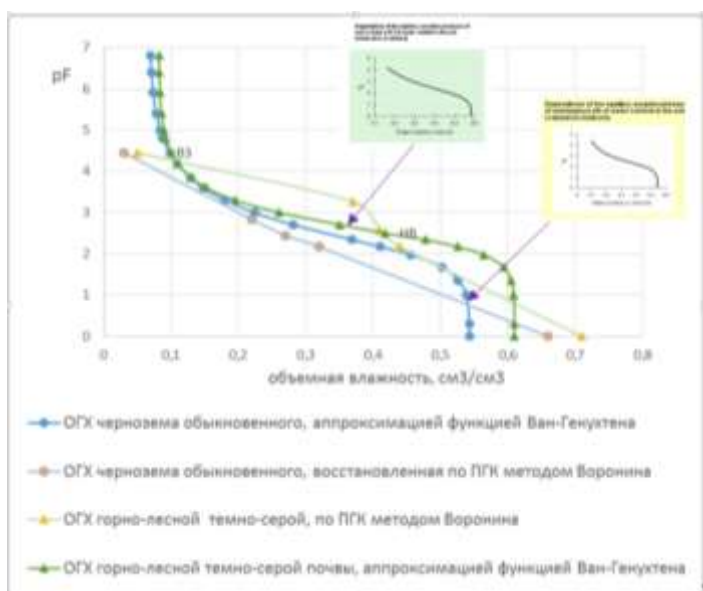
#### *Основные результаты по госбюджетным проектам*

Моделирование внутрпочвенного вертикального движения влаги позволило выявить влияние водно-физических свойств почв на процессы водной миграции макро- и микроэлементов. Привлечение системы компьютерного моделирования влагопереноса в почвах HYDRUS-1D (J. Simunek, M.Th. Van-Genuchten, M. Seina, 2005) позволило установить влияние типа сельскохозяйственного использования почв на интенсивность движения в них влаги (на примере черноземов обыкновенных агроландшафтов Уймонской котловины, верховья р. Обь, Центральный Алтай) в условиях различного первоначального увлажнения, с учетом корневого потребления влаги растениями (Бабошкина, Пузанов, Ельчиногова и др., 2016).

Установлено, что в черноземе под пашней при простом вертикальном изотермическом массопереносе влаги (без учета испарения и транспирации) влагопотери из верхнего горизонта более существенны и происходят быстрее, чем в почве под сенокосом. Это определяет благоприятные условия для выщелачивания различных солей и соединений, что находит свое отражение в снижении содержания гидрокарбонатов и уровня рН в почве пашни до нейтральных величин (рН 6,6-6,8), по сравнению с почвой под сенокосным угодьем (рН 7,1-8,0), в которой вертикальному оттоку влаги в более глубокие слои препятствуют уплотненные горизонты В и С с низкими коэффициентами влагоемкости. Высокая влагоемкость одного верхнего пахотного горизонта, как оказалось, не обеспечивает оптимальность водного режима почвенной толщи пашни в целом. Однако моделирование движения влаги с учетом корневого потребления растениями показало, что в черноземе под сенокосом с более рыхлым супесчаным Ад горизонтом транспирационный фактор корректирует динамику влажности (и потери влаги) в большей степени.

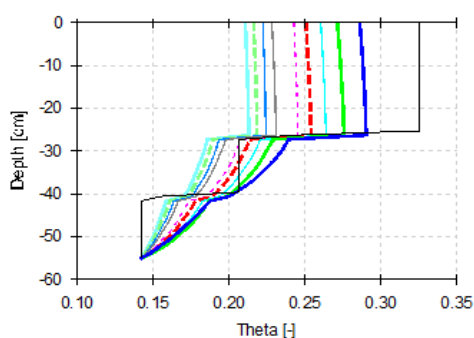
На основании экспериментально определенных физических свойств степных почв и почвенно-гидрологических констант восстановлена

расчетными методами основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) почв водосборных бассейнов модельных рек – чернозема обыкновенного (бассейн р. Алей) и горно-лесной темно-серой почвы (бассейн р. Майма).

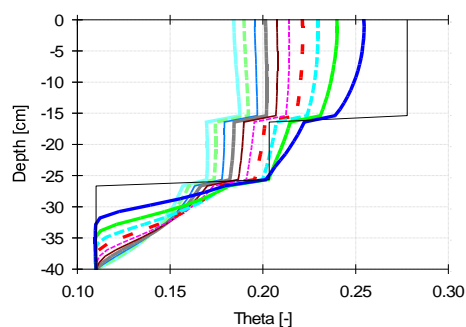


Восстановленные различными расчетными методами кривые ОГХ чернозема обыкновенного (бассейн р. Алей) и темно-серой лесной почвы (бассейн р. Майма)

Установлено, что кривая водоудержания чернозема обыкновенного смещена в сторону меньшей влажности, особенно в области высокого капиллярно-сорбционного давления, что объясняется более плотным сложением чернозема. Водоудерживающая способность более тяжелой по гранулометрическому составу, но более рыхлой и лучше структурированной горно-лесной темно-серой почвы выше.



а



б

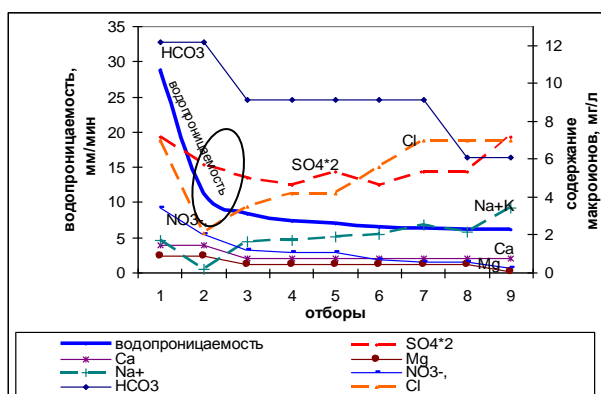
Динамика профильного распределения влажности (с учетом корневого потребления растениями),  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ :  
а – чернозем под пашней; б – чернозем под залежью.



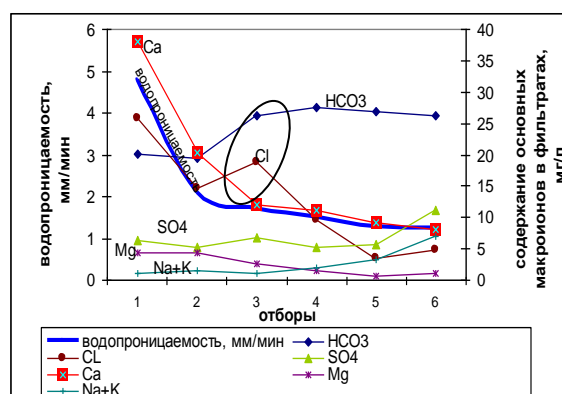
Определено влияние водно-физических свойств почв на процессы водной миграции макро- и микроэлементов. Водопроницаемость является интегральным водно-физическим свойством почвы, наиболее полно определяющим качественные и количественные параметры гидрохимического стока водосбора. Коэффициент фильтрации почвы определяется, в первую очередь, плотностью сложения, а также скважностью и воздухообеспеченностью, практически не зависит от плотности твердой фазы почвы и достоверно снижается по геохимическим (вниз по катене) и внутрипочвенным профилям гумидных ландшафтов. Неравномерные изменения водопроницаемости почвы и химического состава почвенных фильтратов могут быть использованы как показатели разделения потоков гравитационной влаги в почве на преимущественные и фильтрационные, что является важной основой для выполнения дальнейшего расчета объемов и состава гидрохимического стока водосборных бассейнов рек Алтая.

Анализ вод почвенно-поверхностного стока в период весеннего дождевого паводка на территории модельного бассейна (р. Майма) показал, что максимальные концентрации тяжелых металлов характерны для вод угодий, где проведена осенняя вспашка. Это обусловлено формированием водно-физических свойств почв, способствующих развитию восстановительной обстановки, в которой при неполном окислении растительных остатков образуются подвижные органо-минеральные соединения металлов. Относительно высокое содержание растворенной ртути отмечается и в стоках с полей, куда вносятся органические удобрения: при низких значениях рН большая часть ртути сорбируется органическим веществом и мигрирует с его подвижной частью.

Установлено, что стабильный характер динамики минерализации вод притоков оз. Телецкое – уникального водного объекта, стратегического резерва чистой питьевой воды – указывает на преобладание влияния долговременных факторов формирования ионного стока (состав и свойства почв, пород, донных отложений) над кратковременными (гидрометеорологические условия). Содержание главных ионов в водах западных и восточных притоков различается в 2,5-3,5 раза, что является отражением разнообразия биогеохимических условий на водосборах, а также результатом антропогенного воздействия на компоненты экосистем на западном берегу озера. В ионный состав вод восточных притоков, берущих свое начало на гранитном хребте Корбу, большой вклад вносят хлориды и сульфаты, калий и натрий, в то время как в ионной композиции вод западных притоков, дренирующих большей частью осадочные отложения, доминируют гидрокарбонаты и кальций.



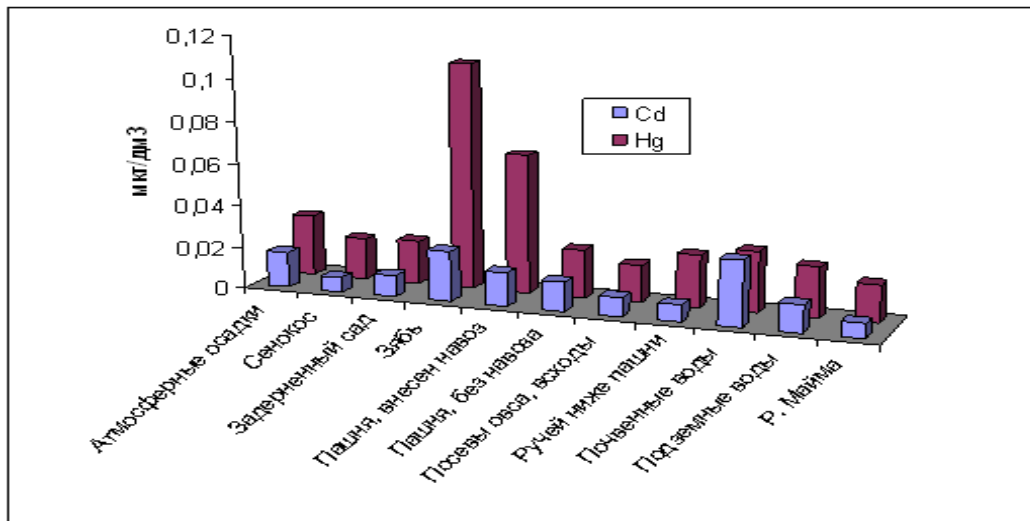
а



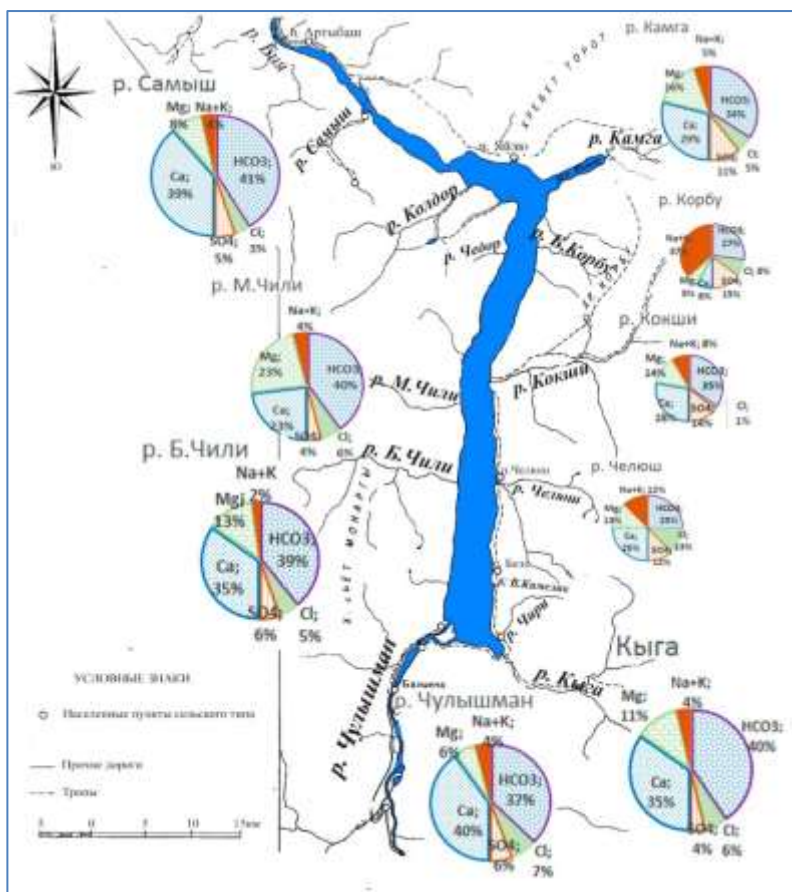
б

Изменение водопроницаемости и макрокомпонентного состава почвенных фильтратов почв по мере их непрерывного насыщения влагой:

а – горно-лесные почвы (бассейн р. Майма); б – степные равнинные почв (бассейн р. Алей).



Концентрация растворенных элементов в природных водах в бассейне р. Майма



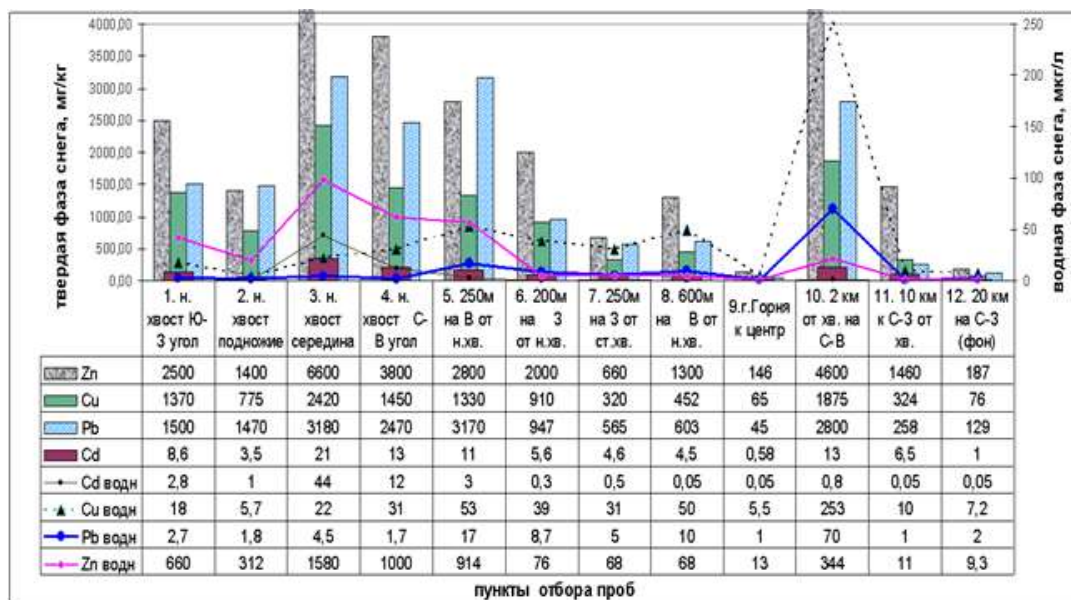
Долевое участие главных ионов в формировании ионного состава вод притоков оз. Телецкое, в %-экв:  
*размеры круговых диаграмм пропорциональны уровню общей минерализации вод.*

С конца 1980-х гг. по настоящее время сотрудники лаборатории проводят исследования влияния техногенных ландшафтов на окружающую среду и здоровье населения. На Алтае основные запасы полиметаллических руд – в основном это медно-свинцово-цинковые залежи – сосредоточены в северо-западной части. Более 50 лет эти руды перерабатывались на Алтайском горно-обогатительном комбинате (АГОКе). За время его работы с северо-западной стороны от г. Горняк из отработанной руды образовалось два больших хвостохранилища.

Уровни содержания Zn, Cu, Pb, Cd, As, Hg, Ba в твердом веществе хвостохранилищ АГОКа и Змеиногорской золото-

извлекающей фабрики существенно превышают ПДК и фоновые концентрации элементов в зональных черноземах. Эоловый перенос содержимого хвостохранилищ является одним из существенных путей поступления тяжелых металлов в окружающую среду в условиях семиаридного климата Северо-Западного Алтая. Пространственная

аэрогенная миграция металлов в составе пыли с поверхности отвалов интенсивнее происходит в северо-восточном направлении, под влиянием преобладающих на Алтае юго-западных ветров. В твердом субстрате хвостохранилищ соотношения элементов смещены (относительно фона, ПДК, зарубежных нормативов) в сторону меди и свинца, а в жидких средах (вода, снег) – в сторону более лабильных и легко выщелачиваемых элементов – цинка и кадмия.



Содержание тяжелых металлов в водной фазе и твердом остатке снежного покрова хвостохранилищ АГОКа и прилегающих территорий



Хвостохранилище Алтайского горно-обогатительного комбината



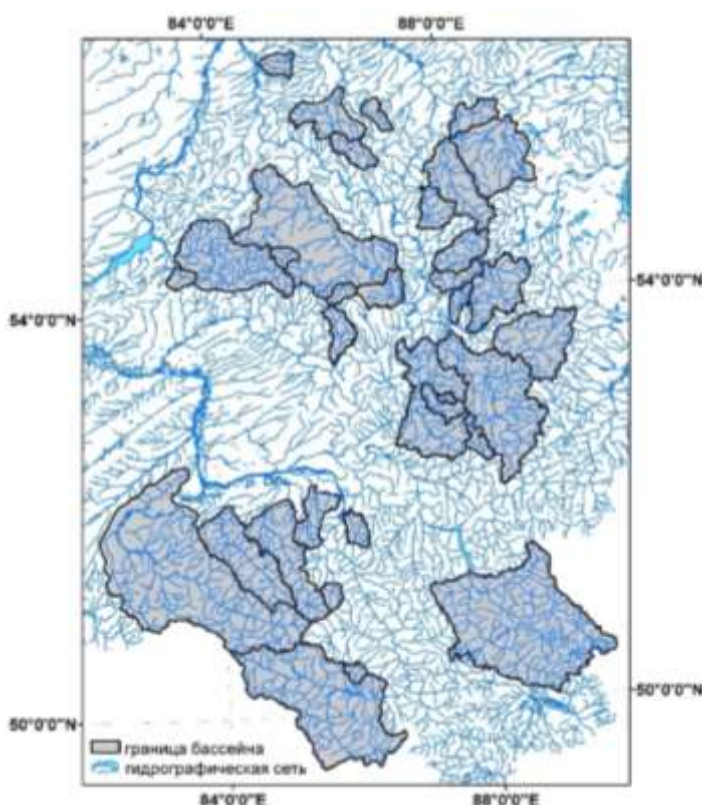
Содержание основных рудных и сопутствующих элементов в растениях техногенных ландшафтов Северо-Западного Алтая существенно превышает их концентрации в растениях незагрязненных экосистем (особенно Cd, Zn, Pb) и заметно варьирует. Индексы поглощения основных рудных металлов Cu, Pb, Zn и Hg, в условиях техногенного загрязнения субстрата в растениях снижаются, но увеличивается потребление дефицитного в аридных регионах Fe.

Для фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами, в качестве растения-аккумулятора тяжелых металлов рекомендован вид с безбарьерным поглощением элементов, принимающий значительное участие в формировании фитоценозов техногенных ландшафтов – *Gypsophila patrinii* (качим Патрэна) (Пузанов, Бабошкина, Горбачев, 2012).

Исследованием водного и гидрохимического стоков рек Алтае-Саянской горной страны, находящейся в центре Азии и занимающей более 2 млн км<sup>2</sup>, с 2008 г. занимается Ю.Б. Кирста. Территория характеризуется такими климатическими условиями, которые определяют разнообразие ландшафтов (гляциально-нивальные, тундровые, альпийские и субальпийские луга, лесные, степные и полупустынные и др.). Задача исследований заключалась в создании адекватных математических моделей стоков 34 средних и малых рек с учетом влияния на них важнейших факторов среды.

Для исследуемого региона совместно с н.с. Л.Ф. Лубенец и г.н.с. Д.М. Черных были определены 13 типологических групп геосистем (ландшафтов), которые отличались по своим гидрологическим режимам. Исходным картографическим материалом для типизации ландшафтов послужили карта «Ландшафты Алтая (Алтайский край и Республика Алтай)» (Черных, Самойлова, 2011), «Ландшафтная карта Алтайского края» масштаба 1:500 000 (Цимбалей, 2011), а также топографические карты масштаба 1:200 000.

За 70-летний период 1951-2020 гг. г.н.с. Ю.Б. Кирстой и О.В. Ловцкой сформирована необходимая для моделирования база данных, включающая десятки тысяч наблюдений за речными стоками и содержанием в них химических веществ (концентраций трех минеральных форм азота ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), фосфатов ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), ионов/минерализации, общего растворенного железа и взвешенных веществ), значения месячных осадков и среднемесячных температур воздуха по 11 реперным метеостанциям. С помощью ArcGIS 10.2 и модуля ArcGIS 3D Analyst для исследуемых водосборных территорий были рас-

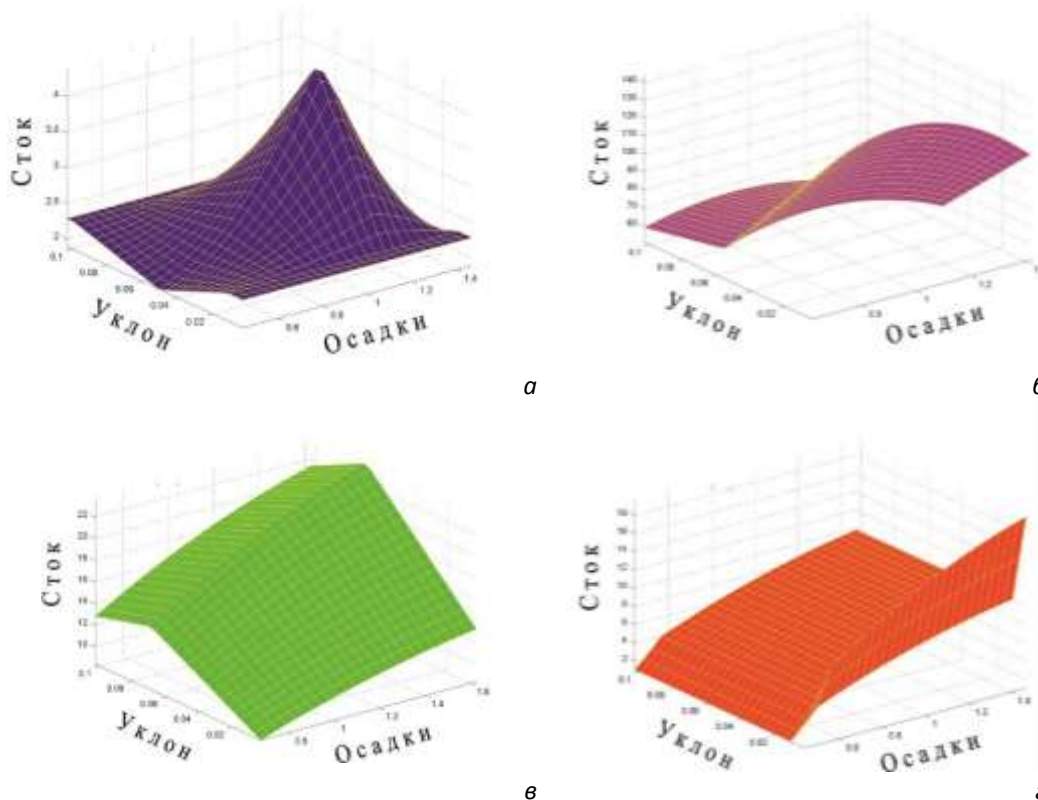


Карта-схема расположения 34 модельных речных бассейнов Алтае-Саянской горной страны

считаны такие характеристики ландшафтов как площади и высоты ландшафтов, высоты замыкающих речные бассейны створов, уклоны территории, площади пашни, которые также вошли в создаваемую базу данных.

На основе разработанного метода системно-аналитического моделирования сложноорганизованных природных систем Ю.Б. Кирстой предложен ряд имитационных математических моделей, описывающих формирование водных и гидрохимических стоков рек Алтае-Саянской горной страны для четырех выделенных гидрологических сезонов года: зимняя межень (XII-III месяцы), весенне-летнее половодье (IV-VI), летняя межень (VII-VIII), осенняя межень с возможными паводками при сильных дождях (IX-XI). Разработанные модели имеют очень высокую для горных рек точность расчетов, которая характеризуется известным коэффициентом адекватности Неша-Сатклиффа  $NSE$  со значениями  $0.65 < NSE \leq 0.75$ . Разработанные модели водного и гидрохимического стоков рек применимы для различных горных территорий после определенной коррекции значений их параметров.

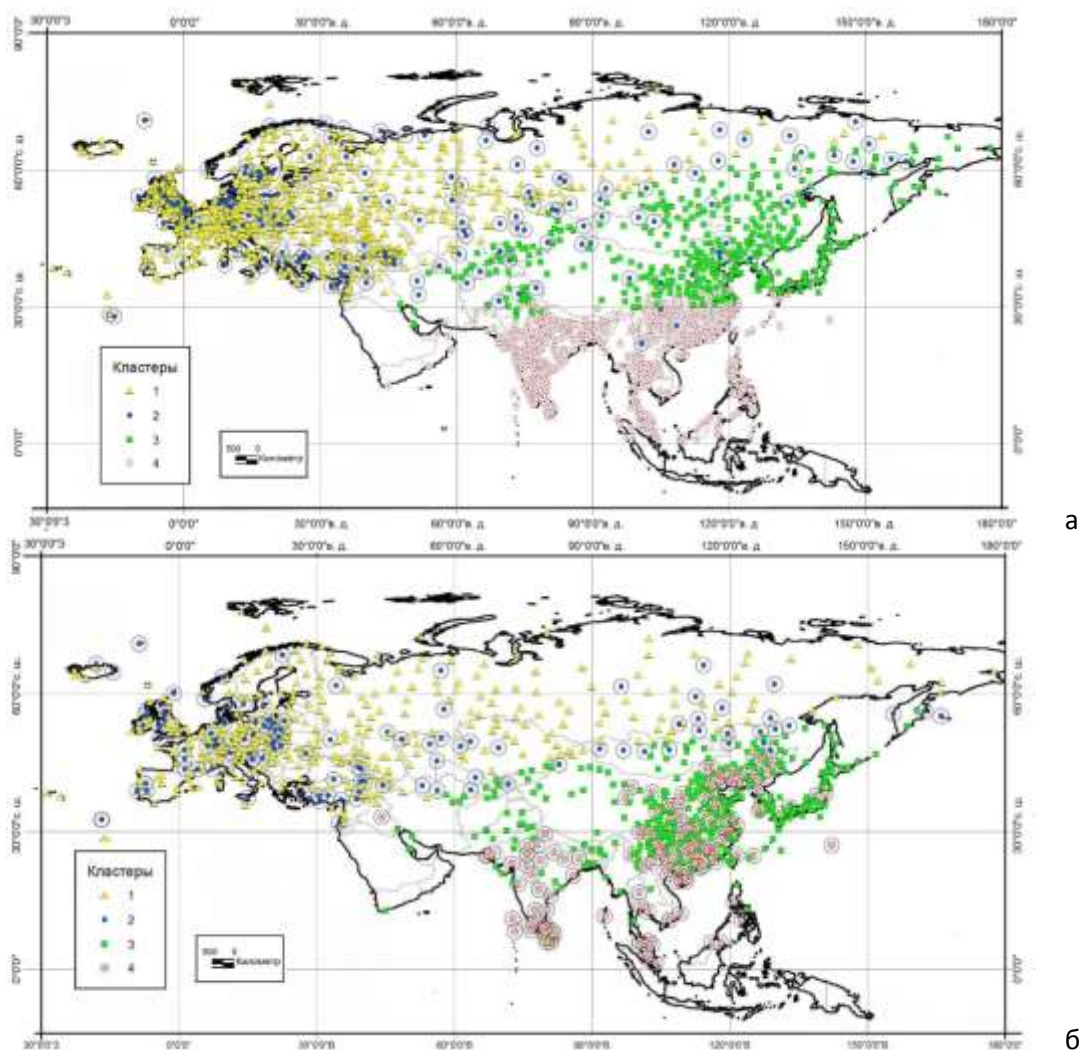
Для объективной оценки адекватности моделей был разработан новый метод оценки их чувствительности к природным вариациям факторов среды, выражаемой как вклад конкретного фактора в дисперсию наблюдаемых значений выходной переменной модели (водного и гидрохимического стоков). Одновременно предложена методология полного компонентного анализа дисперсии невязки моделей. Например, для модели стока общего растворенного железа чувствительность последовательно уменьшается в ряде: ландшафтная структура бассейнов (44 %), поперечный уклон (7 %), осадки (6 %), площадь пашни (5 %). Рассчитанный для этой модели критерий Нэша-Сатклиффа  $NSE=0.67$  соответствуют ее хорошему качеству.



Зависимость стока общего растворенного железа (г/с) от поперечного уклона речных бассейнов и нормированных на среднееголетнее значение осадков для верховья р. Катунь: а – зимняя межень (осадки за IX-XI мес. предшествующего года); б – весенне-летнее половодье (осадки за IV-VI мес. текущего года); в – летняя межень (осадки за VII-VIII мес.); г – осенняя межень (осадки за IX-XI мес.).

Для учета динамики метеорологических факторов по всей территории Алтае-Саянской горной страны был разработан метод нормировки и пространственного усреднения месячных значений температур воздуха и осадков. Он позволил адекватно охарактеризовать эту динамику и исключить влияние на нее высоты местности. Одновременно был разработан эффективный метод долгосрочного прогноза изменений этих факторов на ряд лет вперед. Такой прогноз имеет особую важность для горной страны, которая попадает, как показано Ю.Б. Кирстой, О.В. Ловцкой и Н.Ю. Курепиной, в зону значительной климатической дестабилизации.

Ю.Б. Кирстой и А.В. Пузановым предложена методология многолетнего прогноза водного и гидрохимического стоков рек в условиях дестабилизированного климата. Методология основывается на высокоадекватных имитационных моделях этих стоков, где входными факторами служат: пространственно усредненные среднемесячные температуры воздуха и месячные осадки, выраженные в процентах от своих среднемноголетних значений (а); площадь и высота ландшафтов речных бассейнов (б); высота замыкающих бассейны речных створов (в); длина речных русел (г); площадь пашни (д). Параметры моделей определяются в ходе совмещенного с ГИС системно-аналитического моделирования.



### Пространственная кластеризация осадков и температур Евразии:

*а – осадков; б – температур. Метеостанции, обведенные дополнительной окружностью большего размера, относятся к кластеру дестабилизированного климата.*



Их значения находятся через решение обратной задачи для систем нелинейных уравнений большой размерности, где рассчитываемые значения заменены данными наблюдений за водными стоками и концентрациями в них химических веществ. Решение выполняется с помощью оптимизационных методов пакета программ MATLAB. Разработанные прогнозные модели водного и гидрохимического стоков характеризуются критерием Нэша-Сатклиффа  $NSE > 0,65$ , что соответствует их хорошему и очень хорошему качеству.

Для 34 рек Алтае-Саянской горной страны дан многолетний прогноз изменений их водных стоков и концентраций в них химических веществ. Прогноз осуществлен на 2030 г. для всех четырех выделенных гидрологических сезонов. В его основу положены найденные тренды многолетних изменений температур воздуха и осадков по отдельным месяцам года. Температуры в январе уменьшатся (~20 %), в марте и апреле увеличатся (>20 %), а в остальные месяцы останутся прежними. Прогнозируемые изменения осадков имеют разнонаправленный характер по месяцам года. Водные стоки увеличатся на 12 % зимой и уменьшатся на 18 % летом относительно соответствующих средне-многолетних значений. Изменение качества речных вод по сезонам года гораздо значительнее. К 2030 г. концентрации некоторых загрязняющих веществ возрастут вдвое, а в отдельные годы и более. В целом интервалы их изменений составят от -75 % до +142 % зимой и от -46 % до +64 % летом.

С момента образования лаборатории ведется работа по оценке влияния природных и техногенных факторов на заболеваемость злокачественными новообразованиями в Алтайском крае.

Современное состояние окружающей среды и здоровья населения в Алтайском крае сформировалось в процессе не только естественного эволюционного развития, но и в результате продолжительных негативных техногенных воздействий. К ним относятся:

- длительные испытания ядерных устройств на Семипалатинском полигоне (1949-1989);
- широкомасштабное поднятие целинных и залежных земель (1954-1957);
- многолетнее использование в агропромышленном комплексе хлорорганических, фосфорорганических и ртутьсодержащих пестицидов, устойчивых в окружающей среде и образующих высокотоксичные метаболиты;
- трансграничные переносы загрязняющих веществ из других регионов на территорию края и др.



*О.В. Ловцкая и Ю.Б. Кирста на X Сибирском совещании по климато-экологическому мониторингу, Томск, 14-17 октября 2013 г.*

Особый полифакторный загрязняющий комплекс среды сложился на территории края в Локтевском муниципальном районе. Кроме перечисленных техногенных загрязнений, дополнительный вклад внесла горнодобывающая и горно-перерабатывающая промышленность: разработка полиметаллических руд и их промышленное обогащение; наличие хвосто-

хранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината, способствующих образованию локальных очагов повышенного содержания тяжелых металлов, в т.ч. и в приземном слое воздуха под влиянием экзогенных процессов (эрозии, дефляции). Экологическое неблагополучие в районе обусловлено еще и региональными особенностями территории, связанными с орографическими, геоморфологическими и климатическими характеристиками. От них, прежде всего, зависят уровни накопления и перераспределения основных загрязняющих веществ.

На основе анализа заболеваемости населения территорий с различной степенью антропогенной нагрузки на примере городов Горняк и Змеиногорск, различающихся по



объему и составу токсичных отходов горнорудного производства, был рассчитан относительный риск заболеваний злокачественными новообразованиями. По заболеваниям кожи выявлено, что для мужского населения в Горняке риск статистически достоверно выше, чем Змеиногорске (1,92 при  $p = 95\%$ , доверительный интервал 1,03-3,59) и в целом по Алтайскому краю, что связано с более высокой степенью техногенного загрязнения территории Горняка.

Заболеваемость населения злокачественными новообразованиями



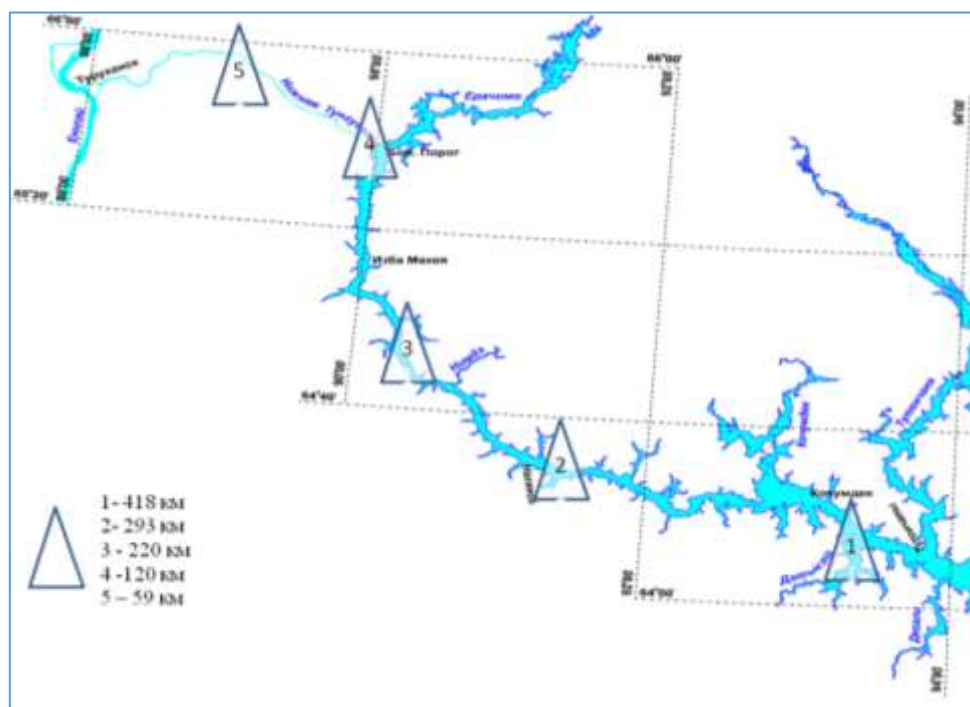
Карта-схема территории г. Барнаула:  
 М1 М2 – микроочаги заболеваемости ЗН;  
 М1...М5 – промышленные объекты-источники загрязнения.

На основе использования данных канцер-регистра в Барнауле выявлен повышенный уровень числа заболеваний злокачественными новообразованиями в многоэтажных домах, расположенных на участках с резким изменением рельефа (на уступах, холмах, в низинах) (Романов, Ковригин, Лазарев и др., 2016). Одной из возможных причин является возникновение застойных зон и ветровых теней, в которых при определенном соотношении между рельефом, высотой и формой домов происходит максимальное накопление канцерогенных веществ.



### *Работа по грантам и хоздоговорам*

В 2010 г. лабораторией биогеохимии была проведена оценка биогеохимической обстановки в долине р. Нижняя Тунгуска и ее влияния на химический состав водных экосистем планируемого Эвенкийского водохранилища. Установлено, что поступление тяжелых металлов и радионуклидов из затапливаемых почв и растительности (с учетом интенсивности биогеохимических процессов) не оказывает существенного влияния на концентрацию элементов в воде водохранилища.



*Точки отбора проб*



*Экспедиция по р. Нижняя Тунгуска*

Содержание радионуклидов и микроэлементов в исследованных почвах в основном не превышает предельно допустимых концентраций для почв и находится на уровне кларков земной коры и почв мира. Повышенным содержанием характеризуются V, Co и Cu. Отмечено превышение ПДК меди в почвах в некоторых образцах. Содержание ванадия в большинстве рассмотренных почв выше предельно допустимых концентраций. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  и естественных радионуклидов в растениях зоны затопления находится на уровне фона и характерна для незагрязненных территорий. Поступление сульфатов, хлоридов, гидрокарбонатов и фосфатов из почв зоны затопления существенно не повлияет на качество воды в Эвенкийском водохранилище вследствие их низких концентраций. Вклад затопляемого почвенного покрова в содержание органического углерода в водах водохранилища составит от 3,0 до 5,5 мг/л, что может оказать значительное влияние на функционирование его водных экосистем.

В реальных условиях заполнения водохранилища поступление микроэлементов из затопляемых почв (с учетом интенсивности биогеохимических процессов) будет влиять на концентрацию микроэлементов в воде незначительно. Затопленный почвенный покров не приведет к существенным изменениям уровня концентрации химических элементов в водах Эвенкийского водохранилища.

В 2008-2012 гг. в рамках работ по договору с Верхнеобским бассейновым водным управлением лаборатория биогеохимии работала над оценкой рассредоточенных и сосредоточенных источников загрязнения в Обь-Иртышском бассейне. Установлено, что из природных источников наиболее мощное влияние на химический состав речных вод оказывает почвенный покров их водосборов. Ландшафтно-геохимические и биогеохимические условия определяют поступление и концентрации загрязнителей в поверхностных водах. Существенное влияние на миграцию большинства элементов оказы-

вают окислительно-восстановительные условия природных ландшафтов. Геохимическая обстановка в исследованных бассейнах варьирует от окислительной слабощелочной и щелочной в повышенных аридных элементах рельефа до восстановительной глеевой слабокислой – в пониженных, избыточно увлажненных и на участках развития слабопроницаемых пород (глины, суглинки). Процессы миграции Cu, Zn, Pb более выражены в кислых транзитных ландшафтах с низкой буферностью почв горно-лугового пояса по сравнению с ландшафтами степной зоны, почвенный покров которой представлен черноземами выщелоченными и обыкновенными с высокими депонирующими свойствами. Особую роль в формировании гидрохимического состава вод Оби оказывает наличие большого количества органического



*Отбор проб в долине р. Нижняя Тунгуска*

вещества в опаде растительного покрова водосборов и почвах, особенно болотных. Разнообразие природных и антропогенных факторов обуславливает значительную вариабельность содержания элементов в природных водах (от низкого, недостаточного для живых организмов до превышающего ПДК). В целом наблюдаются относительно невысокие их концентрации, близкие по величине к средним показателям для рек мира. Однако выявлены и существенные отклонения в реках наиболее освоенных в сельскохозяйственном и промышленном отношениях районов.



*Ветровая эрозия в Кулундинской степи, фото – Маинел, 2010*



*Дно озера Горькое*



*Лизиметрическая станция*

Опустынивание – одна из острых мировых проблем, которой обеспокоено человечество. Она связана как с естественными (потепление климата, снижение количества осадков, колебания уровня грунтовых вод и др.), так и антропогенными (массовая распашка, отсутствие севооборотов, игнорирование удобрений, уничтожение древесной и кустарниковой растительности, интенсивный выпас скота и др.) причинами. В степных и лесостепных ландшафтах Алтайского края деградация почвенного покрова происходит за счет дефляции и засоления. Целью научно-исследовательской работы Лаборатории биогеохимии ИВЭП СО РАН, связанной с опустыниванием Алтайского края, является оценка трансформации основных свойств, и химического состава почв и почвенных растворов степной и лесостепной зон в результате дефляции и засоления.

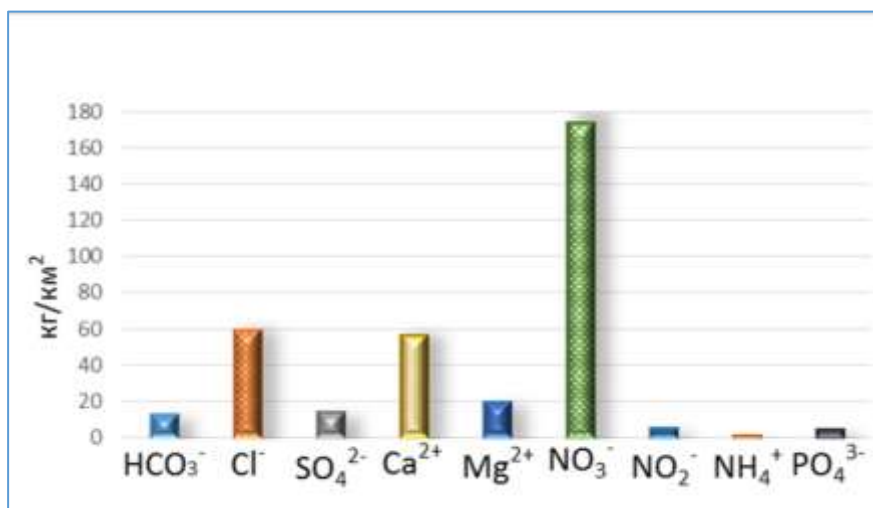
На основе результатов, полученных в рамках Международного междисциплинарного проекта «Кулунда – как предотвратить глобальный синдром – «пыльных бурь»?»



– Экологические и экономические стратегии устойчивого землепользования в степях России» («Kulunda – How to prevent the next «Global Dust Bowl»? – Ecological and Economic Strategies for Sustainable Land Management in the Russian Steppes») с использованием гравитационных взвешиваемых лизиметров фирмы UGT (Германия), рассчитан водный баланс почв и вынос макроионов и соединений биогенных элементов с почвенно-поверхностным и внутрипочвенным стоком на примере Кулундинской степи.

Впервые для рассматриваемых почв определена величина эвапотранспирации – 6,3 мм для пахотного и 7,1 мм для естественного варианта в сутки. Выявлен существенный вклад в водный баланс исследованных почв осадков в форме росы (4,9 и 5,5 мм/сут., соответственно). Установлено отсутствие инфильтрационных процессов. Рассчитан вынос макроионов и соединений биогенных элементов с почвенно-поверхностным стоком на пахотном варианте чернозема южного за вегетационный период. В условиях залежных вариантов почв поверхностный сток практически отсутствует.

Результаты изучения воздействия процессов опустынивания в Кулундинской степи на баланс углерода показали, что влажность почвы является основным фактором динамики органического вещества. Увеличение влажности в засоленных почвах компенси-



Количественные показатели выноса макроионов и соединений биогенных элементов с почвенно-поверхностным стоком



Активный термоцирк на оз. Тибейто

рует негативное влияние солей на рост растений и микробное сообщество.

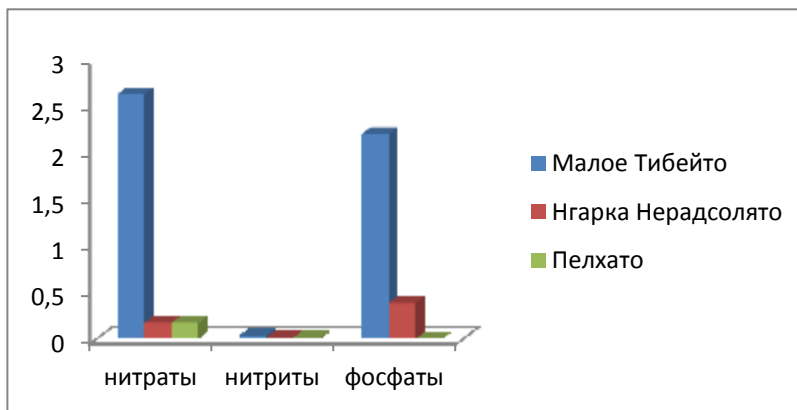
В рамках российского («Биогеохимические особенности наземных экосистем в бассейнах рек Сибири и их влияние на качество природных вод») и международного проектов (ALW-GO/16-13 «Вычислительные методы оценки глубокого и неглубокого оттаивания вечномерзлотных пород на основе использования радарных данных дистанционного зондирования») с 2017 г. проводятся исследования на территории Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения на полуострове Ямал.

Целью исследований стал мониторинг изменений состояния сезонно-талого слоя (СТС), качества поверх-

ностных вод термокарстовых озер, связанных с таянием вечной мерзлоты на ключевых участках полуострова Ямал. По результатам работ 2017-2019 гг. составлена база данных по показателям гидрохимического состава воды термокарстовых озер и элементного состава почв. Исследования показали варьирование глубины СТС от 25 до 140 см и глубже вблизи термокарстовых озер. В ионном составе воды термокарстовых озер доминировали натрий и хлориды. По величине водородного показателя вода озер – нейтральная, по степени минерализации они относятся к категории пресных и ультрапресных природных вод. Величина минерализации озерных вод не превышала 0,4 г/дм<sup>3</sup>. Установлено, что процессы термоденудации оказывают существенное влияние на содержание биогенных элементов и взвешенного вещества (ВВ) в воде термокарстовых озер Ямала. В воде оз. Тибейто выявлено максимальное содержание ВВ – 1354,0 мг/дм<sup>3</sup>, что было связано с активно протекающими процессами термоденудации. Берег озера с северной стороны был нарушен действующим термоцирком.

Если в воде озер, не подвергнутых изменениям (Нгарка Нерадсолято и Пелхато), нитраты, нитриты, фосфаты практически не обнаруживаются, то в воде озера с действующим активным термоцирком (Малое Тибейто), индуцирующим биогеохимические процессы в почвах водосбора, концентрации соединений значительны.

С 1999 г. лаборатория биогеохимии работает по экологической оценке территорий районов падения отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧ РН). С 2004 г. Институт



Содержание нитратов, нитритов и фосфатов в воде термокарстовых озер Ямала, мг/дм<sup>3</sup>



Отбор проб воды термокарстового озера Д.Н. Балыкиным

является головным исполнителем экологического сопровождения всех пусков ракет-носителей в Алтае-Саянском регионе. Сотрудники лаборатории участвуют в обеспечении безопасности и проведении экологического мониторинга в районах падения при осуществлении пусков ракет-носителей «Союз», «Протон», «Ангара» с космодромов Байконур, Восточный, Плесецк. Лабораторией проводятся исследования по оценке загрязнения экосистем районов падения компонентами ракетных топлив (НДМГ и керосин Т-1), ведется научно-исследовательская работа по изучению влияния ракетно-космической деятельности на окружающую среду и здоровье насе-

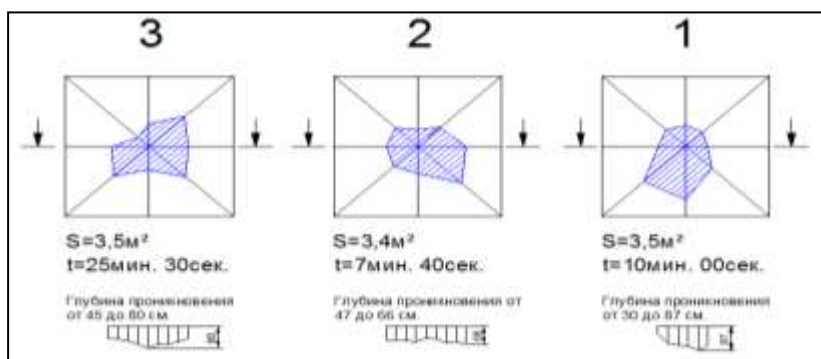
ления территорий, прилегающих к районам падения ОЧ РН. По результатам 2002-2022 гг. выявлено, что содержание ракетного топлива (НДМГ и керосина Т-1) и производных в почвах и растениях различных сельхозугодий, лесов, селитебных территорий, исследований, находятся ниже предела обнаружения методов определения.



*Отбор проб совместно с сотрудниками министерства охраны природы Республики Саха (Якутия)*



*Отбор проб снега и снегомерная съемка в РП 981*



*Распространение керосина в почве*

Сотрудники лаборатории с 2012 г. в составе коллектива Института принимали участие в проекте по изучению экосистем территории планируемого космодрома «Восточный» и районов падения (РП) отделяющихся частей ракетносителей (ОЧРН). В 2013-2014 гг. выполнены работы по проекту: «Рекогносцировка районов падения отделяющихся частей ракетносителей в Дальневосточном федеральном округе (ДВО). Разработка предложений по экспериментальной отработке, автономным и комплексным испытаниям КТС ЭРП» Проведены комплексные рекогносцировочные исследования и сезонные ландшафтно-геоэкологические работы для обеспечения безопасности пусков РН с использованием РП ДВО в разные сезоны года. Почвенно-геохимические исследования в РП 985 проводились совместно с сотрудниками министерства охраны природы Республики Саха (Якутия). В результате дан анализ фоновое экологического состояния ландшафтов предпола-





*Исследования миграции керосина в почвах*



*Полевые работы на территории космодрома «Восточный»*



*Ландшафтно-геохимические исследования*

гаемых РП ОЧРН, выявлены и проанализированы основные факторы негативного воздействия КРК «Союз-2» на окружающую среду. Оценено воздействие КРК при аварийных ситуациях и предложены мероприятия по обеспечению экологической безопасности в РП ОЧРН. Внесены предложения в Программу экологического мониторинга в районах эксплуатации КРК. Обоснована система рисков для обеспечения безопасности при пусках РН РП ДВО: состояние снежного покрова, особенности водных объектов, опасные гидрологические явления, опасные погодные явления и наличие особо охраняемых природных территорий.

Выявлено, что при аварийном проливе керосина ТС-1 особенности распространения его по поверхности зависит от микрорельефа, а также от гранулометрического состава и сложения почв. Их неоднородность, наличие различных включений создают предпосылки не только для фронтального просачивания, но и гравитационного стекания по каналам преимущественной миграции, что обеспечивает наиболее глубокое его проникновение.





*Отбор проб на месте обнаружения торового бака РН «Союз»*



*Рабочая группа (ЦЭНКИ, ИВЭП, РИАЦЭМ) на месте обнаружения фрагмента РН «Союз», Р П 985*



*На площадке экологического мониторинга РП 513 (Хабаровский край)*

В 2012-2014 гг. выполнены работы по проекту «Оценка влияния деятельности космодрома «Восточный» на окружающую среду и население региона» с целью анализа текущего состояния компонентов окружающей среды в зонах планируемого строительства объектов и на прилегающих к ним территориях. Дана оценка влияния и сделано обоснование мероприятий по предотвращению или смягчению воздействия на окружающую среду технологических процессов утилизации изделий ракетно-космической техники (РКТ) и объектов инфраструктуры, подлежащих сносу, (демонтажу, ликвидации) в процессе строительства. Разработана система комплексного экологического мониторинга наземных экосистем позиционного района космодрома. Дана оценка экологической ситуации на территории планируемого космодрома. Исследовано загрязнение ракетными топливами и их производными. Установлено, что работы по ликвидации фрагментов строительной инфраструктуры площадок и техническая рекультивация земель не привели



к увеличению исходных уровней загрязнения почвы тяжелыми металлами и нефтепродуктами.

В 2016-2019 гг. проводились работы по контролю над экологической обстановкой в позиционном районе космодрома «Восточный» и в районах падения отделяющихся частей (РП 981, 983, 985) с отбором проб объектов окружающей среды. Влияние пусков РН типа «Союз» с космодрома «Восточный» на биогеоценозы РП и позиционного района космодрома имеет локальный характер и не несет угроз для нормального функционирования природных комплексов. Уровень воздействия на окружающую среду квалифицируется как допустимый и экологически безопасный.

В настоящее время осуществляется ландшафтно-геохимическое обследование территорий при создании и модернизации РП ОЧ РН. Выполнен анализ территорий РП и прилегающих к ним по следующим направлениям: структура ландшафтов, климатические, гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, социально-экономические особенности, характеристики животного мира, растительного и почвенного покровов.

Одним из экологически важных исследований лаборатории является экологический мониторинг территорий, примыкающих к производственным площадкам Химзавода (филиал ОАО «Красмаш», Красноярский край), осуществляющий ликвидацию жидкостных баллистических ракет подводных лодок. Исследованы снежный покров, почвы, растительные материалы (хвоя), поверхностные воды, донные отложения. За три года наблюдений не выявлено загрязнения ни одного из компонентов окружающей среды. Количественные и качественные показатели их состояния характеризуются фоновыми величинами.

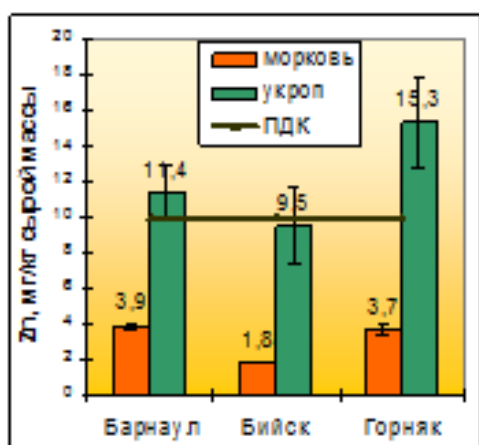
Воздействие Химзавода на окружающую среду квалифицируется как допустимое, поскольку содержание загрязняющих веществ в компонентах природной среды не превышает ПДК. Выбросы завода на протяжении периода наблюдений не оказывали негативного влияния на ландшафты за пределами производственных площадок. Не выявлено воздействия завода и на гидрохимию сопряженных водоемов. Все отобранные пробы воды соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к водам водных объектов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рекреационного водопользования. По сравнению с данными как по Сибирскому федеральному округу, так и по России жидкая фаза снега в районе исследования характеризуется высоким содержанием макрокомпонентов, нитратов, более щелочной реакцией среды. Однако превышения концентраций компонентов химического состава снеговых вод над местным фоном не выявлено. Ракетное топливо (несимметричный диметилгидразин) и его производные в наземных и водных экосистемах не обнаружены.

По гранту «Эколого-биогеохимическая обстановка в крупных городах юга Западной Сибири (Барнаул, Бийск, Горняк) и ее влияние на здоровье населения» в 2008 г. была проведена оценка содержания тяжелых металлов в огородных культурах. Для этих целей были выбраны культуры с подземной (морковь) и надземной зеленой (укроп) съедобными частями, выращенные в открытом грунте. В условиях аридного климата они являются наилучшими индикаторами аэрогенного загрязнения. Содержание Cd, Zn, Pb в укропе из частных подворий Барнаула, Бийска, Горняка, достоверно выше, чем в моркови. Превышение тяжелых металлов в листовых огородных культурах по сравнению с корнеплодами свидетельствует о преимущественно аэрогенном пути миграции тяжелых металлов в пределах изучаемой территории.

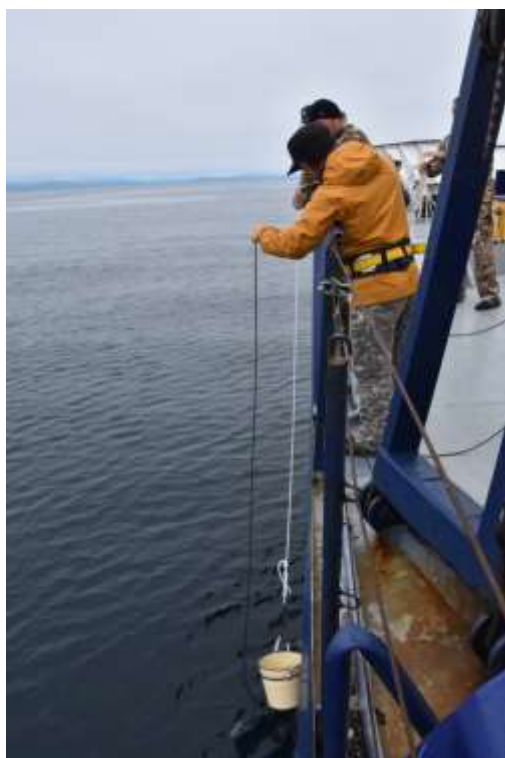
В более чем половине проб укропа из Барнаула и Горняка содержание цинка и кадмия превышало ПДК для овощей. В целом, зеленые овощи Барнаула и Горняка можно отнести к «условно-годной» пищевой продукции. Однако накопление цинка в огородных культурах городов (32-127 мг/кг) все же ниже, чем в травах городских газонов (22-181 мг/кг).

Наименьшим содержанием Cd, Zn, Pb отличаются морковь и укроп, выращенные на частных подворьях г. Бийска. Однако в укропе дачных участков окраины города, расположенных недалеко от стенда ФНПЦ «Алтай», где с 2004 г. проводится утилизация твердотопливных ракетных двигателей методом сжигания, обнаружено наибольшее содержание алюминия – до 65 мг/кг сырой массы (или 340 мг/кг сухой массы). Несмотря на соблюдение предприятием погодных условий при прожиге (выбор дней с направлением ветра в противоположную от города сторону), нельзя исключать влияние процесса утилизации на изменение микроэлементного состава компонентов сопряженных экосистем.

В 2010-2011 гг. в результате реализации Лаврентьевского гранта «Оценка влияния техногенных ландшафтов Северо-Западного Алтая на окружающую среду и здоровье



Содержание цинка в огородных культурах городов Барнаул, Бийск и Горняк



Отбор гидрохимических проб в акватории Охотского моря

населения» установлено, что в 60 % образцов огородных почв г. Горняк содержание цинка выше ОДК до 1,7 раза. Содержание исследуемых металлов в моркови не превышает ПДК и приводимые в литературе величины, за исключением меди, содержание которой в 50 % случаев выше содержания в овощах незагрязненных агроценозов. Оказалось, что наиболее насыщенная тяжелыми металлами овощная продукция г. Горняка (морковь) была выращена на огородах, расположенных не вблизи отвалов, а на некотором расстоянии от них – в основном, в центральной и северо-восточной части города. Это объясняется тем, что аэрогенная миграция тонкодисперсных фракций отвалов АГОКа (кристаллов солей, вторичных минералов), являющихся носителем более подвижных и доступных растениям форм металлов, происходит на большие расстояния, чем воздушный перенос более грубых фракций (мелких обломков горных пород), обеспечивающих насыщение почв близлежащих к отвалам участков валовым содержанием металлов.

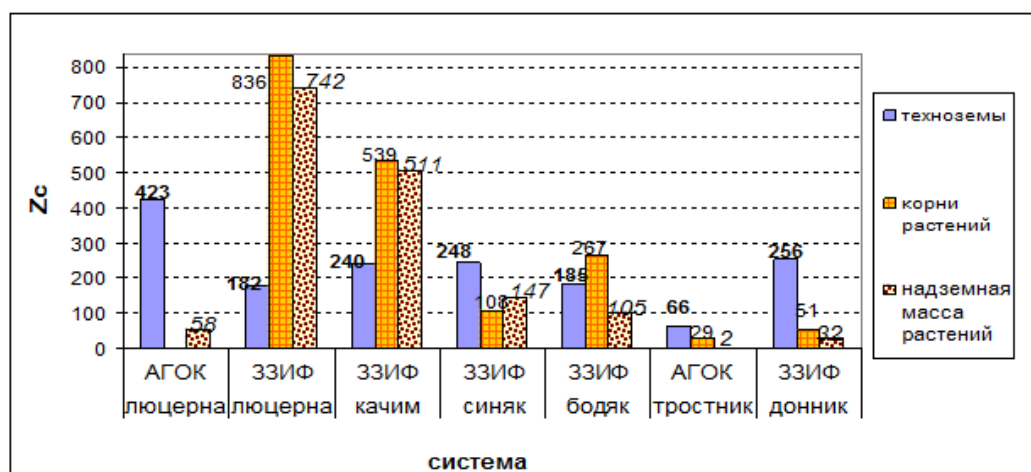
Содержание основных рудных и сопутствующих элементов в растениях техногенных ландшафтов Северо-Западного Алтая существенно превышает их концентрации в растениях незагрязненных экосистем (особенно Pb, Cd, Zn,) и более существенно варьирует. Индексы поглощения основных рудных металлов Cu, Pb, Zn и Hg, в условиях техногенного загрязнения субстрата в растениях снижаются, но увеличивается потребление дефицитного в аридных ре-

гионах Fe, что является, возможно, защитным механизмом – известно антагонистическое действие железа и ряда металлов. Ряд концентраций основных рудных и сопутствующих элементов в надземной фитомассе различных видов растений, произрастающих по периметру отвала ЗЗИФ, на бортах и подножиях отвалов АГОКа, как правило, выглядит следующим образом: (Fe) > Zn > Pb > Cu > Cd > Cr > Hg. Уровень накопления железа для гипсофилы и люцерны меньше, что возможно, объясняет аномально высокие концентрации Zn и Pb у данных видов.

В 2018-2020 гг. лабораторией в рамках гранта РФФИ «Оценка содержания макро- и микроэлементов, тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов, компонентов ракетного топлива в лесных и агроландшафтах Алтая в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия» проведен мониторинг содержания макро- и микроэлементов, тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов, компонентов ракетного топлива в лесных и агроландшафтах Алтайского края. Сложная биогеохимическая обстановка на исследуемой территории обусловлена разнообразием ее почвенного покрова и ландшафтно-геохимических условий, влиянием ракетно-космической деятельности, значительной аграрной нагрузкой, разработкой многочисленных месторождений полезных ископаемых, а также загрязнением радиоактивными веществами в результате испытаний ядерных устройств на Семипалатинском полигоне (Казахстан).

Установлено, что жизненно необходимые для растений, животных и человека элементы (Mn, Zn, Cu, Co) в почвах содержатся в оптимальных количествах, при которых у живых организмов процессы жизнедеятельности не нарушаются. Концентрации большинства микроэлементов находятся на уровне, характерном для незагрязненных почв мира. Наблюдается небольшое превышение уровня содержания мышьяка в почвах Алейской и Предгорной агроэкологических зон по сравнению с его кларком в почвах и земной коре. Это обусловлено фосфоритоносностью (а мышьяк обладает геохимическим сродством к фосфору) горных породы Алтае-Саянской горной страны, к которой пространственно тяготеют указанные зоны. Тем не менее, превышения уровня ОДК элемента в почвах нет.

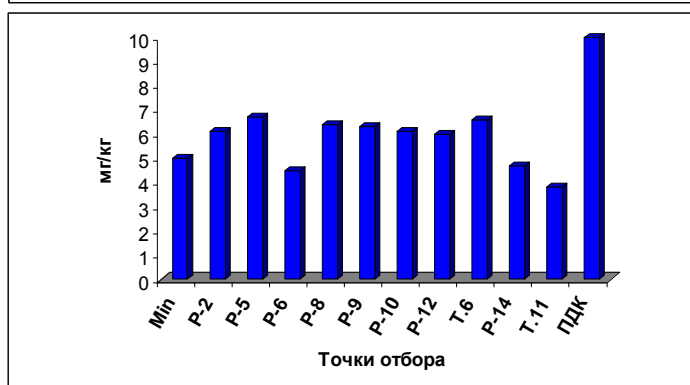
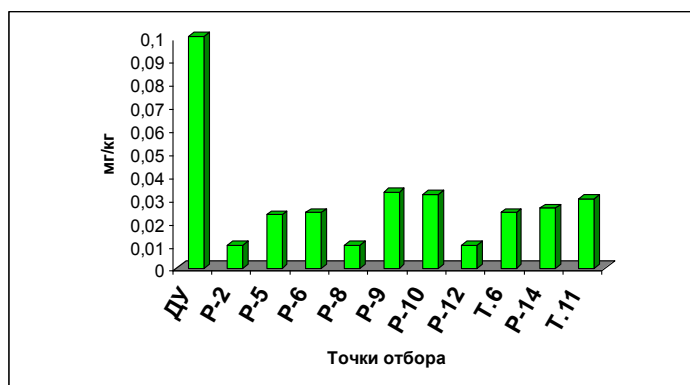
Содержание элементов в зерне яровой пшеницы – основной сельскохозяйственной культуры в Алтайском крае – согласуется с мировыми данными для этой культуры (Пузанов, Рождественская, Трошкова, 2019). Количество нормируемых веществ (свинца, кадмия, ртути, мышьяка) отвечает отечественным нормам и требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности зерна». Концентрация элементов в пастбищных травах, сене, кукурузе на зеленую массу входит в диапазон, характерный для трав и кормовых культур незагрязненных экосистем мира.



Суммарные показатели загрязнения субстратов и растений техногенных ландшафтов

Уровень содержания элементов в лекарственных растениях находится в пределах фоновых значений и не превышает ПДК для биологически активных добавок на растительной основе. Это позволяет отнести заготавливаемое на Алтае растительное сырье к категории экологически чистого. При существовании геохимической провинции с повышенным валовым содержанием мышьяка в почве биогеохимические провинции по этому и остальным исследованным элементам не проявляются.

Искусственный радионуклид  $^{137}\text{Cs}$ , имеющий доминирующее значение в формировании экологического риска на загрязненных территориях, аккумулируется в верхней 10-15 сантиметровой части почв, в освоенных почвах равномерно распределяется по пахотному горизонту. В Приобской агроэкологической зоне плотность загрязнения дерново-подзолистых почвах составляет около  $1 \text{ Ки}/\text{км}^2$  при фоновой плотности загрязнения почв цезием-137 от глобальных выпадений  $15-30 \text{ мКи}/\text{км}^2$ .



Содержание кадмия и меди в зерне яровой пшеницы:

а – кадмий; б – медь.

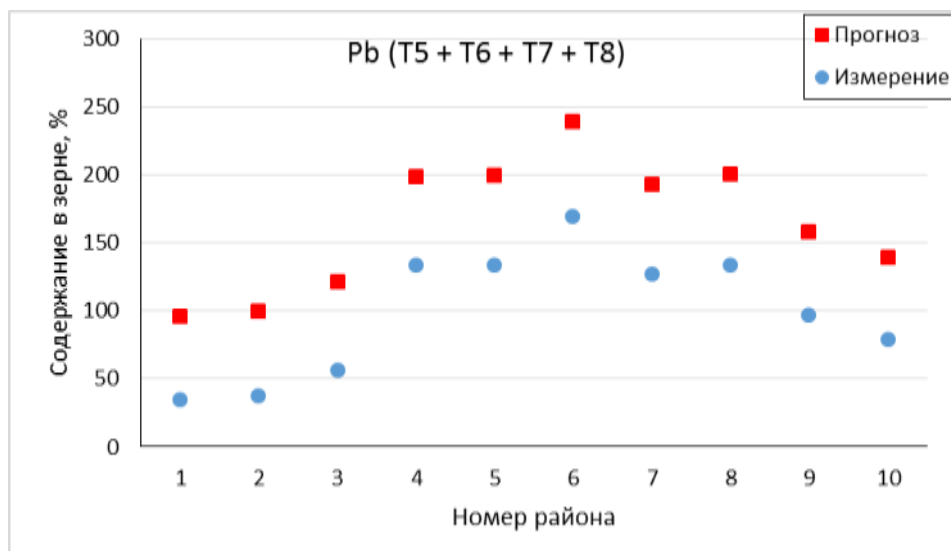
ДУ – допустимый уровень в продовольственном зерне (СанПиН 2.3.2.1078-01); Min – минимальное содержание для минеральной полноценности продукции. ПДК по СанПиН 2.3.2.1078-01.



Работа в аналитической лаборатории

а  
б

ется по пахотному горизонту. В Приобской агроэкологической зоне плотность загрязнения дерново-подзолистых почвах составляет около  $1 \text{ Ки}/\text{км}^2$  при фоновой плотности загрязнения почв цезием-137 от глобальных выпадений  $15-30 \text{ мКи}/\text{км}^2$ . Несмотря на большую удаленность от Семипалатинского ядерного испытательного полигона, плотность загрязнения цезием-137 почв Приобской части реликтового соснового бора в 3-6 раз выше, чем почв юго-западной части Алтайского края, более близкой к полигону. Пахотные почвы, сельхозпродукция и дикорастущие растения радионуклидами не загрязнены. Грибы, собранные в ленточном бору, показывают активность менее  $100 \text{ Бк}/\text{кг}$  сухого вещества (норматив не более  $2500 \text{ Бк}/\text{кг}$ ), что на порядок ниже данных, полученных 30 лет назад на этих же мониторинговых



Измеренное в 2018-2019 гг. (●) и прогнозируемое по климатическому фактору на 2030 г. (■) содержание свинца в зерне пшеницы:

1 – Кытмановский район; 2 – Целинный; 3 – Павловский; 4 – Романовский; 5 – Родинский; 6 – Ключевской; 7 – Алейский; 8 – Егорьевский; 9 – Третьяковский; 10 – Краснощековский район.

Содержание химических элементов выражено в процентах от соответствующих средних по всей территории.  $P_i$  – месячные осадки за  $i$ -месяц.  $T_i$  – среднемесячные температуры в  $i$ -месяце ( $i=1-12$ ).

площадках (900 Бк/кг). Пестициды ГХЦГ (альфа-, бета-, гамма-изомеры) и ДДТ и его метаболиты не выявлены ни в одной пробе почв и продукции. Содержание ракетного топлива (керосина-Т1) в почвах и растениях районов падения отделяющихся частей ракет-носителей находится ниже предела обнаружения методов определения.

В рамках системного подхода разработана имитационная модель для долгосрочного прогноза содержания токсических химических элементов в урожае зерновых. Исследование выполнено на примере пшеницы в Алтайском крае как одном из основных зернопроизводящих регионов России. Рассмотренные химические элементы включают: Pb, As, Cd, Hg, Na, Mn, Zn, Cu, Fe, Co и другие. Показано, что содержание Pb, Na, Mn, Cu в зерне зависит от климатических характеристик территории возделывания. Построены регрессионные зависимости содержания элементов в зерне от среднесезонных значений осадков и температур воздуха. На основе пространственного обобщения осадков и температур воздуха, обеспечивающего единообразную динамику относительных значений этих факторов по всей исследуемой территории, выполнен прогноз их изменения к 2030 г. Методика отбора проб зерновых, ГИС-технологии обработки метеорологических и картографических данных, методика прогноза региональных изменений климата и определение количественной связи содержания химических элементов в зерне с климатическими характеристиками составляют все вместе комплексную прогнозную имитационную модель содержания токсичных веществ в урожае зерновых. С помощью модели оценено изменение содержания Pb, Na, Mn, Cu в зерне к 2030 г. К этому году и позже количество свинца (Pb) в поступающих на элеваторы партиях пшеницы из некоторых муниципальных районов будет превышать уровень, разрешенный для продовольственного зерна. Содержание же большинства металлов в зерне слабо зависит от многолетних изменений осадков и температур воздуха и, поэтому, существенно не изменится.

В августе 2015 г. на базе Института проходила IX Международная биогеохимическая школа «Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии». Она была посвящена проблемам техногенного преобразования таксонов



биосферы, обсуждению роли биогеохимии в народном хозяйстве и разработке современных биогеохимических технологий. Мероприятие было организовано ИВЭП СО РАН совместно с ГЕОХИ РАН, ИПА СО РАН, НИТПТУ, ГАГУ, АГАУ при поддержке РФФИ и ОНЗ РАН. В работе Школы участвовали ученые из 82 научно-исследовательских и учебных учреждений, а также музеев и научно-практических организаций Российской Федерации, Белоруссии, Литвы, Болгарии, Франции, Швеции, Израиля, Германии, Молдовы, Монголии, Казахстана, Киргизии. Было заявлено 165 докладов. А.В. Пузанову была вручена грамота Оргкомитета Биогеохимических чтений памяти В.В. Ковальского с памятной медалью, С.В. Бабошкиной и Т.А. Рождественской – благодарственные письма от Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН за вклад в развитие биогеохимии и геохимической экологии и организацию Школы.

В целом, участники научного форума отметили высокий уровень организации рабо-



*Участники конференции*



*Участники конференции у памятника В.М. Шукину, с. Сростки*

ты конференции, актуальность представленных докладов и ряд новых научно-методических и практических решений в области различных направлений биогеохимии и экологии, эффективное формирование в ИВЭП СО РАН научного центра в области биогеохимии с постановкой комплексных системных исследований (Ермаков, Бабошкина, 2016). По материалам Школы опубликован сборник докладов (Биогеохимия.., 2015).

В 2016 и 2018 гг. лаборатория принимала активное участие в организации и проведении Всероссийских научно-практической конференций «Приоритетные задачи обеспечения безопасности и экологического сопровождения пусков РН типа «Союз», направления их реализации».



*Коллектив лаборатории*

Кадровый состав подразделения в настоящее время составляет 11 научных сотрудников, из них 4 доктора наук, 4 кандидата наук, а также инженеры, технологи и лаборанты.

Заведующим Лабораторией биогеохимии является А.В. Пузанов, г.н.с., д.б.н., профессор.

Сотрудники: В.А. Алексеенко, г.н.с., д.г-м.н., профессор; Ю.И. Винокуров, г.н.с., д.г.н., профессор; Ю.Б. Кирста, г.н.с., д.б.н., профессор; С.В. Бабошкина, с.н.с., к.б.н.; Д.Н. Балыкин, н.с., к.с-х.н.; С.Н. Балыкин, с.н.с., к.б.н.; Т.А. Рождественская, с.н.с., к.б.н.; А.В. Салтыков, н.с.; А.О. Ковригин, м.н.с.; И.А. Трошкова, м.н.с.; ведущие инженеры Г.Г. Губина, А.Ю. Пахотнова, Н.П. Цаплина; ведущий технолог М.П. Пеленева, инженер-технолог Г.М. Медникова; лаборант Н.В. Гуляева.

*Исследования лаборатории поддерживались интеграционными проектами и грантами российских государственных научных фондов:*

- РГНФ «Эколого-биогеохимическая обстановка в крупных городах юга Западной Сибири (Барнаул, Бийск, Горняк) и ее влияние на здоровье населения», 2008 г.;
- Лаврентьевский грант (конкурс молодежных проектов) «Оценка влияния техногенных ландшафтов Северо-Западного Алтая на окружающую среду и здоровье населения», 2010-2011 гг.;
- РФФИ 12-05-98068-р-сибирь-а «Моделирование и прогноз изменений климата, агроклиматического потенциала и эффективности землепользования в Алтайском крае и Сибирском федеральном округе», 2012-2012 гг.;
- Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 70 «Анализ и прогноз проявлений вынуждающего воздействия в ритмике метеорологических полей Северного полушария Земли», 2012-2014 гг.;
- РФФИ 18-45-220019 «Оценка содержания макро- и микроэлементов, тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов, компонентов ракетного топлива в лесных и агроландшафтах Алтая в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия», 2018-2020 гг.;
- РНФ 22-27-00058 «Среднесрочный прогноз среднего, максимального и минимального расходов при первой волне весеннего паводка на реках Алтае-Саянской горной страны», 2022-2023 гг.

#### *Основные труды*

1. Кирста Ю.Б. Прогноз климата и агроклиматического потенциала Сибирского федерального округа до 2020 г. // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 3. – С. 22-30.

2. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Горбачев И.В. Особенности миграции тяжелых металлов в природно-техногенных аномалиях Северо-западного Алтая // *Геохимия*. – 2012. – № 4. – С. 393-402.
3. Егорова И.А., Кислицина Ю.В., Пузанов А.В. Радионуклиды в почвах Северо-западного Алтая // *География и природные ресурсы*. – 2012. – № 3. – С. 31-35.
4. Бабошкина С.В., Горбачев И.В., Балыкин С.Н., Егорова И.А., Мешкина С.С. Импактный биогеохимический мониторинг огородных экосистем г. Горняка // *Вестн. Алтайского государственного аграрного университета*. – 2013. – № 10. – С. 42-47.
5. Балыкин Д.Н., Пузанов А.В., Балыкин С.Н. Эколого-геохимическая оценка долины реки Васюган (Томская область) // *География и природные ресурсы*. – 2013. – № 2. – С. 96-102.
6. Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Gorbachev I.V. Concentration and distribution of major macro- and microelements in surface waters in the Altai // *Water Resources*. – 2015. – Т. 42. – № 3. – С. 340-351.
7. Balykin D., Puzanov A., Stephan E., Meissner R. (2016) Using the Innovative Lysimetric Technology in the German-Russian Project «KULUNDA» In: Mueller L, Sheudshen AK, Eulenstein F (Eds) *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia*. Springer Water 2016, ISBN 978-3-319-24409-9 (eBook), 978-3-319-24407-5 (Hardcover) <http://www.springer.com/978-3-319-24407-5>.
8. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Алексеев И.А., Салтыков А.В. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов и мышьяка в системе огородные почвы-овощные культуры в районе строительства космодрома «Восточный» (бассейн р. Зея, Амурская область) // *Агрохимия*. – 2015. – № 2. – С. 89-96.
9. Bischoff N., Mikutta R., Shibistova O., Puzanov A., Silanteva M., Grebennikova A., Fuss R., Guggenberger G. Limited protection of macro-aggregate-occluded organic carbon in Siberian steppe soils // *Biogeosciences*. – 2017. – Vol. 14. – Is. 10. – С. 2627-2640.
10. Bischoff N., Mikutta R., Shibistova O., Dohrmann R., Herdtle D., Gerhard L., Fritzsche F., Puzanov A., Silanteva M., Grebennikova A., Guggenberger G. Organic matter dynamics along a salinity gradient in Siberian steppe soils // *Biogeosciences*. – 2018. – Vol. 15. – Is. 1. – P. 13-29.
11. Kirsta Y.B., Puzanov A.V. System-Analytical Simulation of Hydrochemical Runoff of Mountain Rivers: Case Study of Dissolved Iron // *Water Resources*. – 2019. – Vol. 46. – № 2. – P. 199-208.
12. Рождественская Т.А., Трошкова И.А. Естественные радионуклиды в почвах бассейна р. Верхний Алей (Северо-Западный Алтай) // *Агрохимия*. – 2019. – № 3. – С. 54-60.
13. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Балыкин С.Н., Рождественская Т.А., Салтыков А.В. Содержание химических элементов в почвах и поверхностных водах плоскогорья Укок (Юго-Восточный Алтай) // *Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов* – 2020. – Т. 331. – № 1. – С. 34-43.
14. Saltykov A.V., Balykin S.N., Archipov I.A. et al. Initial Geochemical Study of Planned Impact Zones of the Separated Parts of Launch Vehicles by OneWeb Project (Inclination 87°, Russia) // *Water Air Soil Pollut.* – 2020. – 231: 132.
15. Kirsta YuB., Puzanov AV. System-analytical modelling: 1. Development of regional models for mountain river runoff // *Eurasian journal of mathematical and computer applications*. – 2020. – № 2. – С. 69-85.
16. Kirsta Yuri B. System-analytical modelling: 2. Assessment of runoff model sensitivity to environmental factor variations // *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*. – 2020. – Vol. 8. – Is. 3. – P. 67-77.



17. Baboshkina S.V., Puzanov A.V., Rozhdestvenskaya T.A., Elchininova O.A., Troshkova I.A., Balykin D.N. Modeling of vertical moisture transfer in agricultural soils under two land use types // *Soil Environ.* – 2020. – 39(2): 211-222.

18. Alekseenko V.A., Shvydkaya N.V., Alekseenko A.V., Machevariani M.M., Bech J., Pashkevich M.A., Puzanov A.V., Nastavkin A.V., Roca N. Element Accumulation Patterns of Native Plant Species under the Natural Geochemical Stress // *Plants.* – 2021. – Vol. 10. – P. 33.

19. Kirsta Yuri B., Lovtskaya Ol'ga V. Good-quality long-term forecast of spring-summer flood runoff for mountain rivers // *Water Resources Management.* – 2021. – Vol. 35. – P. 811-825.

20. Alekseenko V.A., Shvydkaya N.V., Bech J., Puzanov A.V., Nastavkin A.V. Trace element accumulation by soils and plants in the North Caucasian geochemical province // *J. of Mining Institute.* – 2021. – 247: 141-153.

#### *Список использованных источников*

1. Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Ельчиногова О.А., Рождественская Т.А., Кузнецова О.В., Балькин С.Н., Трошкова И.А. Моделирование внутрипочвенного движения влаги в черноземах агроландшафтов Уймонской межгорной котловины (бассейн р. Катунь, Центральный Алтай) // *Успехи современного естествознания.* – 2016. – №12 (ч. 1). – С. 133-138.

2. Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии (в двух томах). – Барнаул, 2015. – Т. 1. – 313 с. – Т. 2. – 326 с.

3. Горбачев И.В., Рождественская Т.А., Пузанов А.В., Салтыков А.В., Тарабара А.В. Экологическая оценка наземных и водных экосистем в районе ликвидации ракетной техники на Химзаводе – филиале ОАО «КРАСМАШ» Красноярский край) // *Изв. АО РГО.* – 2019. – №1 (52). – С. 66-75.

4. Ермаков В.В., Бабошкина С.В. IX Международная биогеохимическая школа // *Геохимия.* – 2016. – № 5. – С. 484-492.

5. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Горбачев И.В. Особенности миграции тяжелых металлов в природно-техногенных аномалиях Северо-Западного Алтая // *Геохимия.* – 2012. – № 4. – С. 393-402.

6. Пузанов А.В., Рождественская Т.А., Трошкова И.А., Горбачев И.В., Балькин С.Н., Балькин Д.Н., Салтыков А.В., Аскерова Д.И. Микроэлементы в почвах и зерновой продукции Северо-Западного Алтая // *Тр. XI Международной биогеохимической школы «Биогеохимия – научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека».* – Тула, 2019. – Т. 2. – С. 174-177.

7. Романов А.Н., Ковригин А.О., Лазарев А.Ф., Лубенников В.А. К оценке влияния геофизических и техногенных факторов на заболеваемость злокачественными новообразованиями в Алтайском крае // *Геофизические процессы и биосфера.* – 2016. – Т. 15. – № 2. – С. 80-90.

8. Scaap M.G., Leij F.J., Van Genuchten M.Th. Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions // *J. of Hydrology.* – 2001. – Vol. 251. – № 3-4. – P. 163-176.

# ЛАБОРАТОРИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

И.Д. Рыбкина

Лаборатория водных ресурсов и водопользования (ЛВРВ) является одним из самых молодых подразделений Института, создана в декабре 2015 г. (приказ директора № 347 от 18.12.2015). В настоящее время ее штат включает 13 сотрудников, включая 1 доктора наук и 5 кандидатов наук, 4 сотрудника в возрасте до 35 лет. В состав лаборатории входит картографическая группа, осуществляющая геоинформационно-картографическое сопровождение научных проектов Института.

Сотрудниками ЛВРВ выполняются научно-исследовательские работы по следующим основным направлениям:

- изучение водных ресурсов и анализ их использования;
- оценка современной и перспективной водообеспеченности территорий;
- оценка и прогноз антропогенной нагрузки на водные объекты, их водосборные бассейны;
- оценка водохозяйственной безопасности регионов, долгосрочный прогноз условий формирования чрезвычайных водно-ресурсных и водно-экологических ситуаций;
- оценка вероятностного ущерба населению и объектам экономики от негативного воздействия природных вод;
- разработка научных основ пространственной организации природоохранных систем на примере водных объектов;
- разработка принципов реабилитации и восстановления водных объектов;
- оценка и прогноз водно-экологических ситуаций методами дистанционного зондирования Земли;
- геоинформационно-картографическое моделирование региональных систем водопользования;
- экологическая экспертиза водохозяйственных проектов и проектов водоохранных зон и прибрежных защитных полос, оценка воздействия на окружающую среду малых ГЭС.



Приказ директора № 347 от 18.12.2015 г.

При выполнении НИР коллектив лаборатории взаимодействует с другими научными подразделениями Института по вопросам оценки количества и качества водных ресурсов Сибири. За период 2015-2022 гг. лаборатория принимала участие в следующих проектах государственного задания Института:

– «Пространственно-временная организация природных и природно-хозяйственных систем в водосборных бассейнах: стратегия водопользования и обеспечения гидроэкологической безопасности Западной Сибири», научный руководитель – д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров;

– «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и на водосборах Сибири и их математическое моделирование для стратегии водопользования и охраны водных ресурсов», научный руководитель – д.т.н. А.Т. Зиновьев.

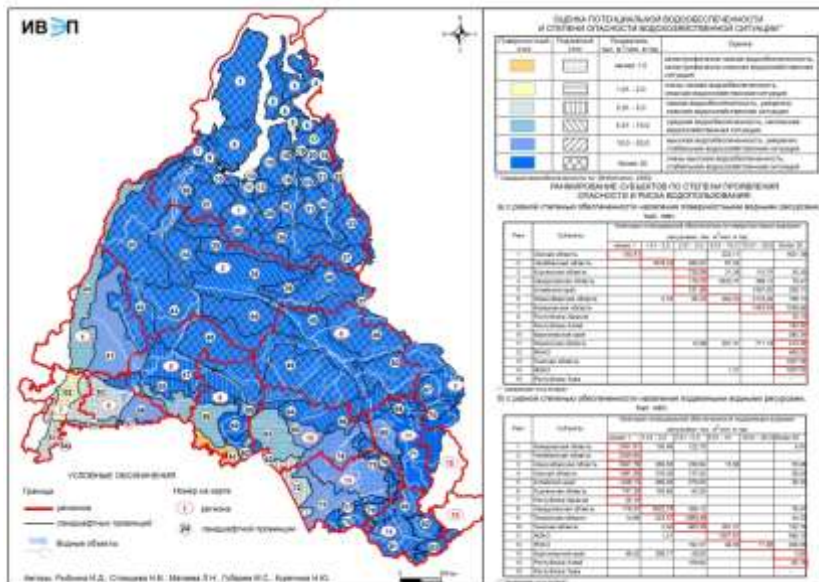
– «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий, научный руководитель – д.т.н. А.Т. Зиновьев.

*В ходе выполнения госбюджетных НИР были получены следующие наиболее значимые результаты.*

На основе предложенного авторского алгоритма выполнена оценка водохозяйственной безопасности регионов Западной Сибири, позволившая определить опасности и риск водопользования с точки зрения потенциальной и реальной обеспеченности населения и экономики водными ресурсами.

Разработаны оригинальные геоинформационно-картографические модели. Установлено, что в границах Обь-Иртышского бассейна в условиях катастрофически низкой потенциальной обеспеченности водными ресурсами (менее 1,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) проживает свыше 130,5 тыс. чел., в условиях очень низкой (1,0-2,0) – 1678,2 тыс. чел., в условиях низкой водообеспеченности (2,0-5,0 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) – 1477,2 тыс. чел. Это составляет около 15 % общей численности населения регионов. С учетом

оценки реальной обеспеченности населения и экономики поверхностными (речными) водами, антропогенной нагрузки на водные объекты риск водопользования проявляется только в отдельных муниципальных образованиях (МО) регионов Западной Сибири. Например, в МО Кемеровской области ему подвержены более 1,0 млн чел., проживающих в бассейне р. Томь.



*Оценка потенциальной водообеспеченности Сибири*



*Коллектив лаборатории*

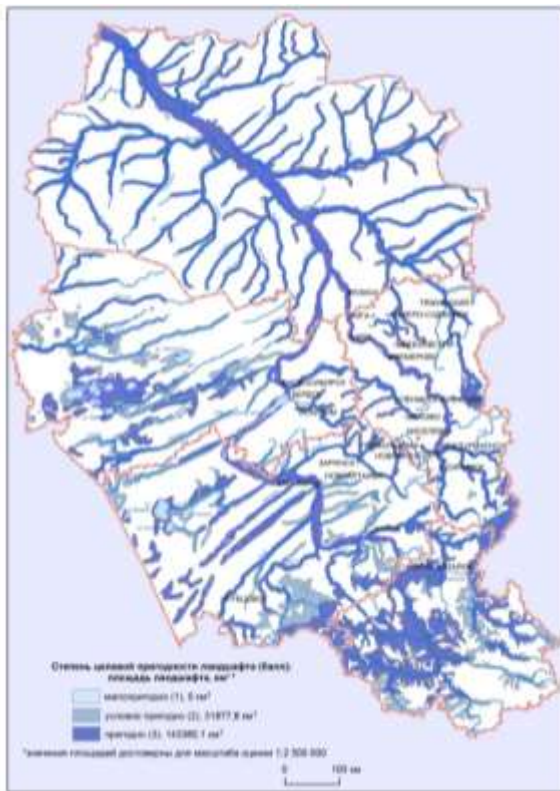
Для оценки рекреационного потенциала водных объектов бассейна Верхней Оби применен метод ландшафтно-географического анализа. Региональная оценка бассейна в масштабе 1 : 2 500 000 показала, что из 42 ландшафтов, отнесенных к долинным и пойменным типам, 30 имеют высший балл оценки и пригодны для использования в рекреационных це-

лях. Их общая площадь составляет 143,4 тыс. км<sup>2</sup>. К условно пригодным для рекреационного использования отнесены 12 ландшафтов общей площадью 31,9 тыс. км<sup>2</sup>.

Разработана серия картографических моделей вариантов водообеспеченности и антропогенной нагрузки в разные по водности периоды (годы). Так, антропогенная нагрузка на водные объекты бассейна Верхней Оби в целом характеризуется низкими значениями в годы как средней, так и минимальной водности, увеличиваясь в несколько раз в периоды межени.

Наибольшая нагрузка сточными водами в средние и минимальные по водности годы характерна для рек Чулым (Красный Завод), Иня (Березовка), Томь (Новокузнецк), Кондома (Кузедеево), Алей (Алейск) и др. В 2018-2019 гг. выполнен прогноз целевого использования водных ресурсов на примере модельных территорий бассейна Верхней Оби на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Согласно ранее разработанным методическим приёмам, в основу расчетов положены следующие показатели:

- на питьевые и хозяйственно-бытовые цели – динамика объемов использования водных ресурсов, удельное водопотребление на человека, результаты демографического прогноза в регионах Росстата (низкий, средний и высокий варианты);
- на производственные нужды – динамика производственного водопотребления и современная водоемкость промышленного производства, среднесрочный и долгосрочный прогноз объемов отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по видам экономической деятельности, индексы промышленного производства (базовый вариант прогноза Минэкономразвития РФ);
- на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение – динамика водопотребления и водоемкость сельскохозяйственного производства в регионах, среднесрочный и долгосрочный прогноз объемов продукции сельского хозяйства, прогнозируемые Минэкономразвития РФ индексы сельскохозяйственного производства (базовый вариант).



*Степень целевой пригодности ландшафта*

Во всех случаях учитывались тенденции целевого использования водных ресурсов в последние десятилетия, а также прогнозные показатели социально-экономического развития субъектов.

Согласно прогнозу, объемы водопотребления на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды в регионах Верхней Оби будут сокращаться, что согласуется с демографическим прогнозом на долгосрочный период по среднему варианту: к 2035 г. здесь будет проживать 8,96 млн чел. или 98 % от уровня 2017 г. Максимальное сокращение населения произойдет в Алтайском крае (на 0,26 млн чел.) и Кемеровской области (0,25 млн чел.).

Использование водных ресурсов на производственные цели в соответствии с планами социально-экономического развития увеличится к 2035 г. почти на 50 % по сравнению с 2017 г. Максимальное увеличение – свыше 800 млн м<sup>3</sup> – будет отмечаться в Кемеровской области; минимально – в Республике Алтай – на 2,35 млн м<sup>3</sup>. При этом лишь в



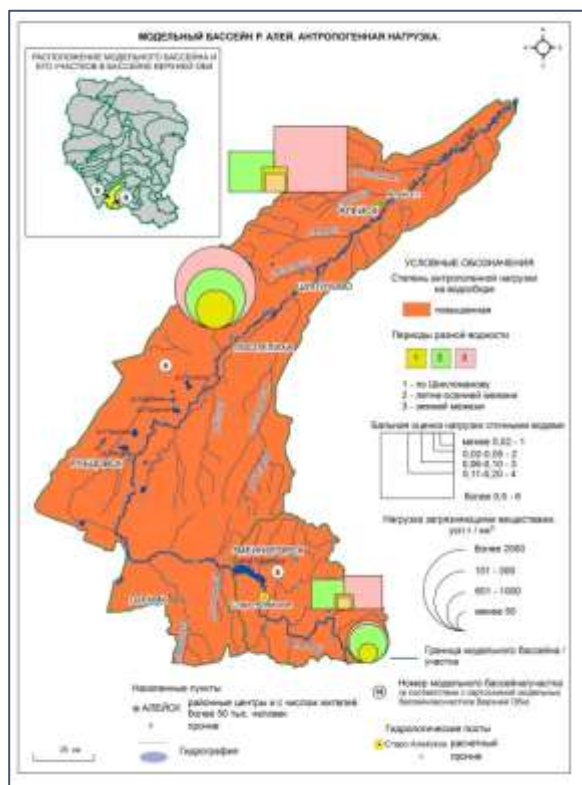
некоторых субъектах объемы водопотребления достигнут уровня 1990 г. (Новосибирская область), в других – только приблизятся к нему (Алтайский край).

В целях сельскохозяйственного водоснабжения и орошения объемы водопотребления возрастут в бассейне Верхней Оби на 32%. Это не столь значительно по сравнению с промышленным производством. Скорее всего, наибольшими темпами водоснабжение в этом секторе экономики будет увеличиваться в Новосибирской области (на 9,4 млн м<sup>3</sup>, или 49% за период 2017-2035 гг.).

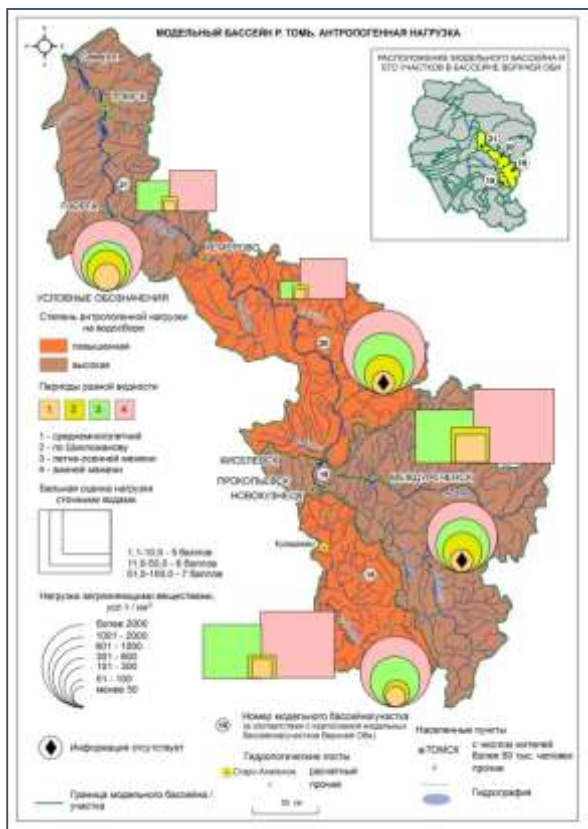
Кроме этого, проведен анализ и прогноз динамики объемов сброса сточных вод в регионах Верхней Оби за период с 1980 по 2017 гг. Динамика суммарного сброса сточных вод описана логарифмическим выражением. Исходя из полученной зависимости, построен прогнозный ряд до 2030 г., который показал наличие отрицательной динамики поступления сточных вод в поверхностные водные объекты Верхней Оби за рассматриваемый период.

На основе полученных перспективных значений объемов сброса сточных вод в поверхностные водные объекты выполнен прогноз антропогенной нагрузки на водные объекты регионов Верхней Оби на период до 2030 гг. с использованием показателя кратности разбавления сточных вод. Расчет произведен для общего объема сточных вод с учетом среднегодовых и минимальных значений речного стока.

Отмечается увеличение значений кратности разбавления сточных вод для всех регионов Верхней Оби, что обусловлено снижением объемов сточных вод, поступающих в поверхностные водные объекты. Для оценки последствий негативного воздействия природных вод собрана и систематизирована информация, полученная по запросам региональных управлений МЧС России по Республике Алтай, Алтайского края, Кемеровской, Новосибирской и Томской областей. Определена структура тематической базы данных (БД) по произошедшим ЧС на территории Верхней Оби и оценке вероятностного ущерба населению и объектам экономики.



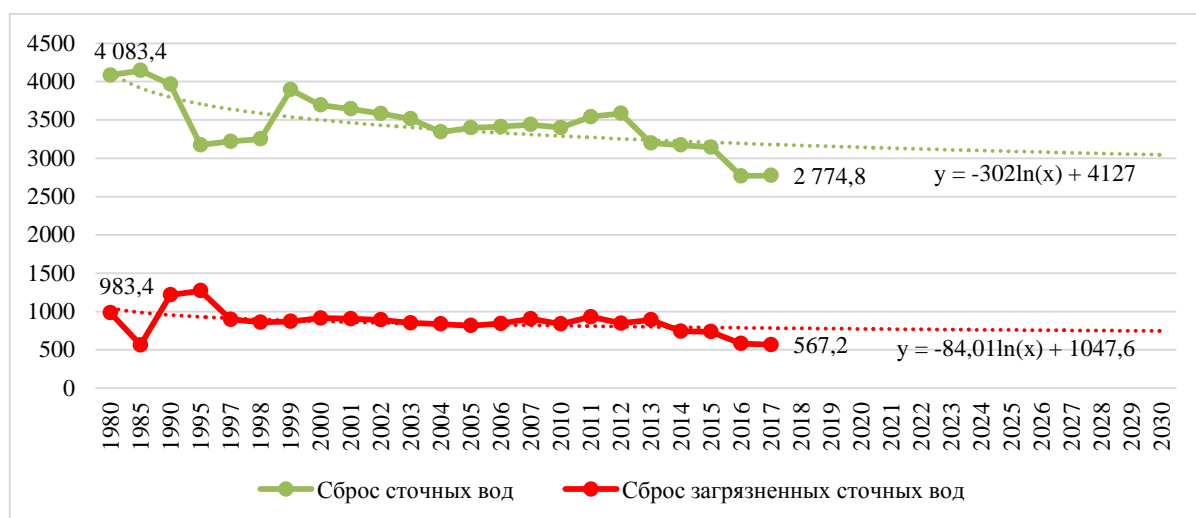
Антропогенная нагрузка в бассейне р. Оби



Антропогенная нагрузка в бассейне р. Томь

Прогноз целевых видов использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби  
(базовый вариант)

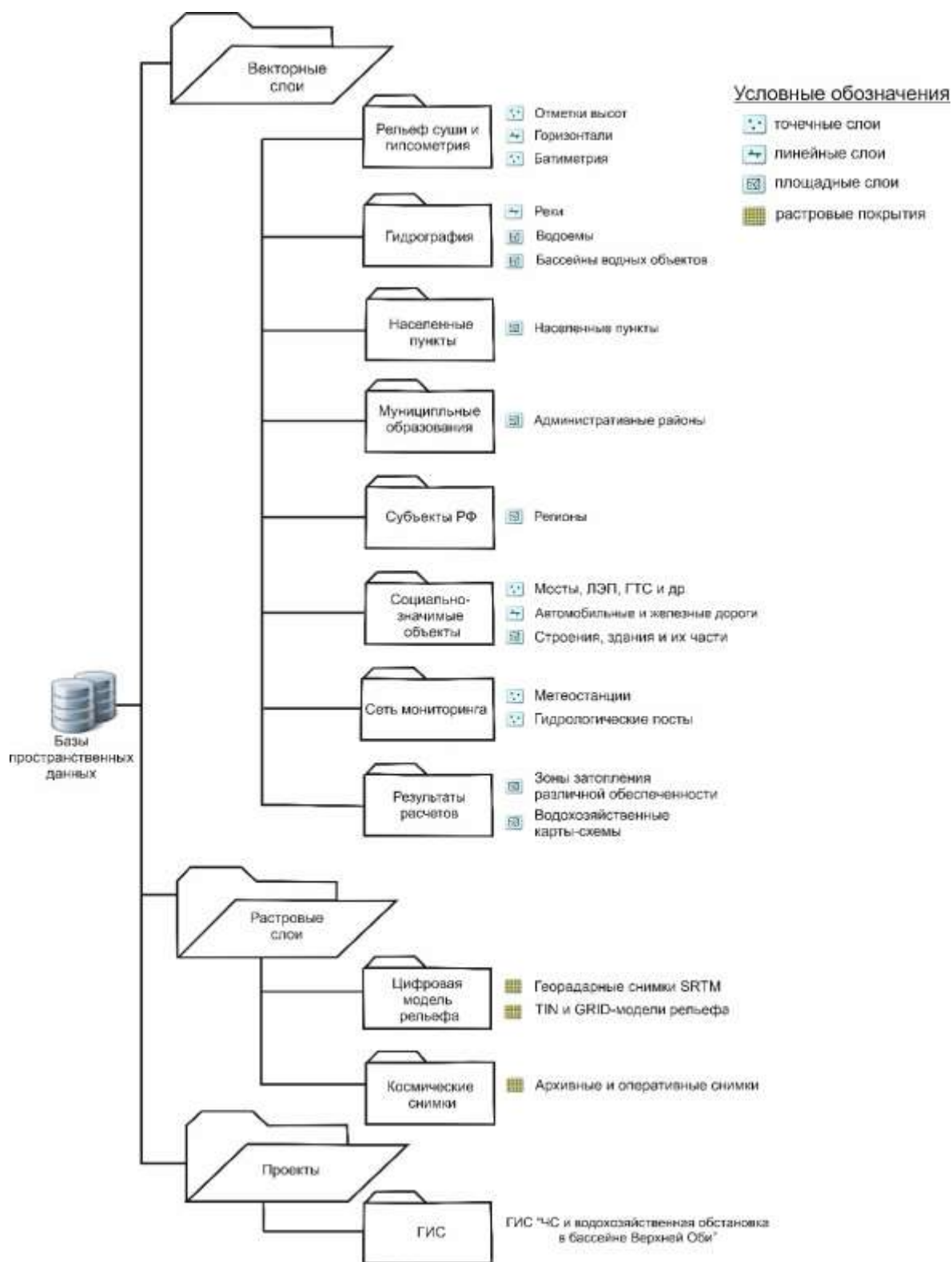
Использование пресной воды, всего, млн м <sup>3</sup>	2020	2025	2030	2035
На питьевые и хозяйственно-бытовые нужды, в т.ч.:	463,79	461,09	458,62	457,43
Новосибирская область	153,83	157,99	162,19	166,81
Алтайский край	73,92	71,65	69,12	66,64
Республика Алтай	2,94	2,97	2,98	2,99
Кемеровская область	180,95	175,64	170,73	166,65
Томская область	52,16	52,85	53,59	54,33
На производственные нужды, в т.ч.:	2399,68	2768,41	3223,39	3746,94
Новосибирская область	393,47	471,85	565,84	678,56
Алтайский край	234,98	269,77	309,71	355,57
Республика Алтай	1,96	2,38	2,94	3,44
Кемеровская область	1520,18	1731,70	2005,57	2315,99
Томская область	249,09	292,71	339,33	393,38
Сельскохозяйственное водоснабжение и орошение, в т.ч.:	63,66	67,41	71,57	76,11
Новосибирская область	20,73	23,11	25,77	28,73
Алтайский край	35,12	35,74	36,37	37,01
Республика Алтай	1,40	1,54	1,72	1,90
Кемеровская область	3,06	3,38	3,73	4,12
Томская область	3,34	3,63	3,97	4,34



Динамика и прогноз объемов сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты регионов Верхней Оби на период до 2030 г., млн м<sup>3</sup>



Динамика и прогноз кратности разбавления сточных вод в бассейне Верхней Оби на период с 2000 до 2030 гг., число раз



### Картографическая база данных оценки ущерба негативного воздействия природных вод

Анализ данных, предоставленных региональными управлениями МЧС России, и полученный на его основе картографический материал позволил сделать следующие выводы:

– во всех регионах бассейна Верхней Оби за период с 2004 по 2018 гг. регистрировались ЧС, вызванные затоплением/подтоплением территорий;

– наибольшее количество населенных пунктов, подвергшихся затоплению/подтоплению, зафиксировано в Алтайском крае – 323 ед.; в процентном отношении относительно суммарного количества пунктов в регионе – в Республике Алтай (42,1 %); наибольшее количество населенных пунктов в бассейне Верхней Оби, подвергшихся затоплению/подтоплению, составило в 2014 г. – 228, в 2018 г. – 214 и в 2015 г. – 164.

– наибольшее количество населенных пунктов, которые хотя бы один раз за исследуемый период подверглись затоплению/подтоплению, располагаются в бассейнах рек: Катунь – 100 ед., Чарыш – 73, Бия – 50, Томь – 49;

– отмечены годы с наибольшим количеством затопленных/подтопленных населенных пунктов: для бассейна р. Катунь – в 2014 г. ЧС наблюдались в 92 населенных пунктах, в 2018 г. – в 27; для бассейна р. Чарыш – в 2018 г. в 57 населенных пунктах, в 2014 г. – в 36; для бассейна р. Бия – в 2014 г. в 41 населенном пункте, в 2018 г. – в 18; для бассейна р. Томь – в 2015 г. в 24 и в 2006 г. – в 12 населенных пунктах.

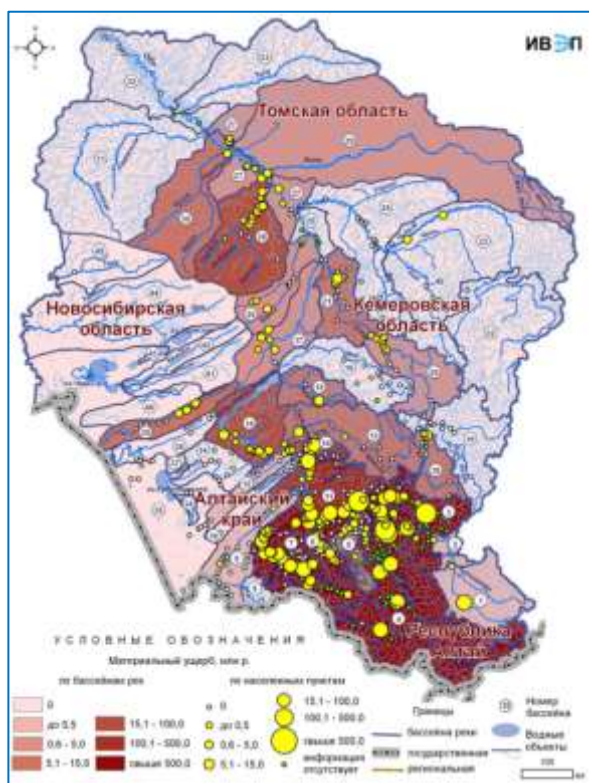
Наибольшие стоимостные величины фактического ущерба от затопления и подтопления территорий за период 2004-2018 гг. (свыше 500 млн руб.) соответствуют бассейнам рек Бия (участок № 3 на карте), Катунь (№ 4), Ануй (№ 6) и Чарыш (№ 7), что связано со сложной паводковой ситуацией в Республике Алтай и Алтайском крае, прежде всего, в 2014 г.

Общий суммарный ущерб по населенным пунктам двух субъектов федерации составил за весь рассматриваемый период 8894,2 млн руб., в т.ч. для Республики Алтай – 6500,0 млн руб., для Алтайского края – 2394,2 млн руб.

Совместно с лабораторией гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН на основе многолетних рядов наблюдаемых данных произведен расчет высших уровней паводковых вод различных обеспеченностей на примере бассейна р. Чарыш и оценен вероятностный ущерб населению и объектам экономики в стоимостном выражении.

В границах населенных пунктов бассейна р. Чарыш вероятностный ущерб в случае наводнений и паводков 1 % обеспеченности, по нашим прогнозам, может достигнуть 7955,20 млн руб., в т.ч. 49 % общей стоимости – промышленным предприятиям, производственным объектам и сооружениям, почти 27 % – коммуникациям и инженерным сооружениям, около 24 % – жилым домам и объектам социальной инфраструктуры. Совокупный объем вероятностного ущерба рекреационным объектам исследуемых территорий в этом случае может составить 911,91-1232,61 млн руб.

Проведенные оценки и прогнозы состояния системы водоснабжения, уровней антропогенной нагрузки на водные объекты, анализируемых показателей паводкоопасных ЧС, конфликтов водоохранного и рекреационного водопользования, частично представленные выше, позволили разработать предложения и рекомендации в страте-



Степень целевой пригодности ландшафта



гии развития регионов бассейна Верхней Оби. Банк анализируемых данных на основе собранной, расчетной и обработанной информации стал основой для формирования матрицы рекомендаций.

Перечень предлагаемых рекомендаций учитывает региональную специфику и остроту проявления обозначенных проблемных областей водохозяйственных отрасли субъектов федерации, а также основывается на методических указаниях для разработки Проектов СКИОВО. Последнее обстоятельство делает возможным использование представленных рекомендаций при разработке проектов и/или возможных намечаемых корректировках существующих СКИОВО в бассейнах сибирских рек.

В рамках выполнения сотрудниками экспедиционных работ получены отдельные научные результаты:

- по инвентаризации состояния прудов и водохранилищ степной зоны Алтайского края;
- по изучению территориальной организации водопользования в бассейне р. Чумыш;
- по выявлению проблем водоснабжения сельских населенных пунктов Алтайского края;
- по определению источников загрязнения водных объектов, влияющих на их состояние путем плоскостного смыва с водосборной территории р. Бурла;
- по верификации прогнозных данных вероятностного ущерба населению и объектам экономики в бассейне р. Чарыш;
- по оценке рекреационной нагрузки и параметров рекреационных воздействий на водные объекты и прилегающие территории (на примере бассейна оз. Телецкое);
- по изучению динамики уровня грунтовых вод в бессточной области Обь-Иртышского междуречья;
- по оценке экологического состояния водных объектов области замкнутого стока рек Обь и Иртыш.



Наименование рисунка?

Матрица рекомендаций по группам мероприятий в стратегии водообеспечения и водопользования регионов бассейна Верхней Оби

Группы мероприятий	Гарантированное обеспечение водными ресурсами надлежащего качества населения и экономики	Состояние систем водопользования	Антропогенная нагрузка на водные объекты и водосборные бассейны	Использование водных объектов без изъятия (рекреационное водопользование)	Негативное воздействие природных вод
<p>Фундаментальные мероприятия</p>	<p>1. Инвентаризация и оценка экологического состояния водных объектов - источников водоснабжения, в том числе для разных видов целевого использования.</p> <p>2. Изучение гидрогеологических особенностей территорий регионов с учетом потребностей населения и экономики в водах питьевого качества, определение степени защищенности грунтовых и подземных вод от загрязнений.</p> <p>3. Разработка научно обоснованного эколого-водохозяйственного районирования субъектов федерации с целью классификации муниципальных образований по остроте проявления проблем питьевого водоснабжения.</p>	<p>1. Изучение поверхностных и подземных водных источников с целью повышения доступности природных вод питьевого качества.</p> <p>2. Оценка водно-ресурсного потенциала регионов для обеспечения существующих и перспективных потребностей населения и экономики, бесперебойного функционирования систем водопользования.</p> <p>3. Разработка эколого-экономических механизмов, обеспечивающих улучшение качества и охват населенных пунктов услугами питьевого водоснабжения</p>	<p>1. Оптимизация сети мониторинговых исследований (увеличение числа гидропостов, автоматизированных станций контроля и наблюдений) малоосвоенных речных бассейнов, создание и восстановление гидропостов на удаленных участках, в истоках рек, в переходных зонах между равнинами и горами, в разных природно-климатических условиях водосборных территорий.</p> <p>2. Разработка и наполнение бассейновых геоинформационных систем с отдельным блоком оценочных данных по интенсивности антропогенных воздействий.</p>	<p>1. Проведение научных исследований и обоснование системы рекреационного водопользования на водных объектах регионов.</p> <p>2. Совершенствование деятельности по мониторингу и контролю соблюдения режимов использования водных объектов в рекреационных целях.</p> <p>3. Научное обоснование и проведение работ по восстановлению и поддержанию зонального почвенно-растительного покрова на территории рекреационного назначения, созданию дорожно-тропиночной инфраструктуры для сведения к минимуму дестабилизации почвы и воздействий на ландшафты побережий водных объектов.</p>	<p>1. Совершенствование системы мониторинга и прогнозирования негативного воздействия вод для населения и объектов экономики.</p> <p>2. Идентификация территорий, подверженных затоплению и подтоплению, их классификация и картографирование.</p> <p>3. Моделирование и прогнозирование ЧС на малых водных объектах регионов, в переходных природно-климатических зонах и геоморфологических районах.</p>

Группы мероприятий	Гарантированное обеспечение водными ресурсами надлежащего качества населения и экономики	Состояние систем водопользования	Антропогенная нагрузка на водные объекты и водосборные бассейны	Использование водных объектов без изъятия (рекреационное водопользование)	Негативное воздействие природных вод
Структурные мероприятия	<p>1. Мероприятия по ремонту, реконструкции и модернизации систем водоснабжения.</p> <p>2. Строительство станций водоподготовки на существующих и планируемых водозаборах</p> <p>3. Мероприятия по организации водоснабжения малых сельских населенных пунктов</p> <p>4. Совершенствование технологий водообеспечения, водоподготовки и водоснабжения территорий</p>	<p>1. Мероприятия по сокращению потерь воды при ее подаче и транспортировке.</p> <p>2. Мероприятия по увеличению протяженности уличной водопроводной и канализационной сети и других инженерных коммуникаций и сооружений систем водопользования.</p> <p>3. Мероприятия по повышению обеспеченности населения питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности.</p> <p>4. Мероприятия по поддержанию и увеличению числа объектов централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в регионах.</p>	<p>1. Мероприятия по увеличению степени благоустройства территорий речных бассейнов системами сбора и утилизации твердых коммунальных отходов, ливневых и канализационных стоков, загрязненного диффузного стока.</p> <p>2. Разработка и внедрение безотходного производства в целях рационального водопользования и обеспечения безопасности хозяйственно-питьевого водоснабжения.</p>	<p>1. Оборудование зоны рекреации и обеспечение экологической безопасности использования водного объекта.</p> <p>2. Реализация мероприятий по предотвращению негативного воздействия рекреации на окружающую среду, по сбору мусора и предупреждению загрязнений водных объектов.</p> <p>3. Создание естественных буферов (отступов, полос устойчивой растительности) между территориями рекреационного развития и водой в пределах земельных участков рекреационного назначения.</p>	<p>1. Осуществление комплекса предупредительных, инженерно-технических мероприятий для обеспечения надежности защиты населения и объектов экономики на территориях, подверженных негативному воздействию вод.</p> <p>2. Строительство и реконструкция капитальных берегозащитных и берегоукрепительных сооружений.</p> <p>3. Проведение дноуглубительных мероприятий на водных объектах.</p> <p>4. Строительство и реконструкция противопаводковых и иных гидротехнических сооружений, предназначенных для предотвращения негативного воздействия вод.</p>

Группы мероприятий	Гарантированное обеспечение водными ресурсами надлежащего качества населения и экономики	Состояние систем водопользования	Антропогенная нагрузка на водные объекты и водосборные бассейны	Использование водных объектов без изъятия (рекреационное водопользование)	Негативное воздействие природных вод
Институциональные мероприятия	<p>1. Инвентаризация существующей инженерной инфраструктуры водохозяйственного комплекса и создание соответствующего реестра ВХС.</p> <p>2. Разработка и наполнение профильных паспортов населенных пунктов в сфере водоснабжения.</p> <p>3. Создание системы учета и контроля расхода воды малыми и средними водопользователями.</p>	<p>1. Разработка классификации и инвентаризация систем водопользования в целях обоснования нормативно-правовых основ целевого использования и охраны водных ресурсов.</p> <p>2. Разработка и внедрение водоресурсных индикаторов стратегического развития регионов.</p> <p>3. Совершенствование институциональных механизмов и систем рационального водопользования.</p>	<p>1. Нормативно-правовое регулирование сложившихся системами землепользования в водоохраных зонах водных объектов с целью предотвращения загрязнения и истощения водных ресурсов.</p> <p>2. Мероприятия по обустройству и благоустройству прибрежных защитных полос и водоохраных зон рек, водоемов.</p> <p>3. Формирование банка данных нарушенных и антропогенно измененных водных объектов или их участков.</p>	<p>1. Разработка правовых механизмов создания управляемых зон рекреационного водопользования на водных объектах.</p> <p>2. Формирование механизмов экономического стимулирования рационального использования рекреационных водных ресурсов, в т.ч. обеспечения развития экологически ориентированной инфраструктуры прибрежных зон отдыха.</p> <p>3. Обустройство и обеспечение соблюдения режима водоохраных зон водных объектов в зонах рекреационного водопользования.</p>	<p>1. Совершенствование технологии обработки информации и ведение базы данных о состоянии водных объектов и объектов, попадающих в зону затопления/подтопления.</p> <p>2. Разработка структуры бассейновой ГИС с подробной характеристикой объектов, попадающих в зону затопления/подтопления, а также гидротехнических и защитных сооружений.</p> <p>3. Выявление и законодательное узаконение территорий, потенциально подверженных затоплению/подтоплению с разработкой рекомендаций по регулированию их использования.</p>

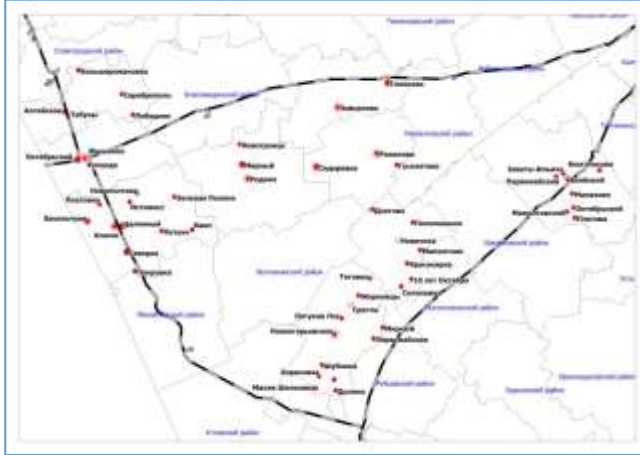


Группы мероприятий	Гарантированное обеспечение водными ресурсами надлежащего качества населения и экономики	Состояние систем водопользования	Антропогенная нагрузка на водные объекты и водосборные бассейны	Использование водных объектов без изъятия (рекреационное водопользование)	Негативное воздействие природных вод
Мероприятия по охране водных объектов	<p>1. Организация и соблюдение зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения.</p> <p>2. Ликвидация и тампонирующее неиспользуемых скважин, контроль за микробным и санитарно-химическим состоянием подземных водных источников.</p> <p>3. Контроль за объектами специального назначения (полигонами ТКО, угольными шахтами, накопителями сточных вод и др.) с целью предупреждения загрязнения поверхностных и подземных водных объектов.</p>	<p>1. Мероприятия по увеличению объемов оборотного и повторно-последовательного водоснабжения в регионах.</p> <p>2. Мероприятия по созданию и использованию альтернативных систем и источников водопользования.</p> <p>3. Разработка и реализация проектов водохозяйственных зон с выделением статуса прибрежных защитных полос и установлением особых режимов водопользования на их территории.</p>	<p>1. Соблюдение режимов природопользования на водных объектах и их прибрежных территориях.</p> <p>2. Совершенствование систем очистки и технологий сброса сточных вод.</p> <p>3. Создание информационных систем по оценке диффузного загрязнения водных объектов – источников питьевого водоснабжения.</p> <p>4. Устройство защитных лесополос и поддержание лесистости речного бассейна для снижения негативного воздействия, в т.ч. сельскохозяйственной деятельности, на водные объекты.</p>	<p>1. Разработка нормативов допустимого рекреационного воздействия на рекреационно значимые водные объекты, учитывающие региональные особенности и индивидуальные характеристики водных объектов.</p> <p>2. Регламентация использования прибрежных территорий в целях рекреационного водопользования на участках водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение и/или являющихся местами обитания водных биологических ресурсов.</p>	<p>1. Оценка текущего экологического состояния водных объектов, основных природных и антропогенных факторов, определяющих наступление ЧС.</p> <p>2. Картографирование фактологической и оценочной информации по водно-экологическим рискам зон затопления и подтопления в регионах.</p> <p>3. Зонирование территории речных бассейнов по степени паводковой опасности и остроте проявления водно-экологических рисков.</p>

Группы мероприятий	Гарантированное обеспечение водными ресурсами надлежащего качества населения и экономики	Состояние систем водопользования	Антропогенная нагрузка на водные объекты и водосборные бассейны	Использование водных объектов без изъятия (рекреационное водопользование)	Негативное воздействие природных вод
Мероприятия по оперативному управлению водными ресурсами	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание открытой базы данных по водоснабжению регионов в целях оперативного управления водными ресурсами.</li> <li>2. Организация системы оперативного мониторинга качества питьевого водоснабжения в населенных пунктах регионов в случае ЧС и для контроля безопасности функционирования ВХС</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мероприятия по оперативному регулированию бесперебойного и безопасного функционирования систем водопользования регионов.</li> <li>2. Автоматизация контроля технических параметров систем водопользования.</li> <li>3. Учет доли экологического стока при использовании водных ресурсов и оперативном регулировании водопользования в регионах.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание систем водоохранной инфраструктуры речных бассейнов.</li> <li>2. Контроль случаев высокого и экстремально высокого загрязнения водных объектов.</li> <li>3. Оперативная идентификация источников антропогенных воздействий и загрязнений.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формирование единой информационно-аналитической системы управления рекреационным водопользованием региона.</li> <li>2. Защита критически важных мест обитания в пределах земельных участков рекреационного назначения, в т.ч. с помощью создания специально отведенных зон естественной защиты и управляемыми путями передвижения животных.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кратко- и среднесрочный прогноз гидрологических ЧС на водных объектах регионов.</li> <li>2. Подготовка к паводкоопасному периоду в муниципальных образованиях с наибольшей вероятностью возникновения ЧС.</li> <li>3. Организация и проведение мер чрезвычайного характера для преодоления паводковых ситуаций.</li> </ol>

Сотрудники лаборатории принимают активное участие в совместной научной деятельности со сторонними организациями, как с российскими, так и с зарубежными партнерами.

Исследования, выполненные с немецкими коллегами в рамках Международного междисциплинарного проекта «Кулунда – как предотвратить глобальный синдром – «пыльных бурь»? – Экологические и экономические стратегии устойчивого земле-



Название рисунка



Название рисунка



Публикации Международного междисциплинарного проекта «Кулунда – как предотвратить глобальный синдром – «пыльных бурь»? – Экологические и экономические стратегии устойчивого земле-

пользования в степях России» («Kuldunda – How to prevent the next «Global Dust Bowl»? – Ecological and Economic Strategies for Sustainable Land Management in the Russian Steppes») (2011-2016), позволили установить качественные и количественные характеристики эволюции степных ландшафтов вследствие интенсивного землепользования и процессов опустынивания, истощения и деградации почв, динамики изменений селитебных структур.

В 2021-2023 гг. ведется работа в рамках российско-французского гранта РФФИ № 21-55-75002 «Разработка рекомендаций в целях устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон». Полученные результаты по заявленным целям и задачам гранта представлены на совместном интернет-ресурсе и на сайте ИВЭП СО РАН: <http://iwerp.ru>, <https://www.belmontforum.org>.

За 2015-2022 гг. коллектив лаборатории принимал участие во многих государственных и хозяйственных контрактах, выполняемых в Институте. Наиболее значимым проектом в этой категории работ стала разработка Территориальной схемы обращения с отходами, включая твердые коммунальные отходы Алтайского края (2016-2017). Авторами-разработчиками был предложен оригинальный подход к территориальному зонированию Алтайского края, обоснованы целевые показатели по утилизации, обезвреживанию и размещению отходов и др.

При взаимодействии со специалистами Алтайского государственного медицинского университета, Управления Роспотребнадзора по Алтайскому краю был подготовлен текстовый, картографический материал, и в 2018 г. состоялось иллюстрированное картографическое издание «Медико-географического атласа Алтайского края. Клещевые зоонозы с природной очаговостью». В Атласе собраны систематизированные сведения из области медицинской географии, эпидемиологии, экологии, медицины, а также статистические данные, позволяющие выявить пространственные изменения, произошедшие с клещевыми зоонозами на территории Алтайского края с 2001 по 2015 гг. Основная особенность изданного произведения – комплексный подход к изучению данной группы болезней, анализ как отдельных показателей абиотических, биотических и антропогенных факторов, влияющих на природные очаги клещевых заболеваний, так и их сопряженной взаимосвязи. В основу создания Атласа положена методология пространственного анализа зональных и азональных природных комплексов разного иерархического уровня, оценки их взаимосвязи со здоровьем населения и геоинформационно-картографическое моделирование этих связей, где в качестве операционных единиц картографирования выступили природные образования.



«Медико-географический атлас Алтайского края. Клещевые зоонозы с природной очаговостью»



Один выпуск из серии карт «Большое золотое кольцо»

В результате сотрудничества специалистов-картографов нашей лаборатории с коллегами ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» была разработана и издана серия карт брендовых туристских маршрутов Алтайского края «Большое золотое кольцо», «Малое золотое кольцо», «Казачья подкова Алтая», имеющая большой успех среди жителей Алтайского края и туристов из других российских регионов.

Сотрудники лаборатории уделяют большое значение работам по подготовке научных кадров высшей квалификации, вовлечению в научную деятельность молодежи и популяризации научного знания.

На базе лаборатории за годы ее существования успешно прошли обучение 4 аспиранта по направлению наук о Земле по специальности «Геоэкология». В настоящее время продолжает обучение аспирант по профилю подготовки наук о Земле по специальности «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

На базе лаборатории за годы ее существования успешно прошли обучение 4 аспиранта по направлению наук о Земле по специальности «Геоэкология». В настоящее время продолжает обучение аспирант по профилю подготовки наук о Земле по специальности «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».





Название рисунка



Название рисунка



Название рисунка

В 2020 г. заведующей лабораторией И.Д. Рыбкиной защищена докторская диссертация по теме «Водоресурсное обеспечение долгосрочного регионального развития Западной Сибири (на примере Обь-Иртышского бассейна)».

Сотрудники лаборатории активно преподают в Алтайском государственном университете (Институт географии, Институт биологии и биотехнологий), участвуют в работе Алтайского краевого отделения РГО, выступают с открытыми лекциями и докладами на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах, сотрудничают с водохозяйственными и природоохранными структурами и предприятиями регионов исследований.

Основные научные труды сотрудников ЛВРВ представлены на сайте ИВЭП СО РАН в разделе лаборатории – <http://iwep.ru>.

## ЛАБОРАТОРИЯ ГИДРОЛОГИИ И ГЕОНФОРМАТИКИ

А.Т. Зиновьев, О.В. Ловцкая

История лаборатории гидрологии и геоинформатики, написанная к 20-летию ИВЭП СО РАН представлена в статье О.В. Ловцкой [Ловцкая, 2007]. Весной 2007 г. лаборатория претерпела коренное изменение кадрового состава. На должность заведующего лабораторией был назначен, а затем избран к.ф.-м.н. А.Т. Зиновьев. Он пригласил на работу в Институт к.ф.-м.н. А.В. Кудишина и к.ф.-м.н. К.Б. Кошелева, с которыми активно сотрудничал при выполнении работ по программе Старт-2005 [Зиновьев, 2007].

С самого начала формирования лаборатории гидрологии и геоинформатики в ее новом составе в научно-организационной жизни подразделения принимал активное участие академик РАН О.Ф. Васильев. Он являлся научным руководителем бюджетных и интеграционных проектов; многие сотрудники лаборатории входили в состав его научной школы. Был относительно небольшой период в 2007-2008 гг., когда лабораторные семинары по вопросам, связанным с выполнением работ по базовому проекту, проводили в НФ ИВЭП СО РАН в Академгородке. В этих семинарах активно участвовал директор филиала к.т.н. А.А. Атавин.

Олег Федорович Васильев часто формулировал новые задачи, решение которых позволило получить интересные результаты, и не всегда только научные. Так, по предложению О.Ф. Васильева, сотрудник ГГИ д.т.н. В.А. Бузин и к.ф.-м.н. А.Т. Зиновьев подготовили обзор по современному состоянию проблемы «Ледовые процессы и явления на реках и водохранилищах. Методы математического моделирования и опыт их реализации для практических целей» [Бузин, Зиновьев, 2009].

Поставленная академиком РАН О.Ф. Васильевым важная научно-практическая задача по оптимизации попусков из Новосибирского водохранилища в зимние месяцы при маловодьях была решена [Атавин и др., 2014; 2020], в результате чего построена компьютерная модель гидроледотермических процессов в нижних бьефах ГЭС и гидроузлов, которая применена к условиям нижнего бьефа Новосибирского гидроузла. В численных расчетах установлено и натурными данными подтверждено, что для обеспечения требуемого уровня воды на участке водозабора НФС-5 г. Новосибирска в отдельных гидрометеорологических ситуациях в зимние месяцы нужно не увеличивать, а уменьшать сбросы воды из водохранилища в нижний бьеф [Атавин и др., 2014; 2021].

В 2008-2010 гг. сотрудники лаборатории вместе со своими коллегами по Институту выполнили большую работу по проекту «Оценка современного состояния водной среды и прогноз ее изменения на перспективу строительства Эвенкийской ГЭС на р. Нижняя Тунгуска» (научные руководители: академик РАН О.Ф. Васильев, д.г.н. Ю.И. Винокуров; ответственный исполнитель – к.ф.-м.н. А.Т. Зиновьев). Отметим, что параллельно с ИВЭП СО РАН другими вопросами, связанными с этим проектом гидростроительства, занимались еще несколько институтов СО РАН. Планируемое строительство одной из самых крупных в мире Эвенкийской (Туруханской) ГЭС мощностью 12 млн кВт связано с развитием большой гидроэнергетики в Сибири и на Дальнем Востоке [Васильев, Зиновьев, 2009]. Оценкой воздействия водохранилища Туруханской ГЭС на окружающую среду Сибирское отделение РАН начало заниматься еще в 1980-х гг., и последующая экспертная работа базировалась на ранее полученных результатах исследований. В ней принимали участие практически все сотрудники лаборатории, но особо хотелось бы отметить вклад в решение поставленных задач В.П. Галахова, К.Б. Кошелева, А.В. Кудишина, К.В. Марусина и А.А. Атавина. Проект был очень непростой: уникальное водохранилище длиной по руслу реки более 1000 км

и объемом 100 км<sup>3</sup> по одному из вариантов рассматриваемых створов гидроузла, мало исходных данных для моделирования и оценки изменения качества водной среды рек Нижняя Тунгуска и Енисей, весьма специфические физико-географические условия территории строительства [Зиновьев, 2009]. Важной частью работ стало обсуждение полученных результатов исследований всех организаций-исполнителей на общественных слушаниях в поселках Туруханск и Тура (район строительства ЭГЭС), в которых участвовал А.Т. Зиновьев. Данный научно-исследовательский проект по обоснованию инвестиций в строительство Эвенкийской ГЭС был успешно реализован, но его окончание совпало с крупной аварией на Саяно-Шушенской ГЭС, что во многом, на наш взгляд, предопределило окончательное отрицательное решение о строительстве ЭГЭС.

В эти же годы сотрудники лаборатории в составе научного коллектива Института выполняли работы по государственному контракту «Исследование современного состояния и научное обоснование методов и средств обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса в бассейнах рек Оби и Иртыша». Для задач интегрированного управления водными ресурсами в бассейнах Оби и Иртыша разработан прототип Системы поддержки принятия решений в виде ГИС-проекта с управляющим блоком «Реестр водных объектов Обь-Иртышского бассейна». В Систему включены информационно-моделирующие комплексы расчета затоплений пойменных территорий, расчета течений в системах русел, расчета показателей качества воды и специализированные ГИС и базы данные [Современное состояние..., 2012].

В 2010-2012 гг. сотрудники лаборатории гидрологии и геоинформатики выполняли фундаментальные исследования в рамках базового проекта IV.31.2.12 «Разработка проблемно-ориентированных ГИС и информационно-моделирующих комплексов для изучения водных объектов Сибири на основе новых методов интеграции пространственных междисциплинарных данных» (научные руководители д.ф.-м.н. И.А. Суторихин и к.ф.-м.н. А.Т. Зиновьев), который входил в Программу фундаментальных исследований академика РАН Ю.И. Шокина (ОУС СО РАН по нанотехнологиям и информационным технологиям), совмещая их с работами по проекту VII.62.1.1 «Исследование гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и экологических процессов в водных объектах Сибири с учетом антропогенных факторов и изменения климата» (научный руководитель академик РАН О.Ф. Васильев; ОУС СО РАН №3).

Помимо участия в базовых проектах сотрудники лаборатории в 2012-2014 гг. активно работали по нескольким интеграционным проектам СО РАН. В их числе междисциплинарный интеграционный проект СО РАН 42 «Природные и техногенные риски критически важных гидротехнических объектов, водохранилищ и водных систем Сибири» (д.т.н. В.В. Москвичев), междисциплинарный интеграционный проект СО РАН 69 «Интегрированные исследования климатических, гидрологических и экосистемных процессов на территории болот Западной Сибири» (член-корреспондент РАН М.В. Кабанов, междисциплинарный интеграционный проект СО РАН 132 «Проблемы гидродинамики, гидрофизики и экологии крупных водоемов Сибири» (академик РАН О.Ф. Васильев), партнерский проект фундаментальных исследований СО РАН 74 «Разработка принципов и информационно-вычислительных технологий обработки и интерпретации мультиспектральных спутниковых изображений высокого и сверхвысокого пространственного разрешения (для наук о Земле, экологии и природопользования)» (д.т.н. О.И. Потатуркин). При активном участии с.н.с., к.с.-х.н. Е.Д. Кошелевой получены интересные результаты по прогнозам изменения водности на территории Западной Сибири в условиях климатических изменений [Кошелева и др., 2012; Zinoviev et al., 2016].

С 2012 по 2020 гг. сотрудники лаборатории (н.с. А.В. Дьяченко, инженеры А.А. Коломейцев и А.А. Вагнер) под руководством н.с. К.В. Марусина выполнили важные научно-практические работы в рамках проекта НИР «Мониторинг деформаций русла р. Обь на участке переходов ВЛ 220 кВ в районе пос. Затон и ВЛ 1150 кВ в районе с. Барсуково». Кратко результаты исследований по данному проекту представлены в статье К.В. Марусина «Натурные исследования руслового процесса», опубликованной в настоящем сборнике.

Период 2013-2016 гг. – время работ основного числа сотрудников лаборатории по базовому проекту СО РАН VII.76.1.1– «Исследование процессов формирования стока и разработка информационно-моделирующих систем оперативного прогнозирования опасных гидрологических ситуаций для крупных речных систем Сибири» (Науч. руководитель академик РАН О.Ф. Васильев, отв. исполнитель д.т.н А.Т. Зиновьев). По вышеперечисленным проектам выполнены исследования по разработке численных моделей затопления-опорожнения поймы для русел сложной морфометрии (К.Б. Кошелев) [Зиновьев и др., 2013], по построению информационно-моделирующих комплексов для краткосрочного прогнозирования весенних половодий и дождевых паводков на крупных реках Сибири (на примере Верхней Оби) (К.Б. Кошелев, А.В. Кудишин, О.В. Ловцкая). В 2014 и 2015 гг. разработанные модели были применены при прогнозах расходов и уровней воды в период катастрофического паводка на территории Алтая (2014) и крупного весеннего половодья (2015) [Зиновьев и др., 2015a; Зиновьев и др., 2016]. Результат прогнозирования половодья 2015 г. включен в число наиболее значимых результатов СО РАН за 2016 г.

В этот же период 2013-2016 гг. сотрудники лаборатории выполняли работы по еще одному базовому проекту СО РАН «Разработка информационно-аналитического обеспечения для исследования водно-экологических процессов в водоемах, водотоках и водосборах Сибири» (научный руководитель И.А. Суторихин). Гидрооптические характеристики пресноводных озер юга Западной Сибири изучали И.А. Суторихин В.И. Букатый, И.А. Суторихин, А.Б. Акулова, С.А. Ливиненко и привлеченные аспиранты. Проблемно-ориентированная Web-ГИС «Зоны затопления», разработанная Н.А. Балдаковым и О.В. Ловцкой, позволяет визуализировать прогнозируемую гидрологическую обстановку [Ловцкая О.В. и др., 2015].

Прогнозирование уровней воды у г. Барнаула в период катастрофического паводка 2014 г. имеет свою достаточно непростую и интересную историю. С учетом информации о снеготалых на высокогорных территориях бассейна Верхней Оби при формировании второй волны половодья не ожидалось высоких уровней воды на реках Алтая. Однако с началом проливных дождей в Горном Алтае стали поступать сведения, что, к примеру, за одну ночь подъем уровней воды в р. Катунь был такой, что автомобили, оставленные вечером на берегу реки, оказались к утру затопленными под крышу. В понедельник стало поступать официальная информация о катастрофических последствиях подъема воды на реках различных территорий Республики Алтай. Анализ данных Гидрометцентра о росте уровней воды на гидропосту Фоминское, выполненный в лаборатории, давал основания для заключения, что достаточно скоро у Барнаула следует ожидать сильного наводнения. Однако по официальным сводкам Гидрометцентра, высоких уровней воды в пределах города не прогнозировалось.

Встал простой вопрос, как возникшие опасения убедительно подтвердить? Ответ был только один – использовать для расчетов уровней воды на участке реки Обь от гидропоста (г/п) с. Фоминское до г/п г. Камень-на-Оби гидродинамическую компьютерную модель. Руководители Верхне-Обского БВУ (В.И. Борисенко, В.И. Кормаков) по запросу предоставили оперативные данные по уровням гидропостов выше Барнаула. Построил компьютерную модель и выполнил расчеты с.н.с., к.ф.-м.н. К.Б. Кошелев.



Результаты численных расчетов показали, что через три дня у города следует ожидать подъема уровней воды до 7 м над нулем графика водпоста. Данный прогноз был сразу же отправлен руководству ВО БВУ и в местные органы власти, но к сожалению, был только принят к сведению. Отметим, что прогноз максимальных уровней воды в пределах Барнаула оправдался с точностью до 1-2 см.

С учетом того, что расходы воды редкой обеспеченности в створе в/п г. Барнаула, если их определять по кривой связи по наблюдаемым отметкам уровней, могут быть установлены неточно, было принято решение выполнить на пике половодья прямые измерения расходов воды с использованием современного измерительного оборудования (данные работы были проведены н.с. А.В. Дьяченко и вед. инженером А.А. Коломейцевым). Впоследствии результаты этих исследований были использованы сотрудниками Гидрометцентра для уточнения результатов их собственных наблюдений у г. Барнаула.

Работы по прогнозированию уровней и расходов на Верхней Оби продолжаются и в настоящее время. За краткосрочные прогнозы (заблаговременностью до 3-5 дней) отвечают К.Б. Кошелев, А.В. Кудишин, Е.Д. Кошелева; среднесрочные (до 1-1,5 месяцев) прогнозы составляют В.П. Галахов, С.Ю. Самойлова. Сбор натуральных данных для построения и уточнения компьютерных моделей течений в системах русел обеспечивают сотрудники лаборатории К.В. Марусин, А.В. Дьяченко, А.А. Коломейцев и А.А. Вагнер.

Реально серьезным испытанием для сотрудников лаборатории, о котором следует обязательно упомянуть, стало их участие в 2014-2015 гг. в работах заключительного этапа по Государственному контракту № НИР-12-05 «Исследование водного режима и русловых процессов р. Лена, разработка научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и противопаводковой защите». В связи со смертью ответственного исполнителя проекта д.г.н. А.Ш. Хабидова в начале 2014 г. плановый график работ был нарушен. Однако для завершения работ был подключен коллектив лаборатории, ответственным исполнителем назначен заведующий лабораторией А.Т. Зиновьев. Для улучшения координации работ исполнителей проекта в состав лаборатории были переведены научный сотрудник К.В. Марусин и инженер А.А. Вагнер. Срок сдачи работ по контракту – конец 2014 г. – был выдержан, но фактически из-за большого числа замечаний работа по контракту растянулась до середины 2015 г. Результаты работ дважды докладывались в г. Якутске, в декабре 2014 г. на НТС Верхне-Енисейского БВУ (А.Т. Зиновьев) и в июле 2015 г. на заседании Правительства Республики Саха Якутия, где д.т.н. А.Т. Зиновьев и к.г.н. И.Д. Рыбкина сделали совместный доклад по результатам работ по проекту. Ушедший из жизни в начале 2015 г. д.ф.-м.н. В.А. Шлычков, сам участвовавший в этой работе в 2012-2013 гг., в конце 2014 г. сказал, что он не верил в возможность своевременной сдачи работ по проекту.

Все сотрудники работали просто самоотверженно. Отлично работали все, но особо хотелось бы отметить К.В. Марусина, О.В. Ловцкую, К.Б. Кошелева, Е.Д. Кошелеву, А.В. Кудишину, А.А. Вагнер, А.Б. Голубеву. Во многом их усилиями выполнены исследования по разработке научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и противопаводковой защите населенных пунктов на рассматриваемом участке р. Лена в границах более чем 150 населенных пунктов и выработаны предложения по программе реализации предлагаемых инженерных мероприятий. Были изучены природные условия на территории водосборного бассейна реки, определяющие особенности водного режима и русловых процессов на исследуемом участке реки от д. Чанчур до с. Жиганск протяженностью около 3500 км. Также рассмотрены зажорно-заторные явления на

р. Лена, существенно влияющие на уровни водной поверхности в местах проявления ледовых затруднений при замерзании и вскрытии реки. По результатам ранее выполненных гидрологических расчетов с использованием ГИС-моделирования определены границы зон негативного воздействия вод, в т.ч. установлены границы зон затопления рассматриваемых населенных пунктов в пойме р. Лена при половодьях и паводках различной обеспеченности, включая вызванных зажорно-заторными явлениями. Построены карты зон берегообрушения в черте населенных пунктов на расчетные периоды 5, 10 и 25 лет.

При необходимости привлекались данные численного моделирования на основе уравнений Сен-Венана и ДДЗЗ. По результатам анализа была подготовлена сводная таблица о негативном воздействии вод: параметры зон затопления и переработки берегов, перечень объектов в зонах воздействия и т.д. Для населенных пунктов на рассмотренном участке р. Лена разработаны рекомендации по проведению русло-выправительных мероприятий и строительству инженерных защитных сооружений для предотвращения негативного воздействия вод на территорию поселений, построены карты-схемы расположения предлагаемых сооружений (мероприятий) на местности. На основе укрупненных удельных нормативов была определена стоимость этих сооружений (мероприятий) и работ. Дана оценка эффективности и устойчивости предлагаемых мероприятий, в том числе по результатам численного моделирования гидрологических процессов, и получены данные расчетов характеристик уровней и скоростей течения в бытовых условиях и после проведения инженерных мероприятий в районе населенных пунктов, а также на ниже и вышерасположенных участках реки [Зиновьев и др., 2015б].

В 2015-2016 гг. в лаборатории были выполнены работы по двум важным научно-прикладным проектам по темам «Компьютерное моделирование гидрологических процессов на участке р. Лена у г. Якутск в целях обоснования конструкции речного водозабора» и «Компьютерное моделирование и прогноз гидрологических процессов на участке р. Обь в районе г. Барнаула при разработке проектной и рабочей документации на строительство объекта «Туристско-рекреационный кластер «Барнаул-горнозаводской город», Алтайский край. Комплекс «Конгрессно-выставочный центр «Барнаул». Формирование земляного сооружения» [Зиновьев и др., 2017; 2018б].

В 2017-2020 гг. сотрудники лаборатории выполняли исследования в рамках базового Проекта № 0383-2016-0002 «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и на водосборах Сибири и их математическое моделирование для стратегии водопользования и охраны водных ресурсов» (научный руководитель д.т.н. А.Т. Зиновьев). В содержание работ входило моделирование процессов формирования поверхностного стока на разнотипных водосборах Сибири; гидрооптические и гидрологические исследования на озерах Телецкое и Чаны, Новосибирском водохранилище и других водных объектах; усовершенствование и разработка моделей гидрологических и гидрофизических процессов в крупных водных объектах Сибири (р. Обь, оз. Телецкое, Новосибирское водохранилище) и разработка проблемно-ориентированных ГИС. Также выполнены натурные и теоретические исследования гидро- и ледотермодинамических процессов в Телецком озере. В результате этих работ построена уточненная трехмерная гидротермическая модель глубокого стратифицированного проточного замерзающего водоема, которая может использоваться в качестве научного обеспечения для оценки и прогноза изменения абиотических характеристик экосистемы озера под влиянием природных и антропогенных факторов [Koshelev et al., 2021]. В 2018 г. выполнены натурные наблюдения движения фронта весенне-летнего термобара и получены результаты численного моделирования с использованием входных гидрометеорологических

данных для 2018 г. Результаты наблюдений и расчетов находятся в хорошем согласии [Зиновьев и др., 2021].

В 2018 г. сотрудники трех подразделений Института (лаборатория гидрологии и геоинформатики, химико-аналитический центр и лаборатория биогеохимии) приняли участие в работах по Приоритетному проекту «Оздоровление Волги» по теме «Разработка методов оценки диффузного стока с урбанизированных территорий путем решения обратных задач моделирования качества воды».

В 2019-2022 гг. выполнены научные исследования по проекту РФФИ 19-41-220001/19 «Прогнозирование опасных гидрологических ситуаций на участках речных водозаборов на основе математического моделирования и натурных исследований русловых процессов (на примере реки Обь у г. Барнаула)» [Zinoviev et al., 2021].

В сферу научных интересов сотрудников лаборатории входят также Красноярское и Камское водохранилища: построены компьютерные модели термогидродинамических и русловых процессов в рассматриваемых водных объектах и выполнены численные расчеты [Zinoviev et al., 2021; Зиновьев и др., 2018a].

В настоящее время сотрудники лаборатории продолжают свои исследования в рамках базового проекта 0306-2021-0002 «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий» (научный руководитель д.т.н. А.Т. Зиновьев). Результаты изучения гидрологических и гидрофизических процессов методами математического моделирования применительно к крупным водным объектам Сибири – Верхняя Обь, Новосибирское водохранилище, оз. Чаны – отражены в [Зиновьев и др., 2020a; Зиновьев и др., 2022; Кондакова и др., 2022]. Значительная часть исследований по проекту связана с выполнением полевых работ (А.В. Дьяченко, К.В. Марусин, А.А. Коломейцев, А.А. Вагнер). Основными объектами изучения являются: р. Обь, оз. Телецкое и Новосибирское водохранилище.

Отметим, что комплексные экспедиционные работы на Телецком озере выполняются с 2010 г. Используется современное оборудование для регулярных режимных наблюдений на учащенной сети гидрологических станций на акватории озера (глубоководный профилограф SBE 25plus Sealogger CT, многопараметрический зонд YSI 6600V2); на кордонах Чири, Байгазан и в пос. Яйлю установлены три уровнемерных поста. Изучаются особенности термогидродинамических процессов в водоеме, его уровенный режим, уточняются морфометрия озера и гидрологические характеристики его притоков [Зиновьев и др., 2022б; Кошелева и др., 2019]. В 2021-2022 гг. с использованием компьютерных моделей и пополняемых данных натурных наблюдений выполняются исследования гидрофизических процессов в оз. Телецком в районе устья р. Чулышман.

С 2012 г. значительный объем исследований сотрудников лаборатории посвящен изучению гидрооптических процессов в разнотипных водных объектах для оценки и прогноза их водно-экологического состояния (д.ф.-м.н. В.И. Букатый, д.ф.-м.н. И.А. Суторихин, к.т.н. О.Б. Акулова, к.т.н. С.А. Литвиненко). В число репрезентативных объектов, на которых выполняются натурные наблюдения, входят малые озера Алтайского края, Новосибирское водохранилище, Телецкое озеро и р. Обь [Суторихин и др., 2014; 2016; Akulova et al., 2020]. Продолжение работ по гидрооптическим исследованиям запланировано на 2021-2025 гг.; некоторые результаты приведены в [Акулова и др., 2022].

С многолетними исследованиями процессов формирования поверхностного стока на разнотипных водосборах Верхней Оби с использованием методов математического моделирования связаны работы с.н.с., к.ф.-м.н. А.В. Кудишина, г.н.с., д.ф.-м.н. В.Ю. Филимонова, с.н.с. О.В. Ловцкой, инж. Н.А. Балдакова [Кудишин, 2015; 2016;

2019; Филимонов и др., 2015; Балдаков и др., 2019; Ловцкая и др., 2019]. Ими построены и апробированы компьютерные модели талого и дождевого стока на малых и крупных равнинных и горных водосборах сибирских рек (Майма, Лосиха, Чарыш, Чумыш) и выполнено сопоставление результатов расчетов и данных наблюдений в рамках реализации пилотного проекта для краткосрочных прогнозов половодий и паводков в бассейне Верхней Оби. Данное направление исследований продолжается активно развиваться.

Серьезным и весьма востребованным дополнением к результатам краткосрочного прогнозирования характеристик весеннего половодья на реках Сибири (исполнители – К.Б. Кошелев, А.В. Кудишин, Е.Д. Кошелева) [Кошелева, Кудишин, 2018; Kosheleva E., Kudishin, 2000] являются среднесрочные гидрологические прогнозы весеннего половодья, составляемые ежегодно с.н.с, к.г.н. В.П. Галаховым и н.с., к.г.н. С.Ю. Самойловой [Galakhov et al., 2018; 2020; Галахов и др., 2020; 2021; 2022]. Также востребованы результаты продолжающихся исследований по оценке изменений речного стока на юге западной Сибири под влиянием антропогенных воздействий и климатических изменений [Zinoviev et al., 2016b].

В последние годы получили дальнейшее развитие работы, начатые в 2018 г. в рамках Приоритетного проекта «Оздоровление Волги» (г.н.с., д.ф.-м.н. В.Ю. Филимонов, с.н.с. О.В. Ловцкая). Результаты решения обратных задач по оценке диффузионного стока с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий по тематике базового проекта 0306-2021-0002 достаточно высоко оценены научной общественностью [Filimonov et al., 2021a; 2021b].

Сотрудниками лаборатории А.В. Кудишиным, О.В. Ловцкой, К.В. Марусиным, А.В. Дьяченко, А.Б. Голубевой, С.Ю. Самойловой активно развиваются и используются в проблемно-ориентированных приложениях геоинформационные технологии для комплексного пространственного анализа в задачах изучения и моделирования гидрологических процессов [Zinoviev et al., 2016a; Ловцкая и др., 2015; Зиновьев и др., 2018б; Ловцкая и др., 2021; Zinoviev A.T. et al., 2021b].

Результаты фундаментальных и поисковых исследований, полученные сотрудниками лаборатории, широко востребованы при выполнении прикладных работ в интересах различных организаций, министерств и ведомств [Балдаков, Зиновьев, 2019; Рапуга и др., 2019; Зиновьев и др., 2020б].

#### *Список литературы*

Акулова О.Б., Букатый В.И., Вагнер А.А., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А., Зиновьев А.Т. Фотосинтетически активная солнечная радиация в воде глубоководного озера Телецкое в период открытой воды // Изв. Алтайского государственного университета. Физика. – 2022. – 4(126). – С. 11-17.

Атавин А.А., Зиновьев А.Т., Кудишин А.В. (2014) Ледотермический режим нижнего бьефа Новосибирского гидроузла // Водные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 21-34.

Атавин А.А. Зиновьев А.Т., Кудишин А.В., Овчинникова Т.Э. Комплексная математическая модель гидродинамических и термодинамических процессов в нижних бьефах гидроузлов // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2020. – Т. 23. – № 3. – С. 5-15.

Балдаков Н.А., Кудишин А.В. Автоматизация расчета характеристик водосборного бассейна для решения задач моделирования поверхностного стока // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 4. – № 1. – С. 83-89.

Балдаков А.И., Зиновьев А.Т. О возникающем тренде формирования экстремальных ливневых осадков теплого периода года в водосборном бассейне Телецкого озера в



Горном Алтае // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2019. – № 4 (55). – С. 57-67.

Бузин В.А., Зиновьев А.Т. Ледовые процессы и явления на реках и водохранилищах. Методы математического моделирования и опыт их реализации для практических целей (обзор современного состояния проблемы). - Барнаул: Изд-во Пять плюс, 2009. – 168 с.

Васильев О.Ф., Зиновьев А.Т. Водохозяйственные аспекты создания крупных высоконапорных ГЭС в условиях Сибири и способы их анализа // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения: тр. Всерос. науч. конф. – Барнаул, 2009. – С. 432-444.

Галахов В.П., Ловцкая О.В., Мардасова Е.В. Оправдываемость прогноза максимальных уровней на крупных реках Алтайского края весной 2020 года // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2020. – № 2(57). – С. 59-63.

Галахов В.П., Самойлова С.Ю., Мардасова Е.В. Влияние условий формирования снежного покрова на объем талого стока горных рек Алтая // Криосфера Земли. – 2021. – Т. 25. – № 6. – С. 51-62.

Галахов В.П., Ловцкая О.В., Самойлова С.Ю., Мардасова Е.В. Сравнительный анализ методик прогноза максимальных уровней и объема стока периода половодья горной реки // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 2. – С.193-203.

Зиновьев А.Т. Лаборатория гидрологии и геоинформатики. Ч. 2 // Сб. статей, посвященный 20-летию юбилею ИВЭП СО РАН. – Барнаул, 2007. – С. 23-32.

Зиновьев А.Т. Использование методов математического моделирования для оценки проектных решений при создании крупных водохранилищ // ЭКО-бюллетень ИнЭка. – 2009. – № 4 (135).

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б. Моделирование процесса затопления пойменных территорий для участков крупных рек со сложной морфометрией русла и поймы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2013. – № 6. – С. 17-31.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А. Экстремальный дождевой паводок 2014 г. в бассейне Верхней Оби: причины, прогноз и натурные наблюдения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2015а. – № 6. – С. 93-104.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В. Математическое моделирование течений в р. Лена для научного обоснования инженерных мероприятий по противопаводковой защите // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015б. – Т. 4. – № 1. – С. 245-249.

Зиновьев А.Т., Галахов В.П., Кошелев К.Б. О результатах прогнозирования весеннего половодья на Верхней Оби в 2015 г. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 3. – С. 58-68.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В. Использование компьютерного моделирования и ГИС-технологий для оценки переформирования ложа крупного долинного водохранилища в зоне переменного подпора // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2018а. – Т. 4. – № 1. – С. 275-283.

Зиновьев А.Т. Кошелев К.Б., Марусин К.В. Использование компьютерного моделирования и ГИС-технологий для научного обоснования инженерных решений по предотвращению затопления пойм рек // Водные ресурсы России: современное состояние и управление: Сб. материалов Всерос. научно-практ. конф. – Сочи, 2018б. – С. 98-105.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В. Влияние Новосибирского водохранилища на уровни воды реки Оби в период весеннего половодья (территория города Камень-на-Оби) // Водное хозяйство России. – 2020а. – № 4. – С. 6-18.

Зиновьев А.Т., Балдаков А.И., Марусин К.В. Оценка современной гидроморфологической ситуации на реке Катунь у села Манжерок (Республика Алтай) // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2020б. – № 4(59). – С. 22-36.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Дьяченко А.В., Марусин К.В. Численное моделирование и натурные исследования термобара в Телецком озере // Метеорология и гидрология. – 2021. – № 5. – С. 86-94.

Зиновьев А.Т., Дьяченко А.В., Кондакова О.В. Моделирование термогидродинамических процессов в озере Чаны // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022а. – Т. 4. – С. 86-92.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Дьяченко А.В. Наблюдение и моделирование гидрофизических процессов в Телецком озере // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: IV Всерос. конф. с междунар. участием. – Барнаул, 2022б. – Т. 1. – С. 20-26.

Кондакова О.В., Зиновьев А.Т. Особенности современного гидрологического режима Новосибирского водохранилища // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: IV Всерос. конф. с междунар. участием. – Барнаул, 2022. – Т. 1. – С. 153-157.

Кошелева Е.Д., Галахов В.П., Зиновьев А.Т., Ловцкая О.В., Балдаков Н.А. Поверхностный сток на водосборах Большого Васюганского болота в условиях изменяющегося климата // Исследование природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 38). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – С. 84-95.

Кошелева Е.Д., Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б. Анализ колебаний уровней воды на Телецком озере // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2019. – № 4(55). – С. 68-76.

Кудишин А.В. Изучение талого стока на малых водосборах бассейна Верхней Оби // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2015. – № 3(38). – С. 41-45.

Кудишин А.В. Верификация модели таяния снега по данным наблюдений метеостанции «Барнаул-Агро» // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2016. – № 4(43). – С. 50-52.

Кудишин А.В. Модель формирования дождевого стока на примере р. Майма (Алтайский край) // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2019. – № 4(55). – С. 77-81.

Ловцкая О.В. Лаборатория гидрологии и геоинформатики. Ч. 1 // Сб. статей, посвященный 20-летию юбилею ИВЭП СО РАН. – Барнаул, 2007. – С. 14-22.

Ловцкая О.В., Кошелев К.Б., Балдаков Н.А. Web-ГИС для визуализации результатов моделирования опасных гидрологических ситуаций // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2015. – № 4(39). – С. 49-52.

Ловцкая О.В., Кудишин А.В., Голубева А.Б. Использование пространственных данных для моделирования дождевого стока // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т. 4. – № 1. – С. 167-176.

Рапуга В.Ф., Зиновьев А.Т., Ловцкая О.В. Анализ процессов загрязнения малой реки на городской территории // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2019. – Т. 4. – № 1. – С. 134-140.

Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 236 с.

Суторихин И.А., Букатый В.И., Акулова О.Б. Сезонные изменения спектральной прозрачности и концентрации хлорофилла а в разнотипных озерах // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27. – № 9. – С. 801-806.

Суторихин И.А., Букатый В.И., Харламова Н.Ф., Акулова О.Б. Климатические условия и гидрооптические характеристики пресноводных озер Алтайского края. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 162 с.

Филимонов В.Ю., Кошелев К.Б., Кудишин А.В. Способ восстановления величины боковой приточности на малых водосборах бассейна Верхней Оби // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2015. – № 4(39). – С. 53-58.

Akulova O.B., Bukatyi V.I. Evaluation of suspended matter effect on spectral light attenuation in Lake Teletskoye // Fundamental and Applied Hydrophysics. – 2020. – Vol. 13. – № 1. – P. 35-44.

Galakhov V.P., Lovtskaya O.V., Mardasova E.V. Stochastic model for calculation of maximum flood stage in Charysh river using the data of annual winter precipitation // Eurasian J. of Mathematical and Computer Applications. – 2018. – Vol. 6. – Is. 3. – P. 34-44.

Galakhov V.P., Lovtskaya O.V., Mardasova E.V. Stochastic simulation of maximum levels (in Biya river) // Eurasian J. of Mathematical and Computer Applications. – 2020. – Vol. 8. – № 3. – P. 56-66.

Koshelev K., De Goede E.D., Zinoviev A., De Graaff R. Modelling of thermal stratification and ice dynamics with application to Lake Teletskoye, Altai Republic, Russia // Water Resource. – 2021. – Vol. 48. – № 3. – P. 368-377.

Kosheleva E., Kudishin A. Short-term forecasts of water levels of the Ob river near Barnaul during the flood in 2018 and 2019 // Eurasian J. of Mathematical and Computer Applications. – 2020. – Vol. 8. – № 1. – P. 30-43.

Filimonov V., Zinoviev A., Lovtskaya O. Method for estimating the pollutant flow rate under diffuse pollution of small lowland rivers // J. Mathematics and Computers in Simulation. – 2021a. – Vol. 182. – P. 807-818.

Filimonov V., Lovtskaya O., Zinoviev A. Diffuse pollution of small rivers features of distribution of dissolved pollutant concentrations // Eurasian J. of Mathematical and Computer Applications. – 2021b. – Vol. 9. – Is. 3. – P. 44-57.

Zinoviev A.T., Lovtskaya O.V., Baldakov N.A. Development of the information-modelling system for flood prediction at large rivers in Siberia // Eurasian J. of Mathematical and Computer Applications. – 2016a. – Vol. 4. – Is. 3. – P. 39-50.

Zinoviev A.T., Galakhov V.P., Kosheleva E.D., Lovtskaya O.V. Influence of global climatic changes on hydrological regime of rivers in South West Siberia // Eurasian J. of Mathematical and Computer Applications. – 2016b. – Vol. 4. – Is. 1. – P. 47-54.

Zinoviev A.T., Dyachenko A.V., Koshelev K.B., Marusin K.V. Modeling of channel processes in large rivers with the use of field data // Eurasian J. of Mathematical and Computer Applications. – 2021a. – Vol. 9(1). – P. 87-102.

Zinoviev A.T., Koshelev K.B., Marusin K.V. A three-dimensional thermohydrodynamic model for Krasnoyarsk reservoir // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 834 (2021) 012008 The VIII All-Russian scientific-practical conf. with international participation «Modern problems of reservoirs and their catchments». – Perm, 2021b. – 834. – 012008.

## НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА

К.В. Марусин

Одно из направлений деятельности Лаборатории гидрологии и геоинформатики – исследование руслового процесса и разработка его компьютерных (математических) моделей. Такие работы интересны и важны не только с чисто научной, а в этой области еще очень много непознанного, но и с сугубо практической точки зрения. В связи с этим актуальны задачи по прогнозированию русловых деформаций на различные сроки (от года до нескольких десятилетий), разработка мер противодействия негативному влиянию руслового процесса, оценка влияния руслового процесса на существующие и проектируемые хозяйственные объекты в русле и на побережье, а также этих объектов на русловой процесс.

Одним из инструментов для решения этих задач является компьютерное (математическое) моделирование русловых деформаций. Необходим большой массив исходных данных об объекте моделирования, что обусловлено сложностью и многофакторностью самого явления руслового процесса. В связи с этим компьютерная модель нуждается в дополнительной натурной информации для ее окончательной настройки (калибровки) и проверки получаемых результатов (верификации). И натурные исследования руслового процесса обеспечивают данными для решения задач по компьютерному моделированию в частности. Начало таким исследованиям было положено в 2008 г. В дальнейшем они стали регулярными и проводятся по настоящее время в рамках государственной тематики, хозяйственных договоров и грантов.

В ходе исследований накапливался опыт, приобреталось необходимое оборудование, сформировалась группа сотрудников Лаборатории. В ее состав входят А.А. Вагнер, А.В. Дьяченко, А.А. Коломейцев, К.В. Марусин. Существенную помощь своим личным участием в полевых работах оказывали как коллеги по Лаборатории (А.В. Кудишин, С.Ю. Самойлова, А.Б. Голубева), так и сотрудники других подразделений Института (М.И. Ковешников, С.О. Власов, М.С. Губарев, Л.Ф. Лубенец).



а



б



в

Рекогносцировочное обследование участка русла р. Обь, г. Барнаул  
(городской водозабор № 1 – пос. Затон), 2008 г.:

а – маршрут обследования (5,6 км); б – пункт геодезической сети № 1043;  
в – осмотр берегозащитного сооружения.



Необходимо также сказать об участии бывших сотрудников, которые работали в Институте со студенчества (географический факультет Алтайского государственного университета) – это Е.А. Фёдорова и А.Л. Хомчановский (группа А.Ш. Хабидова). Вместе с А.А. Коломейцевым (также студент АГУ) работая инженерами, они внесли неоценимый вклад в дело натурных исследований русловых процессов на начальном, самом трудном их этапе.

Огромную роль в совершенствовании методики полевых исследований сыграли работы по мониторингу деформаций русла р. Обь на участке перехода высоковольтной ЛЭП 500 кВ в районе с. Барсуково (в 52 км ниже г. Барнаула и в 5 км выше устья р. Чумыш), выполнявшиеся по заданию Западно-Сибирского предприятия магистральных электрических сетей ПАО «ФСК-ЕЭС» на протяжении 11 лет, с 2010 по 2020 г.

Ежегодный комплекс работ на участке включал в себя рекогносцировочное обследование берегов, русловых форм и прилегающей территории пойменного массива, промеры глубин, трассировку пространственного положения бровки берегов и уреза воды навигационным GPS-приемником, а также наблюдения за отступанием бровки правого берега реки в опорных створах. Кроме того, в ходе работ выполнялись измерения отметки уровня воды на временном посту свайного типа, расположенном на линии опорного створа № 1.



а



б



в

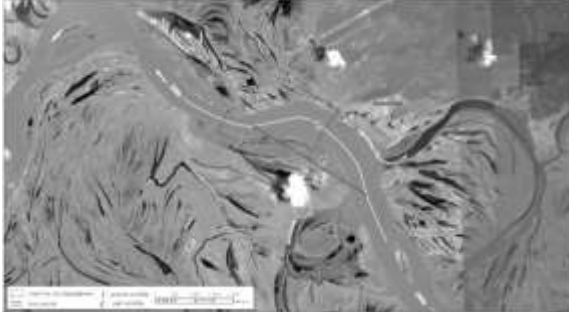


г

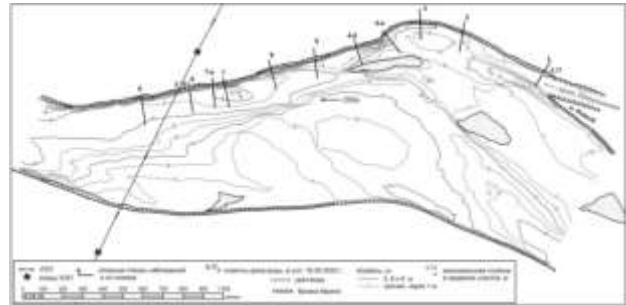
#### Натурные исследования руслового процесса на р. Обь у г. Барнаула:

а-б – съемка с использованием геодезической GPS-системы Leica SR-20, 2009 г. (а – установка базовой станции; б – съемка пространственного положения бровки правого берега реки у пос. Затон); в – промеры глубин у городского водозабора № 1, 2011 г.; г – прокладка нивелирного хода к временному водмерному посту, 2012 г.

Весь комплекс наблюдений проводился в течение двух дней, в один и тот же период времени (вторая декада сентября), т.е. в гидрологических условиях осенней межени. Помимо основного осеннего комплекса наблюдений ежегодно в период половодья (конец мая – начало июня) проводилось предварительное рекогносцировочное обследование участка, в ходе которого также выполняются измерения уровня воды на временном посту.



а



б

**Участок мониторинга руслового процесса на р. Обь у с. Барсуково:**

а – общий вид участка (коллаж спутниковых снимков из коллекции Google Digital Globe, 2013 г.);

б – рельеф русла на участке по состоянию на сентябрь 2020 г.



а



б



в



г

**Полевые работы на р. Обь у с. Барсуково:**

а – закладка реперов опорного створа № 8 (на заднем плане – правобережная опора ЛЭП 500 кВ), 2010 г.; б – обед в полевых условиях, 2012 г.; в – подготовка опорного створа к измерению отступления бровки берега, 2017 г.; г – рекогносцировочное обследование участка, 2020 г.



Результаты наблюдений наглядно продемонстрировали, насколько сложной является динамика речного русла. Они позволили дать достаточно обоснованный и в целом благоприятный для безопасности перехода прогноз русловых деформаций на ближайшие 20 лет. Кроме того, накопленные данные были использованы для верификации одного из методов прогноза размыва берегов рек, представленного в нормативно-методической литературе. Было установлено, что данный метод существенно занижает значение средней скорости отступления бровки берега, что ставит под сомнение его универсальный характер.

Натурные исследования руслового процесса р. Обь на территории г. Барнаула продолжают в настоящее время (в том числе и на участке городских речных водозаборов), поскольку проблемы негативного влияния русловых деформаций на хозяйственную деятельность стоят достаточно остро.

В этой связи следует отметить полевые работы, выполненные в 2020 г. на участке р. Обь в районе Барнаульского городского водозабора № 1 (п. Затон), в рамках гранта РФФИ. Целью этих работ стал сбор взаимосогласованных и актуальных натурных данных для построения, калибровки и верификации компьютерной модели руслового процесса на данном участке. Предполагалось в течение активной фазы гидрологического цикла (от вскрытия реки до наступления осенней межени) выполнить регулярные наблюдения за параметрами руслового потока (расход воды, отметки уровня, величины и направления скоростей течения), вертикальными и плановыми деформациями русла.



а



б



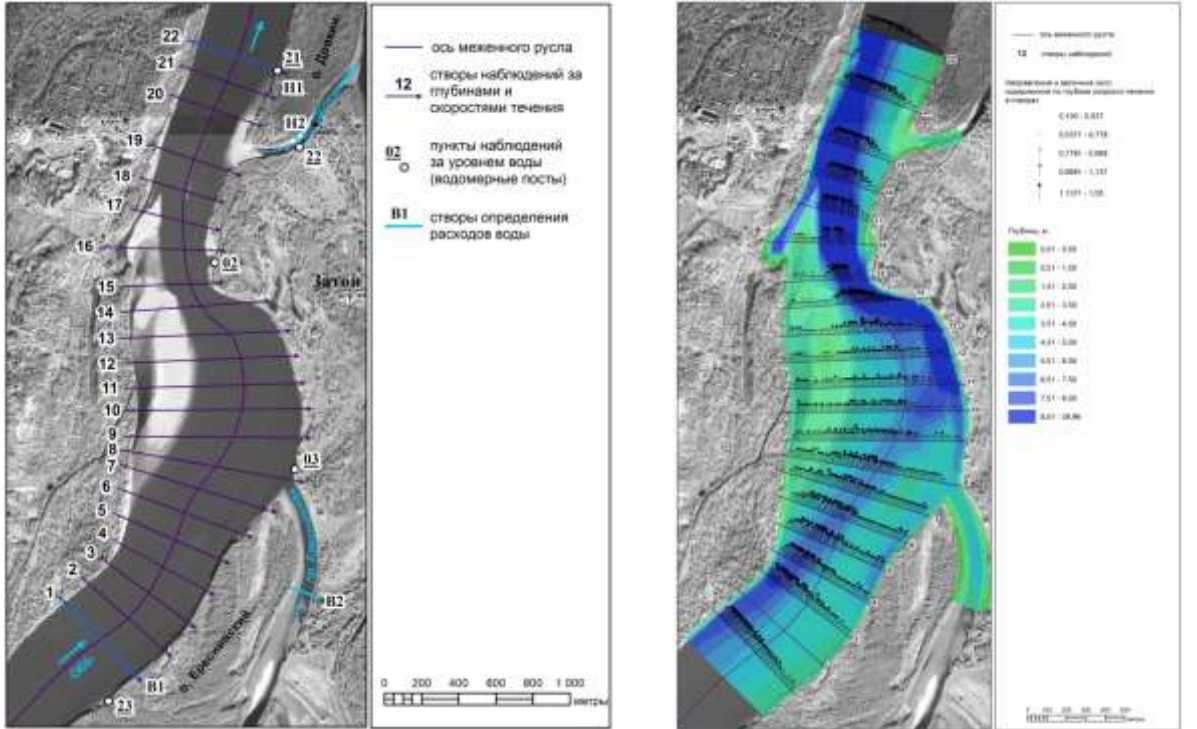
в



г

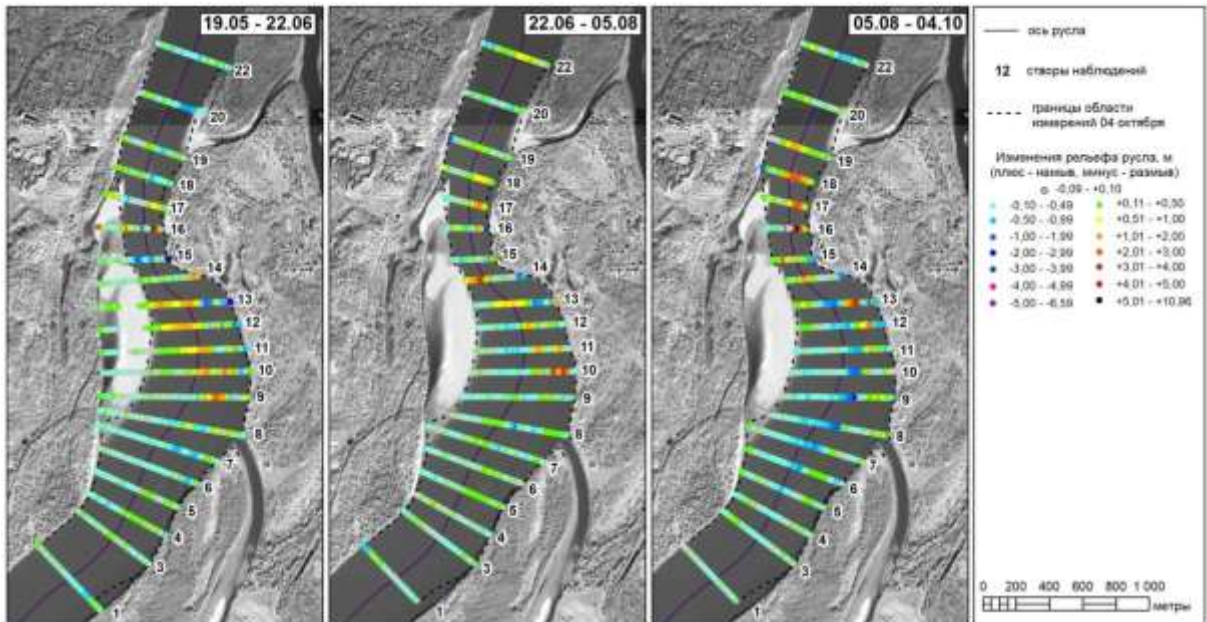
Полевые работы на р. Обь у Барнаульского городского водозабора № 1 (пос. Затон):  
а – пункт геодезической сети на окраине пос. Затон, 2015 г.; б – промерно-измерительный комплекс (1 – излучатель эхолота Lowerance LMS-480; 2 – акустический доплеровский профилограф-расходомер Sontek M9 аппаратно-программного комплекса Sontek RiverSurveyor Live), 2017 г.;  
в – топосъемка русловых форм, 2019 г.; г – наблюдения за уровнем воды, 2020 г.

Это обеспечило решение задачи по компьютерному моделированию руслового потока, транспорта русловых наносов, вертикальных и плановых деформаций русла для реально наблюдавшихся гидрологических условий (расходов и уровней воды) за соответствующий период времени. Позволило сравнить результаты расчетов вертикальных и плановых деформаций русла с фактическими его изменениями.



а

б



б

Натурные наблюдения на р. Обь у Барнаульского городского водозабора № 1, 2020 г.:  
 а – схема организации наблюдений; б – направление и величина осредненной по глубине скорости течения по данным наблюдений; в – изменения рельефа русла по данным наблюдений.



В соответствие с этой задачей с мая по октябрь 2020 г. на участке протяженностью 2,8 км в различных гидрологических условиях было проведено 11 серий комплексных наблюдений. Даты проведения серий: 19 мая, 25 мая, 3 июня, 10 июня, 16 июня, 22 июня, 8 июля, 22 июля, 5 августа, 17 августа, 4 октября. Каждая серия выполнялась в течение одного дня и состояла из следующих работ:

– наблюдения за уровнями воды в пяти пунктах правого берега на временных уровнемерных (водомерных) постах свайного типа (все посты имели привязку к Балтийской системе высот);

– наблюдения за полем скоростей течения и глубинами руслового потока в двадцати двух створах с помощью акустического доплеровского профилографа-расходомера Sontek M9 River Surveyor Live;

– определение расходов воды тем же прибором во входных и выходных створах участка как в основном русле реки, так и в протоках.

Последующая верификация результатов компьютерного моделирования показала, что они не соответствуют данным наблюдений. Расчетные масштабы русловых деформаций, и, что более важно, их локализация в пространстве существенно отличаются от реальной картины. Этот факт позволил выявить «узкие» места в компьютерной модели и наметить пути ее дальнейшего совершенствования.

Ь

## ЛАБОРАТОРИЯ ЛАНДШАФТНО-ВОДНОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

### РЕГИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В СИБИРИ: ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ

Б.А. Красноярова, А.Е. Назаренко, И.В. Орлова, С.Г. Платонова, Т.Г. Плуталова,  
В.В. Скрипко, С.Н. Шарабарина

Традиционным научным направлением ИВЭП СО РАН является развитие теории и методологии регионального природопользования, изучение процессов природопользования в конкретных условиях Сибирских регионов. Это направление развивается в Институте практически с момента его создания, сначала в рамках группы и сектора эколого-экономических исследований, с 1997 г. – в лаборатории эколого-экономических проблем регионального природопользования и с 2002 г. – лаборатории регионального природопользования. В 2009 г. в результате реорганизации структуры Института и объединения лабораторий регионального природопользования и эколого-географического картографирования была создана комплексная лаборатория ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования. В составе лаборатории были сформированы группы, которые несколько трансформировались по своей структуре и составу. В последние годы в составе лаборатории выделены три группы: ландшафтных исследований, регионального природопользования и геодинамических процессов.

В данной статье остановимся на научных результатах исследований в области регионального природопользования за последние годы. Природопользование рассматривается как совокупность видов деятельности, связанных с эксплуатацией, охраной и воспроизводством природных ресурсов, несмотря на всеобщий характер и полифункциональную структуру, всегда регионально. Оно осуществляется в конкретных физико-географических условиях определенной социально-экономической территории, служащих основанием образования локальных общностей людей (Ишмуратов и др., 2004). К основным чертам регионального природопользования можно отнести (Красноярова, 1999):

- индивидуальность – каждый регион индивидуален как по своим физико-географическим характеристикам и характеру использования, так и по уровню социально-экономического развития и национально-этническим особенностям формирования;
- природно-историческое единство и целостность – регион как результат эволюции природной среды территории и проживающего на ней населения, претерпевает ряд изменений как в силу природно-экономических, так и национально-этнических причин;
- привнесенность воздействия – любая региональная система, развиваясь, испытывает на себе воздействие региональных систем более высокого порядка (макро- и мезо-уровень) и соседних регионов – трансграничные переносы – материальные и информационные потоки.

Системы регионального природопользования с позиций системно-диалектического подхода формируются под воздействием внешних и внутренних факторов, определяющих в дальнейшем особенности их функционирования. Среди регионообразующих факторов следует назвать, прежде всего, природно-экологические, социально-экономические, историко-политические и т.п., но действие этих факторов на разных иерархических уровнях различно. Действие внутренних и внешних для региональной системы факторов описывается процессами, представленными в таблице.

Таблица

## Факторы образования региональных систем природопользования

Факторы регионообразования	Внутренние	Внешние
<i>Природные</i>	извлечение природных ресурсов и их использование в хозяйственном обороте; загрязнение природной среды, учет несущей способности или экологической емкости территории; демографические особенности, заболеваемость населения; территориально-отраслевая структура производства, инфраструктурное обустройство, обеспеченность трудовыми ресурсами; характер хозяйственного освоения и заселения; национальные приоритеты образа жизни и деятельности населения;	природные процессы глобального и макрорегионального уровня; трансграничный перенос вещества и энергии; миграционные потоки населения; экономико-географическое положение региона, место региона во внутригосударственном разделении труда; история государственного строительства; ментальность населения сопряженных территорий; наличие внешних государственных границ.
<i>Экологические</i>		
<i>Социальные</i>		
<i>Экономические</i>		
<i>Исторические</i>		
<i>Национально-этнические</i>		
<i>Геополитические</i>		

*Дифференциация природно-хозяйственных систем и конфликты природопользования в Обь-Иртышском речном бассейне*

В процессе изучения регионального природопользования на территории Обь-Иртышского речного бассейна – одного из основных объектов исследования ИВЭП СО РАН – были выделены региональные природно-хозяйственные системы и определены основные конфликты природопользования, характерные для них (Красноярова и др., 2015; Красноярова и др. 2018).

Территорию Обь-Иртышского бассейна (ОИБ) отличает разнообразие природных условий и ресурсов, богатый потенциал последних. Отличается территория ОИБ и его регионов характером освоения и современного использования этого потенциала, что, безусловно, и определило формирование широкого спектра региональных природно-хозяйственных систем (ПХС), выделенных нами внутри регионов – субъектов РФ на принципах системно-структурной организации территории как динамично развивающейся регулируемой упорядоченной совокупности природных, материальных, энергетических и информационных потоков, связанных единством производственных связей и отношений.

В качестве несущих элементов структуры региональных ПХС ОИБ приняты природообусловленные физико-географические единицы, которые иерархически сопоставляются с административными единицами и определяются особенностями природно-ландшафтной организации территории, сложившейся территориальной организацией хозяйства, уровнем развития производительных сил и характером производственных отношений. Всего на территории ОИБ выделено пять крупных/макро ПХС, в т.ч. две из них подразделяются на ПХС иного порядка с учетом характера их хозяйственного функционирования в рамках единых или близких природных условий: I. Тундровая; II.1. Таежная добывающая и II.2. Таежная добывающая – лесохозяйственная – аграрная; III. Лесостепная аграрно-индустриальная; IV. Степная аграрная; V.1. Горная – Алтайская; V.2. Горная – Кузнецко-Алатауская. В названиях выделенных макроПХС отражены зонально-азональные особенности их географического положения и преоблада-

ющий вид природопользования, определяющий специфику взаимоотношений природной и хозяйственной подсистем и, в конечном счете, проблемы функционирования и перспективы развития этих систем (рис. 1).

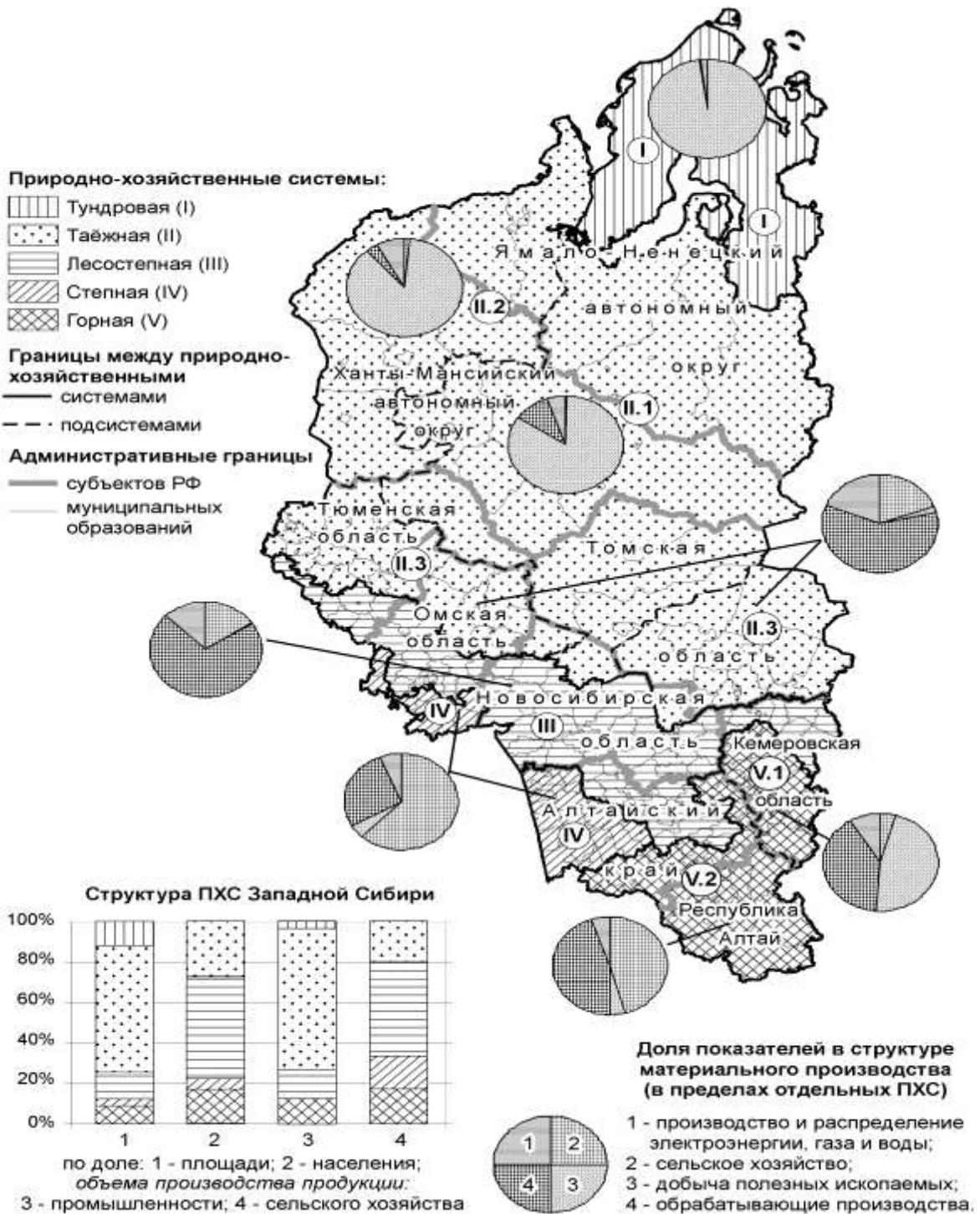


Рис. 1. Схема пространственно-временной организации природно-хозяйственных систем Обь-Иртышского бассейна



Функционирование любых ПХС происходит в режиме конфликтности и развития. Для ОИБ, на наш взгляд, характерно проявление конфликтных ситуаций (КС) преимущественно трех типов: экологических (1), экономических (или эколого-экономических) (2) и этнокультурных (3) (Красноярова и др., 2015). К первому типу относятся КС, возникающие между нормативным и фактическим качеством окружающей среды в процессе функционирования ПХС. Ко второму типу отнесены КС между различными целями природопользования. Третий тип конфликтных ситуаций проявляется, как правило, между местным населением (носителем этнической культуры или традиционного уклада природопользования) и субъектами привнесенного, чаще всего, индустриального, природопользования.

Следует отметить, что конфликты первого типа – экологические – наиболее остро проявляются на этапе первичного освоения природных ресурсов в результате так называемого привнесенного воздействия, когда на фоне сложившихся типов природопользования формируются новые экологоемкие отрасли, например, при освоении новых месторождений или строительстве крупных индустриальных объектов.

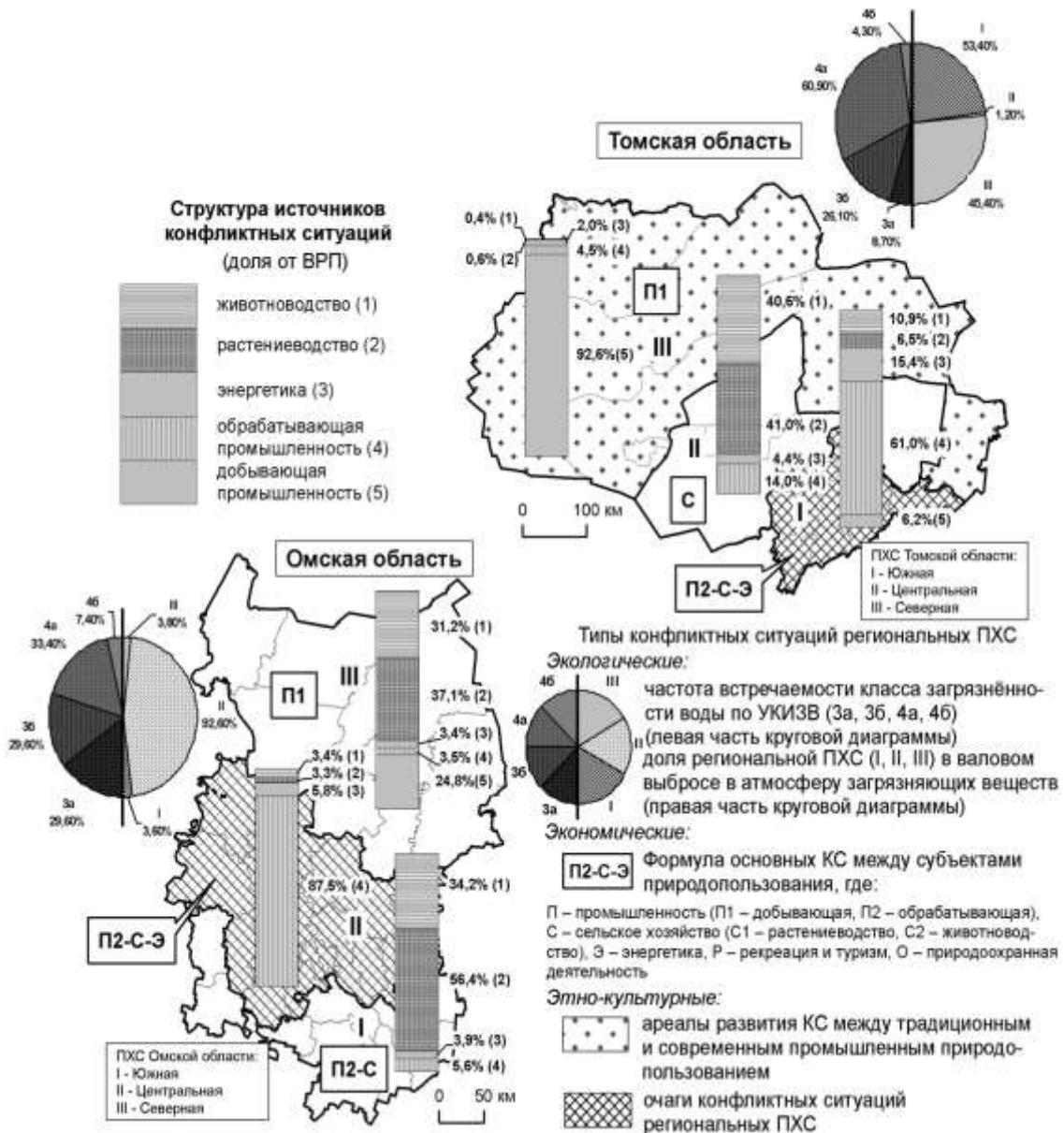


Рис. 2. Конфликты природопользования в Омской и Томской областях

Типичные примеры проявления экологических конфликтов можно наблюдать при создании и функционировании моногородов, причем эти конфликты проявляются на всех этапах их развития и особенно существенны на этапе закрытия, истощения, ликвидации градообразующих предприятий. Примеры таких конфликтных ситуаций можно привести в Кемеровской области при ликвидации отдельных угледобывающих предприятий, а также на юго-западе Алтайского края в г. Горняк Локтевского района при закрытии Алтайского ГОК, когда предприятия прекращают работу, а шлейф экологических проблем остается и даже возрастает.

Конфликты второго типа – экономические, вернее эколого-экономические – имеют повсеместное распространение там, где сталкиваются интересы населения и экономики или отдельных ее отраслей, но особенную остроту эколого-экономические проблемы имеют в центральных ПХС, где отмечается высокая концентрация населения и полифункционального промышленного потенциала и идет конкуренция как за природные ресурсы, так и за функциональное назначение отдельных территорий, за приоритеты экосистемного обслуживания. Для регионов Западной Сибири наиболее остро эколого-экономические проблемы проявляются в лесостепных ПХС аграрно-индустриального типа, на территории которых в основном и расположены административные центры регионов и их транспортно-логистическая инфраструктура, формируются зоны наиболее интенсивного пригородного аграрного природопользования, и, соответственно, идет тесная конкуренция за ресурсы между отраслями и видами деятельности.

И, наконец, третий тип конфликтных ситуаций – этнокультурных коммуникаций, присущ территориям с компактным проживанием разных этносов, существенно различающихся по своей ментальности и интересам жизнеобеспечения. Для Западной Сибири в качестве территорий с наличием потенциальных и/или реальных конфликтов этнокультурных коммуникаций следует рассматривать прежде всего горные территории Республики Алтай и Горной Шории в Кемеровской области, а также северные территории Томской и Тюменской областей, вернее Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов. Эти регионы различаются и по природным условиям развития, и по сложившимся традициям природопользования, и по особенностям «привнесенного» воздействия. Для горных регионов в основном характерно столкновение горнодобывающего и рекреационного природопользования с традиционными ценностями отгонного животноводства. В регионах Крайнего Севера и Арктики отмечается активное наступление индустриального освоения углеводородных месторождений на места традиционного природопользования местного населения, нарастание конфликтов между ними. Эти конфликты имеют не только экономико-экологический, но и социально-этнический характер. К сожалению, пространственная дифференциация территорий Обь-Иртышского бассейна, выявленная в процессе выделения природно-хозяйственных систем (рис. 1), а также наличие реальных и потенциальных конфликтов природопользования в них до сих пор недостаточно учитываются при разработке и реализации стратегических документов регионального развития. Эти недостатки присущи Стратегиям социально-экономического развития отдельных регионов – субъектов РФ, не лишена их и Стратегия пространственного развития России. Они ориентированы в основном на решение социально-экономических задач и весьма далеки от их природно-экологического и социокультурного звучания.

#### *Эколого-экономическая оценка регионального развития сибирских регионов*

Для выявления динамики развития Сибирских регионов была предложена и реализована методика расчета и сопоставления суммарных индексов регионального развития за 1990-2019 гг. и экологических индексов этого развития (Красноярова, Шарабарина, 2021, 2022).

Анализ результатов, представленных на рисунках 3-5, показывает, что суммарный индекс регионального развития за рассматриваемый период уменьшился практически во всех регионах Сибири. Исключением является Республика Алтай, где не произошло изменений: показатель остался самым низким в СФО (равен 0,16). Особенно сильно в экономическом плане потеряли Алтайский край (индекс в 2019 г. составил 68 % от уровня 1990 г.), Республика Хакасия (70 %), Кемеровская (76 %) и Омская (79 %) области. За рассматриваемый период вклад Сибирского федерального округа в экономический потенциал страны сократился на 17 %, что свидетельствует об «отстающем» развитии сибирских регионов в сравнении с иными территориями России. К регионам, существенно нарастившим экономический потенциал, относится Тюменская область с округами, индекс регионального развития которой вырос более чем в полтора раза, составив в 2019 г. 152 % по сравнению с аналогичным показателем 1990 г.

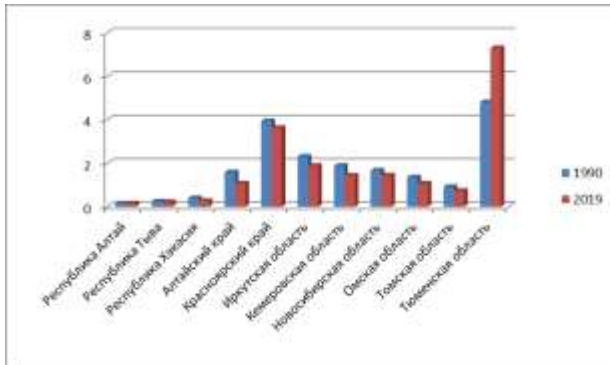


Рис. 3. Суммарный индекс регионального развития

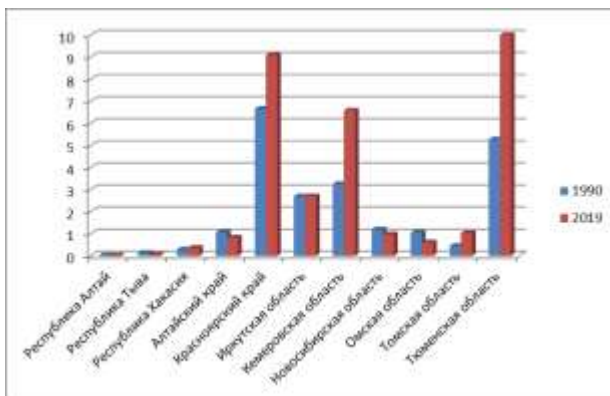


Рис. 4. Индекс экологичности регионального развития

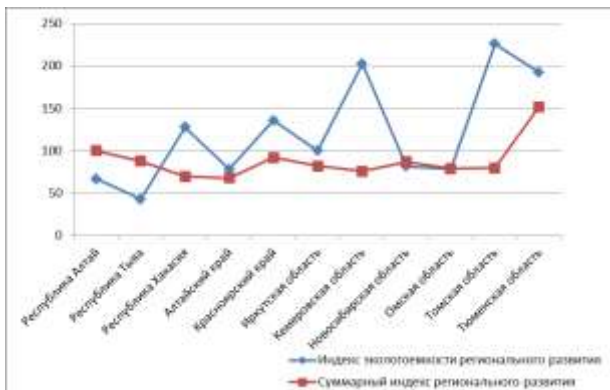


Рис. 5. Изменение индексов регионального развития и его экологической емкости в 2019 г. в % к 1990 г.

Следует отметить, что ситуация в регионах не однозначна и не стабильна, колеблется по годам, но общая тенденция сохраняется. Например, на рынке труда отмечаются потери потенциала во всех регионах, кроме Новосибирской и Томской областей, которые в основном сохранили свою долю и по общей численности, и по доле экономически активного населения. По объему валового регионального продукта регионы СФО сократили свой вклад в общероссийский показатель на 28,3 %. Особенно существенны потери Омской области, Алтайского края и Кемеровской области: они составили 45,6 %; 43,4; 41,9 %, соответственно. По показателям объема промышленного производства наиболее существенные потери (более 30 % своей значимости в общероссийских показателях) в Алтайском крае и Республике Хакасия.

Индекс экологической емкости регионального развития показывает насколько развитие региона «экологично»: чем он выше, тем больше степень воздействия хозяйственной деятельности на компоненты окружающей среды и ее загрязнение. Среди регионов Сибири наибольшие значения индекса отмечаются у Красноярского края, Тюменской, Кемеровской и Иркутской областей, наименьшие – у республик Алтай, Тыва и Хакасия. За исследуемый период 1990-2019 гг. произошли разнонаправленные изменения в динамике значений индекса.

Позитивные тенденции наблюдались в республиках Алтай и Тыва, Новосибирской и Омской областях: в них индекс экологоемкости регионального развития уменьшился. Негативные тенденции характерны для Красноярского края, Кемеровской и Томской областей; для прочих регионов характерна нестабильная экологическая обстановка, индекс экологической емкости колеблется по годам. Региональное развитие Тюменской области отличает высокая экологическая емкость и существенный рост – почти в два раза за рассматриваемый 30-летний период.

Диаграмма на рисунке 5 демонстрирует эколого-экономическую «сбалансированность» регионального развития. Так республики Алтай, Тыва и Новосибирская область улучшили свои позиции в экологическом рейтинге регионов Сибири: здесь значения индекса регионального развития выше его экологической емкости. Это можно объяснить интенсивным развитием отраслей третичного сектора экономики в Новосибирской области и отсутствием загрязняющих промышленных производств – в республиках. А вот остальные регионы развиваются в том числе за счет высокой антропогенной нагрузки и загрязнения окружающей среды. Ухудшение эколого-экономических параметров развития большинства регионов СФО является, на наш взгляд, следствием низкой инвестиционной привлекательности их экономик и, соответственно, высоким износом основных фондов. Так, доля СФО в общероссийских показателях стоимости основных производственных фондов уменьшилась почти в два раза и составила в 2019 г. всего 52 % аналогичного показателя 1990 г., а доля инвестиций – практически на треть, составив 69,8 % от показателя 1990 г. и 9,3 % общероссийского объема инвестиций в основной капитал. В то же время доля основных фондов Тюменской области выросла почти в 1,4 раза и составила 9,4 % от общероссийского показателя; доля инвестиций в 2019 г. в экономику Тюменской области с округами составила 11 %, выросла по сравнению с 1990 г. на 5,8 %. Хотя в отдельные годы этот показатель колеблется, но не существенно, составляя в основном около 10 %.

#### *Ирригационное землепользование в Западной Сибири*

В обобщенном виде под ирригационным землепользованием понимается совокупность условий, форм и порядка использования орошаемых сельскохозяйственных земель в комплексе с другими природными ресурсами, включая меры по их сохранению и улучшению (Реймерс, 1990). Таким образом, мы рассматриваем ирригационное землепользование как специфичный вид сельскохозяйственного природопользования, что в свою очередь, накладывает требования к необходимости его изучения на стыке физико-географических, экономико-географических, агроландшафтных и эколого-ландшафтных исследований и подходов.

Была разработана и апробирована методика построения и оценки индекса ирригационного землепользования – ILUI (*IrrigatedLandUseIndex*) (Орлова, 2022). Шкала итоговых значений ILUI разбита нами на четыре градации: высокий (более 5,600 условных единиц); выше среднего (2,610-5,600); ниже среднего (1,610-2,600); низкий (менее 1,600). В результате вычленено четыре группы муниципальных районов, различающихся по значениям составляющих параметров индекса ILUI: как по уровню использования орошаемых земель, так и по степени благоприятности сочетания параметров геоиригационной обстановки (рис. 6).

В первую группу с высокими значениями ILUI, отражающими высокий уровень использования орошаемых земель и благоприятное сочетание параметров геоиригационной обстановки, вошли пригородные районы крупнейших региональных центров Западной Сибири (Омский, Новосибирский, Первомайский и др.) с развитым поливным картофелеводством, овощеводством, а также районы с развитым животноводством (Кош-Агачский, Венгеровский, Немецкий национальный и др.), где полив кормовых



культур является жизненно важной необходимостью на фоне высокого дефицита увлажнения в вегетационный период. Во всех районах первой группы орошаемые земли регулярно поливают и площади полива весьма значительны, также здесь в последние годы активно происходит реконструкция оросительных систем (Омский, Рубцовский районы). Предпосылки для функционирования ирригационного землепользования в целом настолько благоприятны, что даже в годы повсеместного широкомасштабного списания орошаемых земель после распада СССР здесь сохранились довольно значительные их площади.

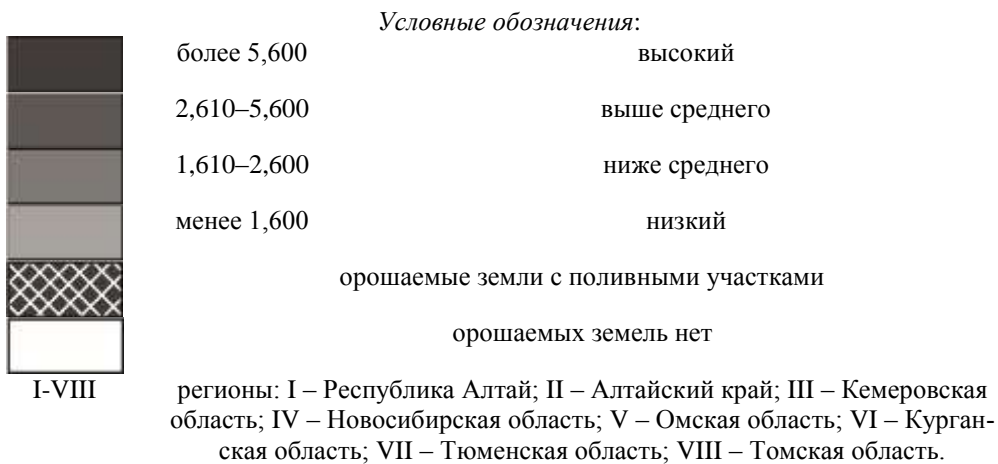
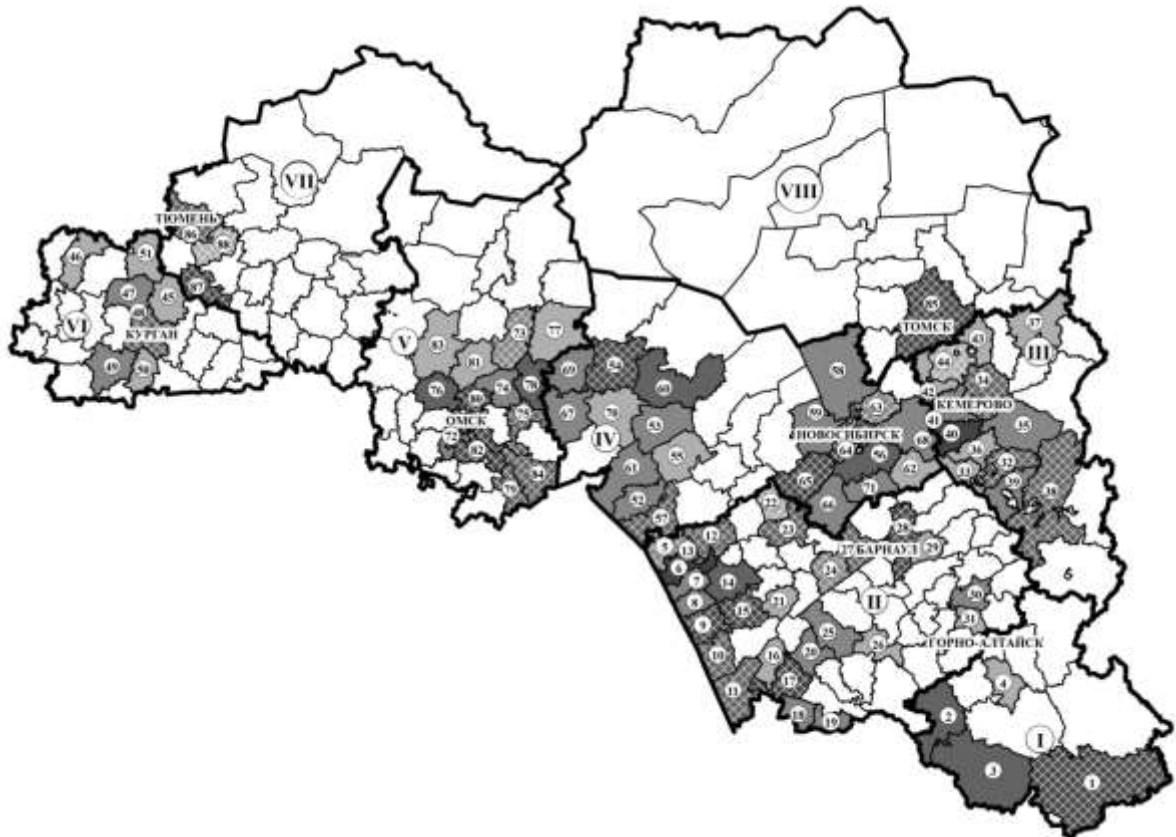


Рис. 6. Группировка муниципальных районов Западной Сибири на основе усовершенствованного индекса ирригационного землепользования

Во второй группе с ИЛУИ выше среднего наблюдается схожая территориальная дифференциация ирригационного землепользования на пригородный тип (Кемеровский, Тюменский, Павловский и др. районы) и животноводческий в районах с высоким дефицитом увлажнения (Карасукский, Хабарский и др.). Но в отличие от первой группы орошаемые земли регулярно поливаются не повсеместно, а только в 67 % районов. В остальных 33 % районов полив земель в последние годы не осуществляется либо по причине необходимости реконструкции оросительных систем (Любинский, Промышленновский), либо по экономическим причинам из-за недостатка средств у сельхозпроизводителей (Усть-Канский, Благовещенский). Однако по совокупности многих параметров в районах второй группы наблюдается довольно благоприятная геоиригационная обстановка для восстановления и дальнейшего развития орошения земель, которая требует, прежде всего, программ развития животноводства и финансовой поддержки государства для сельхозпроизводителей.

В районах третьей и четвертой групп со значениями ИЛУИ ниже среднего и низкими, современная геоиригационная обстановка в целом неблагоприятна для развития ирригационного землепользования. Наиболее ярко это отражается в распределении показателя фактически поливаемых земель, который наблюдается только в 20 % районов каждой из групп, при этом в большинстве площадь полива составляет менее 100 га. Кроме экономических причин, здесь чаще наблюдаются низкие показатели численности населения и поголовья скота, отражающие удаленное положение от региональных центров и упадок в животноводческих отраслях, также в ряде районов наблюдается недостаточно высокий для полива кормовых культур дефицит увлажнения в вегетационный период. Во многих районах четвертой группы (Чановский, Барабинский, Купинский, Советский, Юргинский, Тюкалинский, Яйский, Мариинский, Белозерский, Чемальский и др.) совсем нет фактически поливаемых земель, а оставшиеся площади орошаемых не превышают и 100 га. Более того, по официальной информации администраций этих районов, в ближайшие годы восстановление орошения земель здесь даже не планируется. Разница между районами третьей и четвертой групп заключается, прежде всего, в том, что в ряде районов третьей группы еще с советских времен сохранились большие площади орошаемых земель, а также наблюдается несколько более благоприятное сочетание отдельных параметров геоиригационной обстановки.

Представленная методика позволяет ранжировать и сравнивать районы Западной Сибири как по уровню развития ирригационного землепользования, так и по степени благоприятности геоиригационной обстановки для его функционирования. Также данный подход позволяет отражать взаимосвязи между фактическим использованием орошаемых земель и движущими силами, определяющими степень благоприятности геоиригационной обстановки для функционирования и устойчивой интенсификации ирригационного землепользования на уровне муниципальных районов Западной Сибири.

#### *Ландшафтно-экологическая оценка сельскохозяйственного землепользования*

Более детальные исследования проведены преимущественно в сфере аграрно-го/сельскохозяйственного природопользования Алтайского края и прилегающих территорий. Аграрное природопользование выбрано с позиций его фонового характера и всеобщности (в том или ином виде) распространения. Что касается Алтайского края как объекта исследования, то он является прекрасным полигоном изучения этого вида природопользования, т.к. находится, во-первых, практически целиком в зоне активного земледелия, и во-вторых, характеризуется большим разнообразием природных условий для его осуществления. На территории края выделены девять физико-географических

провинций: три – степных (Кулундинская, Южно-Приалейская и Предалтайская), два – лесостепных (Верхне-Обская, Предсалаирская) и четыре горных (Салаирская, Северо-Алтайская, Северо-Западная и Северо-Восточная Алтайская), каждая из которых характеризуется своим спектром ландшафтных условий и природных предпосылок развития того или иного вида природопользования.

Разработанный алгоритм ландшафтно-экологической оценки устойчивости функционирования систем сельскохозяйственного землепользования был реализован для сухостепных районов Алтайского края России и Павлодарской области Казахстана трансграничной территории Кулундинской равнины Обь-Иртышского междуречья (Krasnoyarova et al., 2019). В результате оценки устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию выделены относительно устойчивые, малоустойчивые и неустойчивые ландшафты, при этом основную часть исследуемой территории занимают ландшафты мало- и неустойчивые к сельскохозяйственному воздействию, что накладывает ряд экологических ограничений при осуществлении хозяйственной деятельности.

Необходим пересмотр стратегии землепользования: уход от принципа «максимум прибыли – минимум издержек» в пользу экологоприемлемых подходов, основанных на эколого-ландшафтном подходе. Он подразумевает дифференциацию землепользования в соответствии с ландшафтной структурой территории, максимальный учет особенностей и условий функционирования природных систем для обеспечения устойчивости агроландшафтов и воспроизводства почвенного плодородия.

Для реализации данного подхода на основе проведенной оценки устойчивости ландшафтов и экологического нормирования (сопоставление допустимых и фактических сельскохозяйственных нагрузок) выделены зоны, требующие разных стратегий сельскохозяйственного землепользования с разными целевыми параметрами использования и экологическими ограничениями для сохранения почвенного плодородия и экологической реабилитации нарушенных земель (рис. 7).

*Стратегия развития* разрабатывается для зоны, которая включает аллювиальные аккумулятивные типы сухостепных ландшафтов относительно устойчивые к сельскохозяйственному воздействию. Рекомендуется использовать под пашню с применением зернопаровой почвозащитной системы земледелия (в посевах преобладают зерновые продовольственные и фуражные культуры). Приоритетные мероприятия: сокращение уровня распаханности до 40 % от общей площади земель сельхозназначения; использование современных технологий; интенсификация сельскохозяйственного производства. Противодефляционные мероприятия: лесомелиоративные и влагоудерживающие мероприятия с созданием ветрорегулирующих лесополос и установление искусственных ограждений на пахотных угодьях.

*Стратегия адаптации* разрабатывается для зоны с малоустойчивыми ландшафтами (большая часть рассматриваемой территории). Здесь вводятся ограничения на формы и интенсивность эксплуатации земель, направленные на снижение негативного сельскохозяйственного воздействия. Рекомендуется использовать под пашню с высокой долей кормовых культур (многолетних трав) и естественные кормовые угодья с проведением агротехнических и мелиоративных мероприятий. Приоритетные мероприятия: вывод из севооборота и залужение малопродуктивных эродированных земель, расположенных на солонцах и солончаках, многолетними и однолетними солеустойчивыми травами (донник, люцерна, житняк, костер безостый, волоснец, суданская трава, сорго, просо). Восстановление травяного покрова за счет коренного улучшения естественных кормовых угодий и соблюдение пастбищеоборота.

Стратегия сохранения (консервации) разрабатывается для зоны неустойчивых ландшафтов с использованием земель в режиме сохранения. Она занимает приозерные территории с солонцами и солончаками и лесные массивы. Данные ландшафты не целесообразно вовлекать в сельскохозяйственный оборот в силу их средорегулирующих, водоохраных и почвозащитных функций. Допускается выборочное сенокосшение. Приоритетные мероприятия: контроль за распространением инвазивных видов и древесно-кустарниковой растительности. Фитомелиорация: залужение деградированных участков пастбищ житняком сибирским, эспарцетом песчаным, донником желтым, люцерной и другими видами многолетних растений, способствующих закреплению почв. Реконструкция государственной защитной лесополосы (Славгород-Рубцовск) и районной сети полезащитных лесополос (расчистка от погибших деревьев и зарослей кустарников, использование сочетания лиственных и хвойных пород: березы повислой, тополя бальзамического, сосны обыкновенной и лиственницы сибирской).

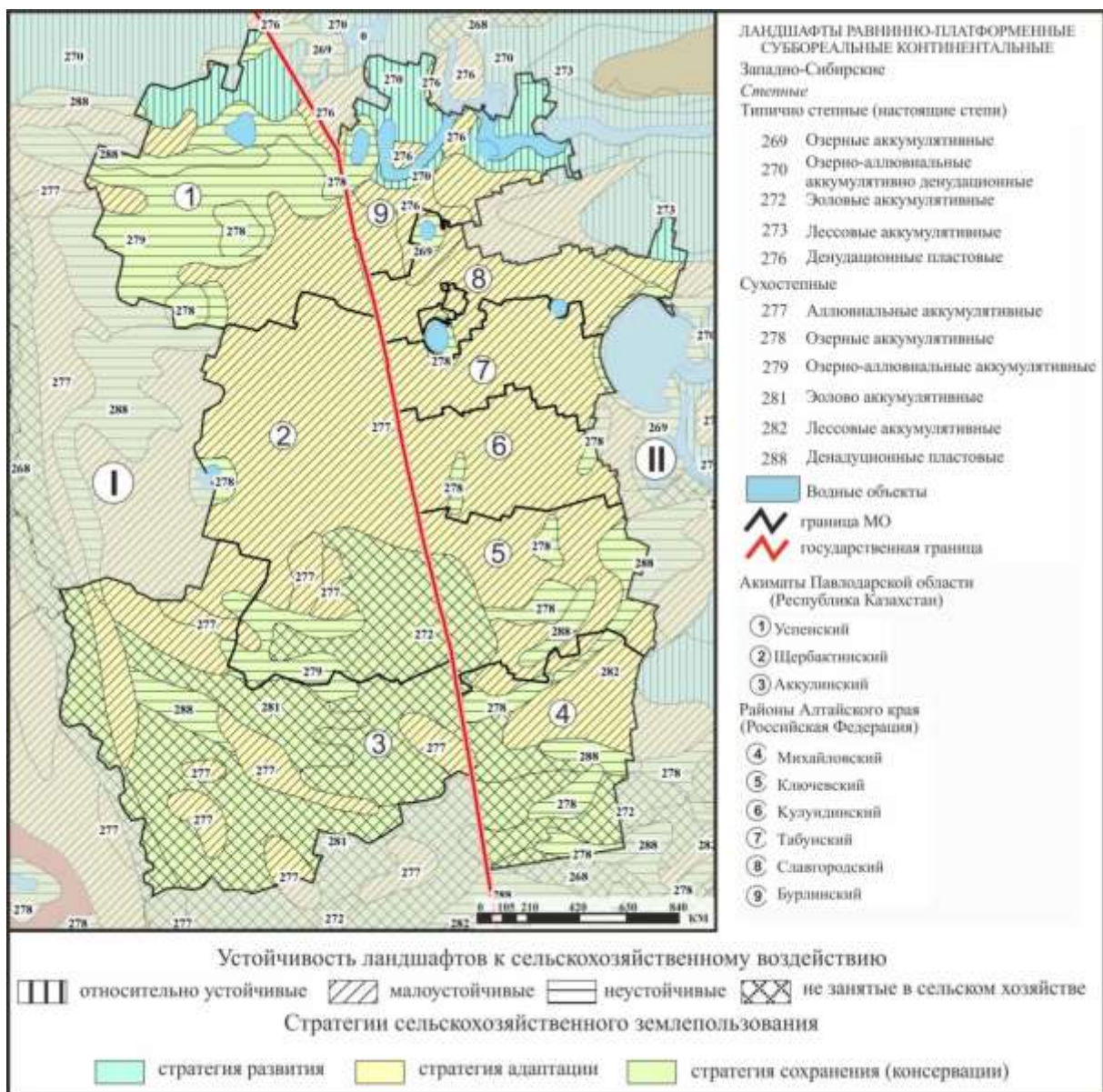


Рис. 7. Стратегии сельскохозяйственного землепользования Российско-Казахстанского приграничья



*Муниципальный уровень оценки экосистемных услуг*

Еще одним примером эколого-ландшафтного подхода к решению задачи рационализации природопользования является выбор оптимальной стратегии развития на основе концепции экосистемных услуг. Данный подход потребовал адаптации методики оценки экосистемных услуг к российским реалиям крупномасштабного планирования и был реализован для Заринского муниципального района Алтайского края, расположенного на стыке Верхнеобской и Пресалаирской лесостепной и Салаирской горной провинций (Назаренко, 2021). На основании полученных монетарных оценок экосистемных услуг отдельных ландшафтных комплексов выявлено, что территория каждой провинции в масштабах района является наиболее ценной с точки зрения оказания одной или нескольких экосистемных услуг.

В целом, наибольшая ценность экосистемных услуг в районе отмечена в наименее измененной хозяйственной деятельностью Салаирской провинции, где все ценные экосистемные услуги обеспечиваются лесами, в т.ч. леса обеспечивают привлекательность для туристов, местообитания редких и охотничьих видов животных и растений, прирост древесины и депонирование атмосферного углерода.

Исходя из полученных оценок, на территории Верхнеобской провинции возможна специализация на мясомолочном скотоводстве и пахотном земледелии, в Предсалаирской провинции – на пахотном земледелии и заготовке сена для сельскохозяйственных животных, в Салаирской провинции – на лесном хозяйстве.

При этом в западной части района сельскохозяйственные угодья, непригодные для ведения пахотного земледелия, в большинстве случаев используются в качестве пастбищ, в центральной части района – в качестве сенокосов, что, на наш взгляд, связано с их более высокой продуктивностью в связи с увеличением годового количества осадков при приближении к предгорьям в направлении с запада на восток.

Рассчитанные разные сценарии развития района показали, что внесение некоторых изменений в сложившуюся структуру землепользования может повысить ценность экосистемных услуг района, увеличив общий объем производства без роста антропогенной нагрузки на ландшафтные комплексы. Основной резерв роста ценности экосистемных услуг района содержится в вовлечении в хозяйственный оборот части залежных земель, выявленных в ходе сопоставления фактических данных и результатов дистанционного исследования.

Таким образом, проводимые исследования показали, что любая региональная система природопользования уникальна, но ее формирование, функционирование и развитие детерминировано природными и экономико-географическими условиями местоположения, а также институциональными факторами функционирования. Разнообразие конфликтов, возникающих в процессе развития, обусловлено чаще всего привнесенным воздействием социально-экономического, этнокультурного, реже – геополитического или геоэкономического характера, которые превышают адаптационные возможности данной системы. Для предотвращения либо нейтрализации такого рода конфликтов, либо сокращения зоны и остроты его проявления необходимо изучение особенностей функционирования региональных систем природопользования и определения пределов допустимого воздействия и определение алгоритма его предотвращения/сохранения, который в значительной мере определяется ландшафтно-экологическими особенностями территории развития.

Список литературы

Ишмуратов Б.М. и др. Региональное природопользование и география общества // География и природные ресурсы. – 2004. – № 2. – С. 18-28.

Красноярова Б.А. Региональное природопользование и факторы его формирования и функционирования // Александр Гумбольдт и российская география: материалы междунар. конф. – Барнаул, 1999. – С. 83-88.

Красноярова Б.А., Платонова С.Г., Скрипко В.В., Шарабарина С.Н. Региональные природно-хозяйственные системы Обь-Иртышского бассейна: конфликты и развитие // Изв. Алтайского отд-я Русского географического общ-ва. – 2015. – № 4. – С. 21-27.

Красноярова Б.А., Платонова С.Г., Шарабарина С.Н., Скрипко В.В., Архипова И.В. Природно-хозяйственное районирование Западной Сибири // Географический вестник. – 2018. – № 1 (44). – С. 64-72.

Красноярова Б.А., Шарабарина С.Н. Регионы Сибири в пространстве современной России: эколого-экономическая оценка // Россия и Азия. – 2021. – № 2 (16). – С. 21-28.

Красноярова Б.А., Шарабарина С.Н. Динамика развития сибирских регионов: экономика и экология // Развитие экономики регионов: пространственная трансформация, глобальные вызовы и перспективы экономического роста: материалы Межрегиональной научно-практ. онлайн-конф. – Красноярск, 2022. – С. 186-193.

Назаренко А.Е. Моделирование последствий трансформации структуры землепользования с использованием оценок экосистемных услуг // Географический вестник. – 2021. – № 1 (56). – С. 173-186.

Орлова И.В. Методика построения индекса ирригационного землепользования (на примере муниципальных районов Западной Сибири) // Географический вестник. – 2022. – № 1 (60). – С. 23-39.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справ. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

Krasnoyarova B.A., Orlova I.V., Plutalova T.G., and Sharabarina S.N. Landscape-Ecological Assessment of Dry Lands of the Russian-Kazakhstan Border Zone for Sustainable Land Use // Arid Ecosystems. – 2019. – Vol. 9. – № 3. – P. 150-156.

## ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИВЭП СО РАН В XXI ВЕКА

Д.В. Черных

Становление ландшафтного направления географических исследований в ИВЭП СО РАН происходило в конце прошлого века в результате синтеза идей ведущих отечественных ландшафтных школ (воронежской, московской, ленинградской, иркутской) и связано с именами Ю.И. Винокурова, В.И. Булатова, Ю.М. Цимбалея, Л.Н. Пурдика. Позднее к этому добавились отдельные наработки ряда зарубежных школ ландшафтной географии и ландшафтной экологии. В результате в настоящее время важнейшими отличительными чертами работ сотрудников Института по ландшафтной тематике являются: отражение пространственно-временной организации геосистем, ландшафтная индикация различных феноменов, природоохранная (ландшафтно-экологическая) направленность.

Ландшафтной группой ИВЭП СО РАН подготовлено несколько десятков разномасштабных ландшафтных карт на различные регионы Азиатской России, выполненных на основе структурно-генетического подхода. Среди них особо следует отметить изданную на Новосибирской картографической фабрике карту «Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край)» масштаба 1 : 500 000, которая представляет собой первый пример среднемасштабного ландшафтного картографирования крупногогорного региона.

Развитие теории ландшафтоведения привело к пониманию того, что ландшафт имеет полиструктурную организацию, а классическая концепция морфологической структуры ландшафта лишь частный ее случай. Другим случаем является позиционно-динамическая структура, одно из проявлений которой – катенарная структура. В рамках развития данных представлений в ИВЭП СО РАН предложено рассмотрение горных систем с преобладанием склоновых поверхностей как системы ландшафтных катен разного таксономического уровня, на каждом из которых в качестве системообразующих выступают различные потоки. В обоснование этой модели моно- и гетеролитные микро- и мезокатены детально охарактеризованы вначале в бассейне Телецкого озера, а затем в других частях Алтая.

Еще одним направлением исследований ландшафтной группы Института является приложение к различным природным обстановкам концепции факторально-динамических рядов, разработанной 1970-1980 гг. в Институте географии СО РАН. В основе концепции лежит представление о плакорных и плакорообразных местоположениях как топологических центрах ландшафта. Реальная же ландшафтная структура формируется под действием гипертрофированного влияния на условия плакоров какого-либо фактора – литоморфного, гидроморфного, криоморфного и т.д. Детальные исследования на фациальном уровне в рамках этого направления в течение трех лет проводились в высокогорьях хребта Холзун на Алтае. Сравнение описаний растительного покрова с характеристиками местоположений позволило подтвердить идею о том, что взаимообусловленность между компонентами геосистем, рассматриваемая на уровне фаций, не имеет абсолютный характер, а прослеживается лишь как более или менее выраженная тенденция.

Для территорий с дефицитом гидрометеорологической информации в целях превентивной оценки опасности гидрологических явлений и адаптивного управления в условиях неопределенности в ИВЭП СО РАН предложен алгоритм ландшафтно-гидрологических исследований, включающий несколько этапов: подготовка исходной ландшафтной основы, адекватной задачам и масштабу исследований; характеристика ландшафтно-гидрологического фона и построение интерпретационных карт на основе инвариантных показателей климато-, литолого-, топо-гидрологического фона; характе-

ристика функционально-динамической организации территории и построение интерпретационных карт на основе показателей, характеризующих внутригодовые и межгодовые состояния геосистем; ландшафтно-гидрологический синтез, включающий классификацию ландшафтов с учетом их активности по отношению к стоку на основе соотношения гидрологических функций (стокоформирование, стокорегулирование, водопоглощение) и классификацию речных бассейнов по соотношению ландшафтно-гидрологических комплексов и характеристика ландшафтно-бассейновой организации; ландшафтное проектирование и оптимизация структуры ландшафта с учетом хозяйственных, градостроительных, природоохранных, санитарно-гигиенических и эстетических требований и ограничений. На основе данного алгоритма для 70 водосборных бассейнов притоков Оби, Катуня и Бии первого порядка и трех бассейнов области внутреннего стока была проанализирована ландшафтная структура, оценена доля ландшафтов с условиями, благоприятствующими реализации стокоформирующей функции и обозначены регионы, подверженные наиболее высокому риску наводнений.

В последнее десятилетие значительные усилия ландшафтной группы ИВЭП СО РАН сосредоточены в рамках работ по ландшафтному снеговедению. Многолетние ландшафтные снегосъемки в бассейнах рек Майма (низкогорья Алтая), Касмала (Приобское плато) и Кучук (Кулундинская низменность) показали, что данные измерений на метеостанциях зачастую существенно отличаются от характеристик снежного покрова на прилегающих территориях. В результате проведенных работ охарактеризованы пространственные особенности дифференциации снежного покрова в различных региональных условиях и в зимние периоды с различными метеоусловиями, а также установлены тенденции изменений характеристик снежного покрова за последние полвека.

Разновременные данные дистанционного зондирования Земли в настоящее время рассматриваются как основной источник информации для анализа пространственно-временных изменений ландшафтов в результате антропогенного воздействия и глобального потепления. Разработан целый ряд алгоритмов количественного анализа динамики наземных покровов (landuse/landcoverchange). Апробированная в ИВЭП СО РАН методика подразумевает оценку изменений наземных покровов в границах конкретных генетически разнородных подразделений ландшафтной сферы. Так, на основе разновременных снимков серии Landsat оценена специфика динамики ландшафтов в ряде равнинных и горных водосборных бассейнов Алтайского региона за 1975-2016 гг., проведен анализ динамики площадей водоемов в различных ландшафтных обстановках в зонах неустойчивого увлажнения на юге Западной Сибири за 1989-2020 гг. В частности, выявлено, что межгодовая динамика водоемов слабо зависит от колебаний метеорологических условий конкретного года.

В рамках развития индикационного направления ландшафтных исследований в ИВЭП СО РАН предложено использовать характеристики ландшафтной структуры в качестве индикатора глобального изменения климата. Введено понятие о геосистемах-индикаторах климатических изменений, анализ структуры и функционирования которых позволяет получить максимум информации о рассматриваемом феномене. Показано, что около 15 % всех ландшафтов Русского Алтая содержат четкие признаки, на основе которых можно судить о происходящих климатических изменениях. Среди них ледники и иные гляциально-нивальные образования, ландшафты-геоэкотоны, ландшафты в экстремальных условиях существования, торфяники, криогенные ландшафты. Геосистемы-индикаторы представлены во всех физико-географических провинциях Русского Алтая, а их высокая динамичность должна учитываться при создании транспортной и промышленной инфраструктуры, оценке рисков неблагоприятных процессов для селитебных территорий.



В ИВЭП СО РАН предложено использовать ландшафтный подход в качестве основы для анализа территориальной организации природопользования в прошлом и в настоящее время. Так, в качестве важного шага при обосновании субрегиональных природно-хозяйственных систем называется вычленение ландшафтов, которые являются своеобразными центрами тяготения для группы смежных и определяют направления, возможности, ограничения и приоритеты хозяйственного освоения территории. В таком случае субрегиональные природно-хозяйственные системы понимаются как макропозиционные единства, в пределах которых за счет природных, культурно-исторических и политико-административных предпосылок и ограничений сложился либо складывается определенный режим использования ландшафтов. Данный подход апробирован для территории Русского Алтая, где выделено 40, и для российской части Алтае-Саянского региона, в пределах которого обозначено 109 таких систем.

Ландшафтный анализ и картографирование в целях оптимизации территориальной охраны природы – сфера особого интереса ландшафтоведов Института. Инвентаризация ландшафтного разнообразия заповедников и национальных парков, ландшафтное обеспечение зонирования региональных заказников, обоснование памятников природы на ландшафтной основе – вот не полный перечень направлений работ по данной тематике в пределах Алтайского региона. Так, вывод о необходимости сохранения всего спектра высотной поясности ландшафтов Северо-Западного Алтая послужил одним из аргументов в пользу расширения территории Тигирекского государственного заповедника, а ландшафтные работы в заказниках, расположенных на землях лесного фонда, позволили вывести из хозяйственного оборота ряд особо ценных в природоохранном отношении участков леса в приобских ленточных борах.

В ИВЭП СО РАН разработана оригинальная модель экологического туризма и формирования экотуриста, основанная на условно бесконечном процессе познания ландшафта. Познание ландшафта предлагается разбить на три этапа: приобретение знаний о ландшафте – понимание ландшафта – постижение ландшафта. Обозначены перспективные направления реализации предлагаемой модели, основанные на положениях ландшафтного подхода. Среди них: познание ландшафта через различные состояния; познание ландшафта как палимпсеста; познание ландшафта через индикаторы каких-либо феноменов; познание ландшафта через его образно-символические трактовки; познание ландшафта через смену обзорных точек; познание ландшафта через анализ его морфологии; познание ландшафта как структурированного вмещающего (кормящего) ландшафта; познание ландшафта через его возможности переносить антропогенные нагрузки.

Среди других прикладных направлений исследований, в которых принимали участие ландшафтоведы института – разработка ландшафтной основы для обеспечения экологической безопасности трасс и районов падения ОЧ РН типа «Союз», запускаемых с космодрома «Восточный», подготовка схем территориального планирования для ряда административных районов в Алтайском крае и Республике Алтай, анализ пространственного и временного распределения частиц микропластика на ландшафтной основе, ландшафтное картографирование для мониторинга и оценки экосистемных услуг, ландшафтная приуроченность и историческая динамика населенных пунктов.

Работы ландшафтной группы ИВЭП СО РАН нашли отражение в Глобальном обзоре ООН в рамках Конвенции по борьбе с опустыниванием (2019), в национальных докладах «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» (2019) и «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» (2021), в рекомендациях

по выделению высоких природоохранных ценностей категории «Редкие экосистемы и местообитания» в лесах Алтайского края (2019).

Ландшафтные исследования, проводимые в ИВЭП СО РАН, широко известны как в России, так и за рубежом. Это связано с тем, что результаты работ публикуются в ведущих тематических журналах, представители Института регулярно принимают участие в ландшафтных конференциях, активно работают в рамках российского отделения Международной ассоциации ландшафтной экологии.

Только за последние 10 лет в Институте выполнены следующие работы по ландшафтной тематике:

- «Современные ландшафты на «полюсах влажности» Русского Алтая и их эволюция в голоцене» (грант РФФИ № 13-05-00002);
- «Изучение антропогенной модификации и трансформации ландшафтов Алтайского края методами дистанционного зондирования как основа для экологического мониторинга» (грант РФФИ № 13-05-98020);
- «Ландшафтная структура как детерминант флористической дифференциации элементарного регионального и топологического уровней в гетерогенных равнинных водосборных бассейнах» (грант РФФИ № 15-05-01760-а);
- «Индикаторность ландшафтной структуры Русского Алтая в отношении прошлых и современных климатических изменений» (грант РФФИ № 18-05-00007);
- «Пространственно-временная динамика аквальных и сопряженных с ними геосистем как отражение климатических изменений и природопользования на водосборе (на примере равнинной части Алтайского края)» (грант РФФИ № 18-45-220001);
- «Картирование и сравнительная оценка экосистемных услуг горных охраняемых территорий в Родобах (Болгария) и на Алтае (Россия)» (грант РФФИ № 19-55-18001);
- «Диагностика природных (первичные биологические аэрозоли) и антропогенных (микропластик) микрочастиц в геосредах внутриконтинентальных экосистем на основе ландшафтно-интерпретационного подхода» (грант РФФИ № 19-05-50055);
- «Ландшафты северо-западного Алтая: от русских первопроходцев и малого ледникового периода до экологического туризма и глобального потепления» (грант Русского географического общества);
- «Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру Ямало-Ненецкого автономного округа» (проект Правительства ЯНАО).

## ГОРНО-АЛТАЙСКИЙ ФИЛИАЛ ИВЭП СО РАН

Горно-Алтайский филиал Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук был создан в 2002 г. в соответствии с Соглашением между Республикой Алтай и Сибирским отделением Российской Академии наук по вопросам развития академической науки на территории Республики Алтай и Постановлением Президиума СО РАН в целях развития академической науки и координации научных исследований экологического и социально-экономического характера, подготовки кадров высшей квалификации в Республике Алтай. Горно-Алтайский филиал является обособленным структурным подразделением ИВЭП СО РАН и осуществляет свою научную деятельность в рамках программ фундаментальных исследований института, РАН, программ по приоритетным научным направлениям СО РАН, а также инициативных исследований и договоров НИР.

Первым директором и организатором филиала была к.г.н. Светлана Петровна Суразакова, которая возглавляла его в течение 5 лет, сейчас работает старшим научным сотрудником. В настоящее время директором Горно-Алтайского филиала ИВЭП СО РАН является д.с.-х.н. Ольга Анатольевна Ельчи니нова. В составе филиала работают 19 человек, в т. ч. 2 доктора наук и 7 кандидатов наук.



*О.А. Ельчининова, д.с.-х.н.*



*Коллектив Горно-Алтайского филиала ИВЭП СО РАН, 2022 г.*



*С.П. Суразакова, к.г.н.*



*М.Г. Сухова, д.г.н.*



*Ю.В. Робертус, к.г.-м.н.  
(1949-2021)*

Юрий Владимирович Робертус (1949-2021) – геолог, к.г.-м.н., посвятивший всю свою трудовую деятельность исследованиям на Алтае, он был ведущим научным сотрудником ГАФ ИВЭП СО РАН и директором Алтайского регионального института «Экология», проводил прикладные научно-исследовательские работы по более тридцати темам, преимущественно геоэкологического профиля. Автор и соавтор ряда монографий и более 150 статей различной направленности. Под его руководством защитили кандидатские диссертации восемь аспирантов (Р.В. Любимов, А.В. Кивацкая, А.С. Сакладов, Т.В. Манышева, Г.А. Шевченко, Е.Н. Куликова-Хлебникова, К.С. Савенко, В.А. Ситникова), четверо из которых в настоящее время работают в филиале.

*Основные направления научных исследований филиала:*

- анализ и оценка природно-климатических условий и ресурсов Горного Алтая;
- разработка моделей устойчивого развития горных территорий в современных социально-экономических и природных условиях;
- эколого-биогеохимическая оценка ландшафтов;
- биогеохимия тяжелых металлов, элементов-биогеофитов в Горном Алтае;
- моделирование гидрохимического стока рек.

*В рамках госбюджетных заданий коллективом Горно-Алтайского филиала выполнялись работы по проектам:*

- «Биогеохимические и почвенно-гидрологические процессы на водосборах и их влияние на формирование гидрохимического стока в природных и антропогенных ландшафтах Сибири» (2013-2016);
- «Пространственно-временная организация природных и природно-хозяйственных систем в водосборных бассейнах: стратегия водопользования и обеспечения гидроэкологической безопасности Сибири» (2013-2016);
- «Биогеохимические особенности наземных экосистем в бассейнах рек Сибири и их влияние на качество природных вод» (2017-2020);
- «Формирование и развитие природных и природно-хозяйственных систем юга Западной Сибири в условиях глобальных и региональных климатических изменений, антропогенного воздействия» (2017-2020).

В 2010 г. совместно с Горно-Алтайским государственным университетом создана Вузовско-академическая кафедра устойчивого развития горных территорий с целью повышения качества подготовки специалистов в области экологии, геоэкологии, охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и устойчивого развития территорий, а также для улучшения взаимодействия вузовской и академической науки. Кафедрой руководит д.г.н., с.н.с. Сухова Мария Геннадьевна. Вузовско-академическая кафедра обладает большим научным потенциалом – на кафедре работает 4 доктора наук, 10 кандидатов наук. Основным видом деятельности кафедры устойчивого развития горных территорий является участие в организации научной деятельности студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей ГАГУ.



*Заседание кафедры*





Участники Научных чтений памяти М.А. Мальгина



С 2010 г. традиционными стали Научные чтения памяти Михаила Александровича Мальгина, проводимые на территории Горно-Алтайского филиала, в которых принимали участие представители научных и образовательных учреждений Республики Алтай, Алтайского края и Новосибирска.

В 2013-2016 гг. в рамках Программы фундаментальных научных исследований коллектив Горно-Алтайского филиала участвовал в выполнении НИР по двум проектам.

В рамках выполнения НИР по Проекту «Биогеохимические и почвенно-гидрологические процессы на водосборах и их влияние на формирование гидрохимического стока в природных и антропогенных ландшафтах Сибири» была дана оценка роли почвенных факторов в процессах водной миграции химических элементов, миграции макро- и микроэлементов в системе «почвообразующие породы – почвы – растения – воды» для сельхозугодий в бассейне р. Майма. Анализ вод поверхностно-склонового стока в период аномального дождевого паводка 2014 г. на территории модельного бассейна показал, что максимальные концентрации растворенного железа и абсолютного большинства исследованных микроэлементов характерны для почвенно-поверхностных вод территорий, где проведена зяблевая вспашка.

Продолжены мониторинговые исследования снежного покрова, проведен анализ атмосферных осадков, вод поверхностно-склонового стока в период снеготаяния и период половодья на территории модельного бассейна р. Маймы.

Создана база данных гидрохимического стока для речных бассейнов Горного Алтая. На примере 34 модельных речных бассейнов Алтае-Саянской горной страны проведен системный анализ факторов среды, влияющих на гидрохимический сток.

Проводились экспедиционные исследования в высокогорных (Курайская, Чуйская) и среднегорных (Канская, Уймонская) котловинах. Дана оценка роли почвенных факторов в процессах водной миграции химических элементов, миграции макро- и микроэлементов в системе «почвообразующие породы – почвы – растения – воды», оценка роли водопроницаемости, водопоглощающей способности, гранулометрического и агрегатного состава, скважности почв в процессах водной миграции химических элементов с использованием данных натуральных и лабораторных экспериментов в высокогорных (Курайская, Чуйская) и среднегорных (Канская, Уймонская) котловинах.



Влияние горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности на качество подземных и поверхностных вод было рассмотрено на примере рудника и золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ) в Северо-Восточном Алтае. Выяснено, что среди загрязняющих веществ, присутствующих в перерабатываемых рудах и отходах рудника «Веселый», наибольший негатив для экологического состояния природных вод представляют тяжелые металлы (ТМ) 1-3 класса опасности и, в меньшей степени, применяемые флотореагенты. Полученные данные по содержанию тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в природных (поверхностных и грунтовых) водах на территории промзоны однозначно указывают на прямую связь с их концентрациями в сбросных водах рудника. В ряду антропогенно трансформированных вод повышенный уровень загрязнения проявлен именно для грунтовых вод, в которых выявлены повышенные концентрации аммонийного азота (1 ПДК), сульфатов, тяжелых металлов и др.

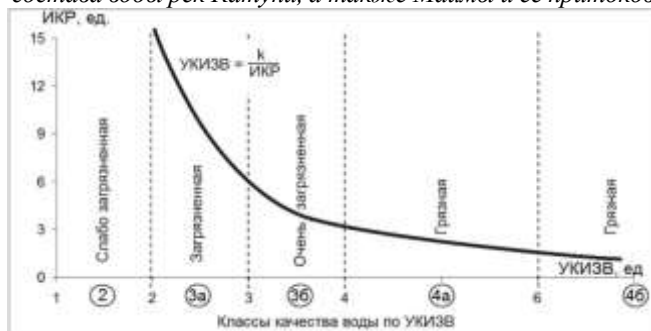
В 2016 г. Горно-Алтайским филиалом изучался также кислородный режим и микроэлементный состав воды рек 2-5-го порядков – Катунь, Маймы и ее притоков. Результаты исследования позволяют считать, что в районе г. Горно-Алтайска проявлены следующие тренды поведения растворенного кислорода в русловом стоке:

- увеличение его содержания и насыщения от истока к устью водотоков всех порядков;
- уменьшение его содержания в ряду «крупные – средние – мелкие водотоки»;
- увеличение его содержания в водотоках с медленным течением (на примере р. Улалушка).

Значения других показателей кислородного режима воды – окисляемости (ПО, ХПК) и БПК, как и содержание кислорода, закономерно изменяются – увеличиваются от крупных рек к мелким водотокам. В то же время они уменьшаются от истока к устью изученных рек, что объясняется снижением объема вовлекаемой в сток легко-окисляемой органики (в основном гумуса прибрежных почв).



Исследование кислородного режима и микроэлементного состава воды рек Катунь, а также Маймы и ее притоков



Номограмма для определения степени загрязнения воды по величине ИКР

Полученные данные позволили предложить следующие классы качества поверхностных вод по их кислородному режиму: очень высокий (ИКР более 20), высокий (10-20), средний (3-10); низкий (ИКР менее 3). Согласно полученным данным, вода р. Катунь в районе агломерации относится к высокому классу качества для рыбохозяйственных целей, р. Майма – к среднему классу, а вода ее притоков – в основном к низкому классу.

На основе анализа микроэлементного состава воды протекающих в районе агломерации г. Горно-Алтайска рек 2-4 порядков (Катунь, а также Майма и ее притоки – реки Улалушка и Каяс) было установлено, что:

- наиболее высокое содержание большинства микроэлементов проявлено в воде р. Улалушка, что предположительно обусловлено заболоченностью ее долины и низкой скоростью течения, в результате этого в растворенное состояние переходит большее количество МЭ из развитых в пойме горных пород;

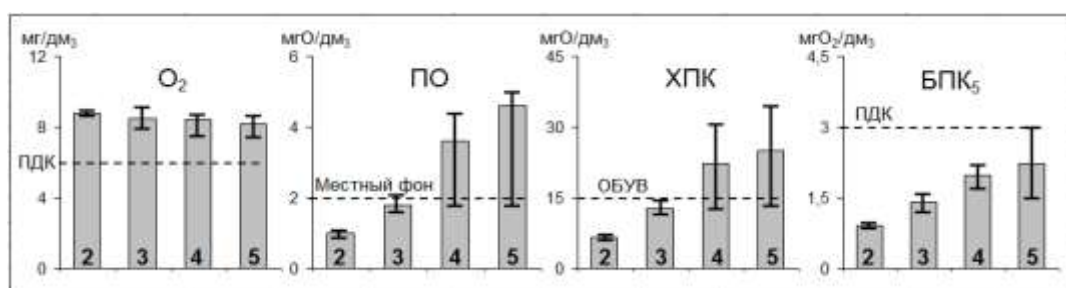
– установленные средние концентрации половины из изученных микроэлементов не превышают значений мировых кларков, а большинства из них – нормативов ОДК и ОБУВ для вод рыбохозяйственных водоемов, кроме Al, Fe, V, Mn, Cu, Li, отражающих геохимическую специализацию геологических образований, развитых в водосборных бассейнах рек;



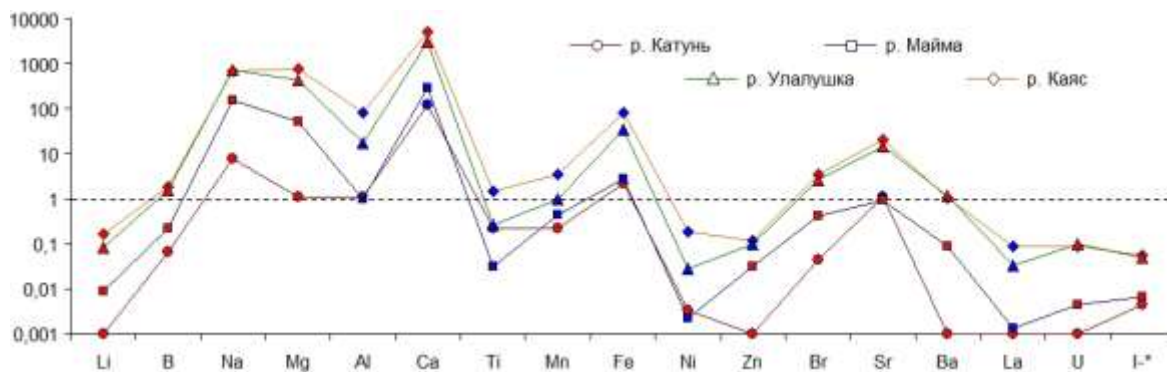
– наибольшие средние величины отношения содержания в воде МЭ (устье/исток) характерны для мелких рек, т.е. чем меньше длина водотока, тем больше разница в содержании микроэлементов в его истоке и устье;

– выявленные характеристики присутствия и особенности распределения микроэлементов в речных водах района отражают природную геохимическую и металлогенетическую специализацию геологических образований, проявленных на их водосборной площади.

Также было изучено влияние добычи и обогащения руд на основном горнодобывающем предприятии Республики Алтай – ОАО «Рудник «Веселый» на поверхностный сток модельного бассейна рек Синюха и Сейка (бассейн р. Саракокша). Выяснено, что среди загрязняющих веществ, присутствующих в перерабатываемых рудах и отходах рудника «Веселый», наибольший негатив для экологического состояния природных вод представляют тяжелые металлы 1-3 класса опасности, в меньшей степени, применяемые соединения минерального азота и флотореагенты.



Средние значения показателей кислородного режима водотоков 2-5 порядков в районе Горно-Алтайска (летняя межень)



Градиенты изменения содержания МЭ в воде водотоков (устье/исток), мкг/км: красные пуансоны – для положительных значений градиентов, синие – для отрицательных.



Содержание ртути в природных средах промзоны рудника «Веселый» и пос. Сейка

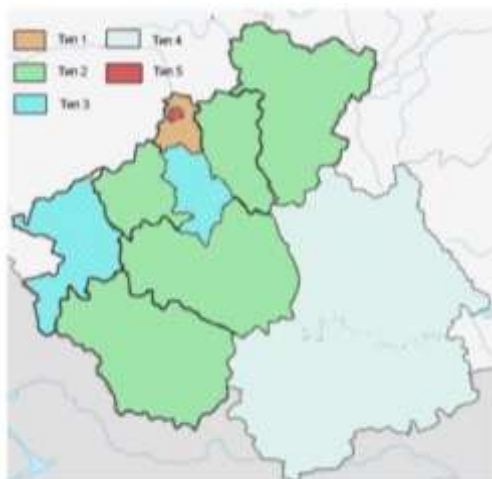


Полученные данные по содержанию тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в природных (поверхностных и грунтовых) водах на территории промзоны однозначно указывают на прямую связь с их концентрациями в сбросных водах рудника. В первую очередь, это касается азотистых соединений и «профильных» ТМ руд – меди и цинка. В частности, в воде р. Синюха (основного водотока в зоне влияния рудника) в отчетный период отмечено превышение ПДК по меди в 8 раз, цинка – на уровне ПДК. Кроме того, химический состав воды реки в целом отличается от такового для фонового руч. Кайчак по большому спектру показателей, что указывает на его формирование при заметном участии техногенных факторов. В частности, близость химического состава, спектра и уровня присутствия компонентов химического состава и специфических загрязнителей в воде реки и шахтной воде свидетельствует о слабом негативном влиянии шахтного водоотлива на состояние р. Синюха.

В 2016 г. филиалом было проведено изучение содержания ртути в компонентах окружающей среды в зоне влияния промзоны рудника «Веселый», который в прошлом широко использовал ртуть для извлечения золота из гравииоконцентрата. Максимальные концентрации ртути в сопряженных природных средах проявлены в промзоне предприятия и в местах размещения его отходов – хвостов обогащения золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ), а также на путях их водного транзита. Наибольшая вариабельность содержания ртути ( $V = 65-85\%$ ) характерна для почвенного воздуха – индикатора ее присутствия в почвах, почвообразующих и коренных породах. В наименьшей степени изменяются концентрации ртути в приземном воздухе и древесное, являющимися ее конечными реципиентами.

В рамках второго Проекта «Пространственно-временная организация природных и природно-хозяйственных систем в водосборных бассейнах: стратегия водопользования и обеспечения гидроэкологической безопасности Сибири» изучены и систематизированы природно-хозяйственные системы (ПХС) Алтайского горного региона (республики Алтай, Тыва, горные районы Алтайского края). На основе произведенных исследований выделено 6 типов ПХС горных регионов. На территории Республики Алтай распространено 5 типов ПХС.

В 2017-2020 гг. в рамках госбюджетных работ коллективом Горно-Алтайского филиала выполнялись исследования по проекту «Формирование и развитие природных и природно-хозяйственных систем юга Западной Сибири в условиях глобальных и региональных климатических изменений, антропогенного воздействия».



Типы природно-хозяйственных систем:  
 1 – Майминский район; 2 – Чойский, Турочакский, Шебалинский, Онгудайский, Усть-Коксинский районы; 3 – Чемальский, Усть-Канский районы;  
 4 – Улаганский, Кош-Агачский районы;  
 5 – Горно-Алтайск.

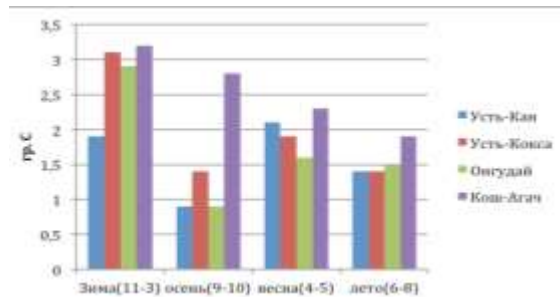
По блоку «Природные предпосылки и ограничения функционирования природно-хозяйственных систем юга Западной Сибири» проведен анализ динамики изменения температурно-влажностных показателей котловин Центрального и Юго-Восточного Алтая – наиболее освоенных среднегорных и высокогорных территорий Алтая. Установлено, что наиболее значимые изменения происходят в Чуйской котловине, где величина повышения среднегодовой температуры воздуха за период 1955-2016 гг. на основе линейных трендов оставила  $3^{\circ}\text{C}$ , в частности: в Канской котловине –  $1,8^{\circ}\text{C}$ , в Урскульской

– 1,9, в Уймонской 2,3°C. Вместе с этим необходимо отметить и тенденцию к незначительному похолоданию последнего десятилетия.

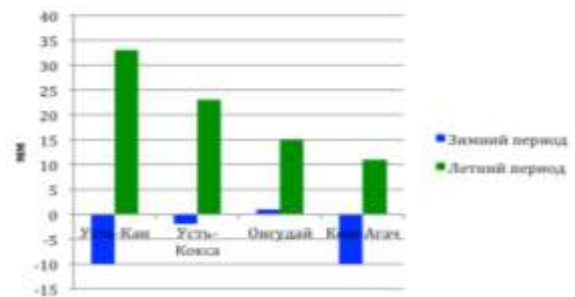
По всем метеостанциям значимых изменений в режиме осадков не выявлено, однако при рассмотрении сезонной специфики на основе линейных трендов были некоторые отличия. Так повсеместно фиксируется повышение летних сумм осадков – на 33 мм по метеостанции Усть-Кокса, на 23 мм – по метеостанции Усть-Кан, на 12 мм – по метеостанции Кош-Агач. Количество зимних осадков уменьшается на величины от 2 до 10 мм.

Таким образом, подтверждена общая тенденция к потеплению при незначительном похолодании последнего десятилетия, а также отсутствие значимых изменений в режиме осадков. Данный факт свидетельствует о четкой тенденции усиления аридизации территории, поскольку наблюдаемый прирост температур воздуха не сопровождается соответствующим увеличением атмосферных осадков.

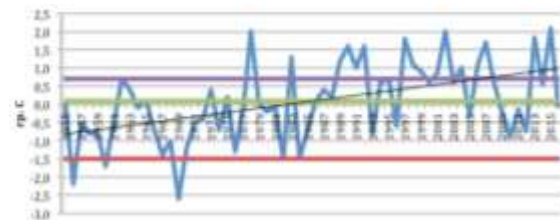
Также был проведен анализ состояния растительного покрова Юго-Восточного Алтая. С помощью геоботанических индексов (NDVI) определены величины изменения площади и объема растительного покрова по территории Юго-Восточного Алтая с 2000 по 2012 гг., что на основе этого позволило установить наиболее уязвимые ландшафты.



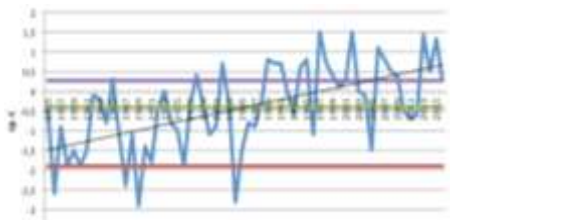
Повышение среднесезонной температуры воздуха за период 1955-2016 гг. на основе линейных трендов



Изменение сумм осадков зимнего и летнего периодов 1955-2016 гг. на основе линейных трендов



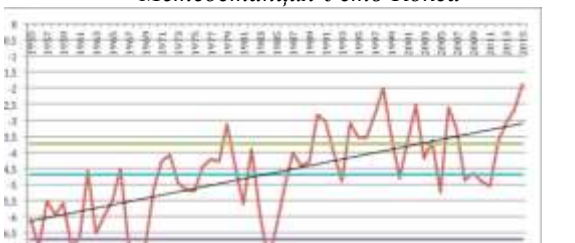
Метеостанция Усть-Кан



Метеостанция Усть-Кокса

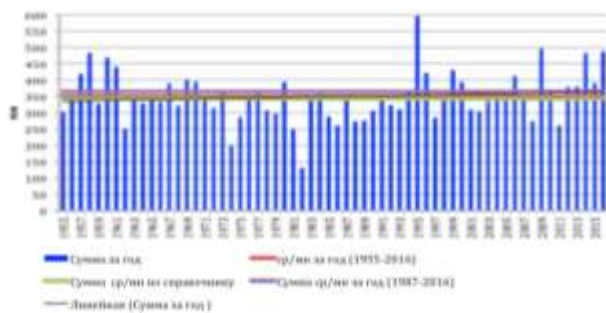


Метеостанция Онгудай

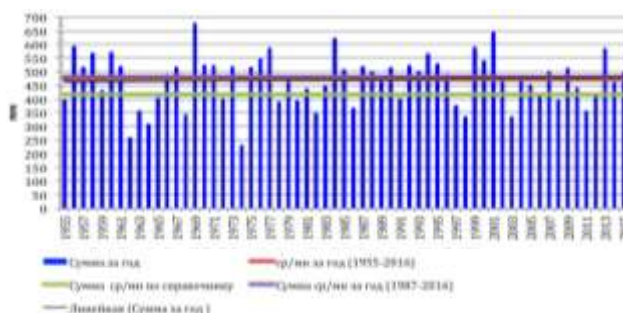


Метеостанция Кош-Агач

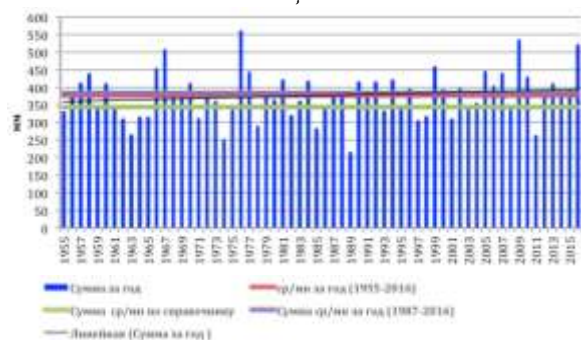
Динамика среднегодовой температуры



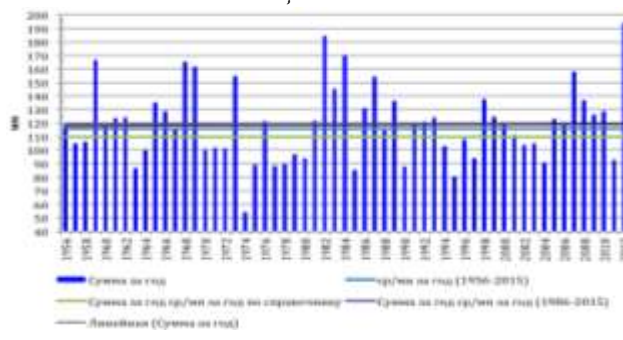
Метеостанция Усть-Кан



Метеостанция Усть-Кокса

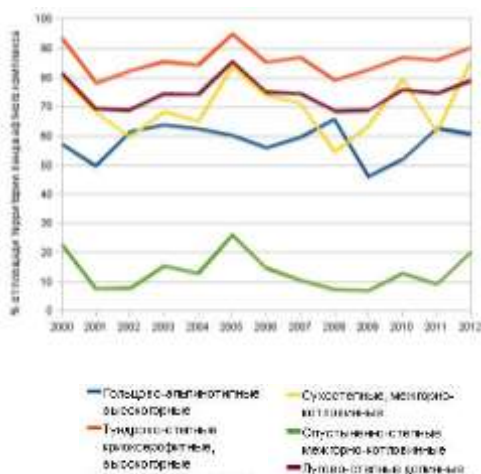


Метеостанция Онгудай

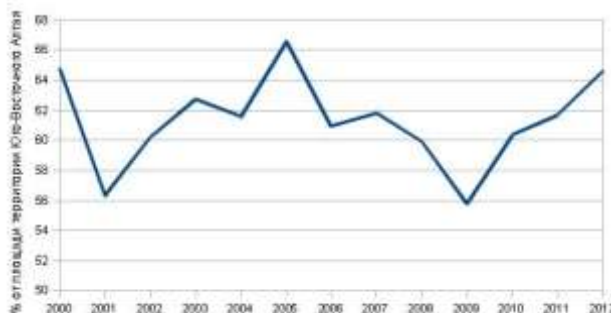


Метеостанция Кош-Агач

Динамика годового количества атмосферных осадков



а



б

Динамика площади растительного покрова:

а – отдельных ландшафтных комплексов; б – Юго-Восточного Алтая.

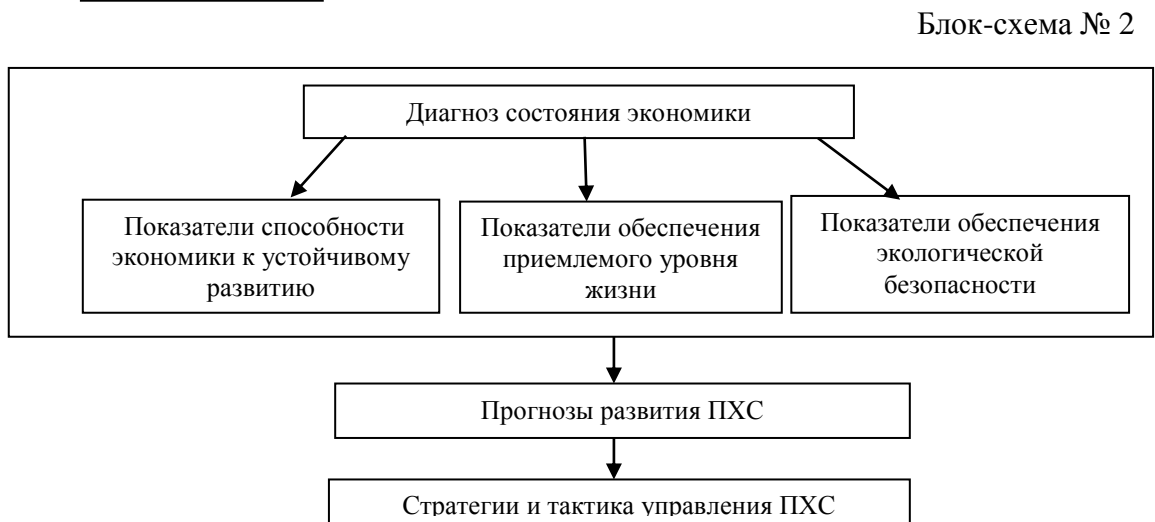
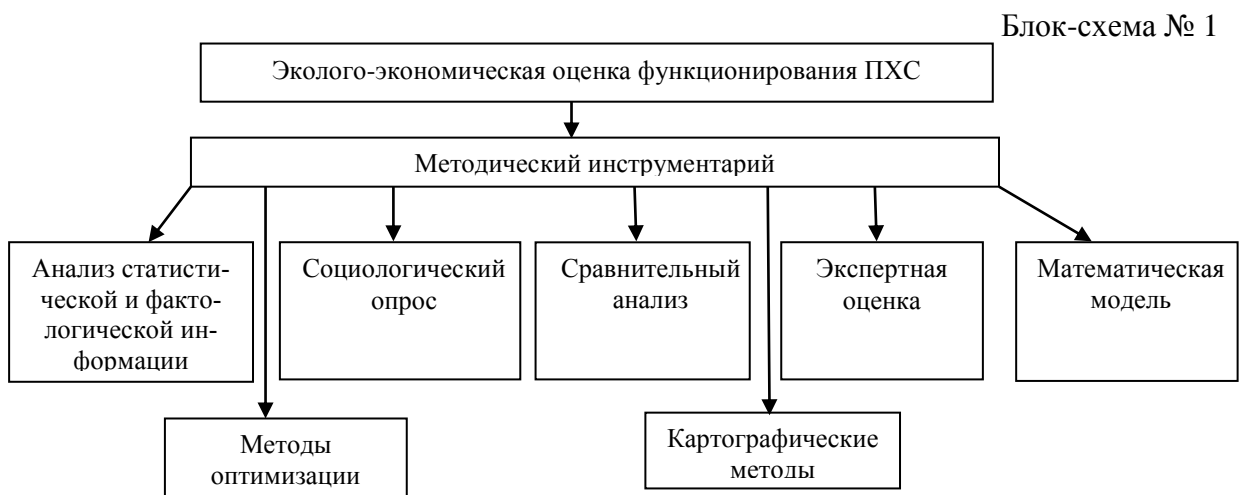
Определена взаимосвязь между уровнем осадков и колебаниями растительности для территории Юго-Восточного Алтая. Наиболее значительные однолетние изменения площади зеленого покрова отмечены для сухостепного межгорно-котловинного ландшафтного комплекса, они достигают 24,2 % (с 2011 по 2012 гг.).

Анализ динамики площади растительного покрова по ландшафтным комплексам не выявил значимых изменений для большинства из них. Негативные тенденции отмечены лишь для травяно-болотных эвтрофных, долинных ландшафтов, где выявлено устойчивое сокращение растительности примерно на 2 % за весь период наблюдений (коэффициент корреляции =  $-0,58$ ). По всем остальным ландшафтам колебания растительности носят ситуативный характер.

Относительно всей территории Юго-Восточного Алтая вариационный размах площади растительного покрова за исследуемый период составил 10,8 %, он меняется в пределах от 55,8 % до 66,6 %. Изменения суммарной площади растительности, в целом, хорошо соотносятся с колебаниями площади растительности отдельных ландшафтных комплексов, т.е. подобная картина характерна и для большинства остальных ландшафтов. Установленные экстремумы предопределены значительным увеличением либо понижением количества атмосферных осадков за вегетационный период (коэффициент корреляции – 0,65).

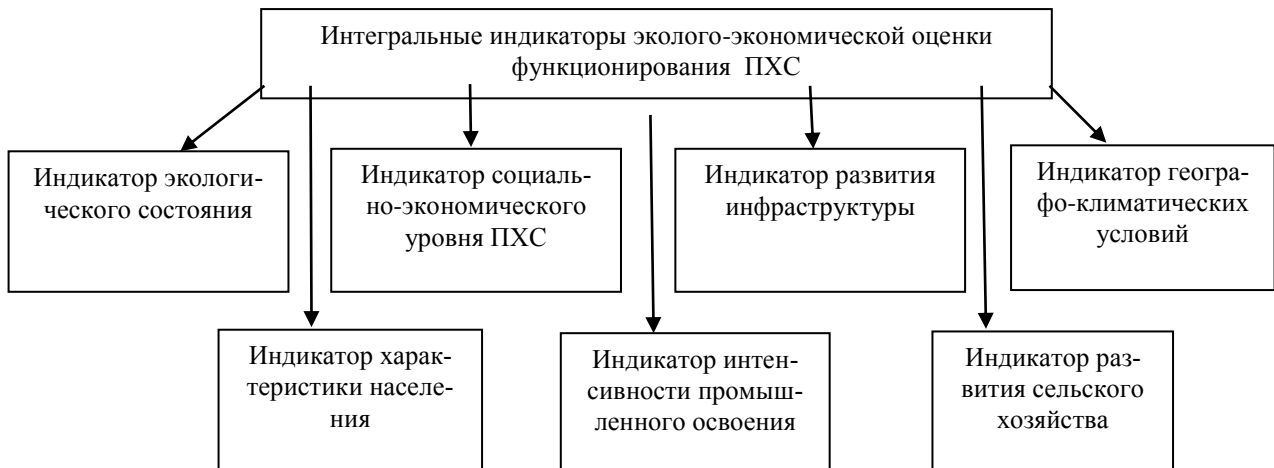
Таким образом, к зоне риска можно отнести ландшафты, где растительный покров имеет наименьшие величины (гляциально-нивальные высокогорные), с наибольшими флуктуациями при общей его слабости (опустыненно-степные межгорно-котловинные), а также с устойчивой отрицательной динамикой его площади (травяно-болотные эвтрофные, долинные). Последние, впрочем, отнесены условно, поскольку общий объем зеленой биомассы здесь достаточно высок, а его сокращение относительно невелико.

По блоку «Эколого-экономическая оценка функционирования природно-хозяйственных систем регионов юга Западной Сибири в целях устойчивого развития» произведена оценка функционирования ПХС, необходимая при принятии стратегических решений, касающихся состояния, перспектив и результатов реализации предыдущих стратегических решений (стратегий, программ). Алгоритм осуществления эколого-экономической оценки: сбор информации, формирования базы данных; анализ показателей с применением статистических данных.

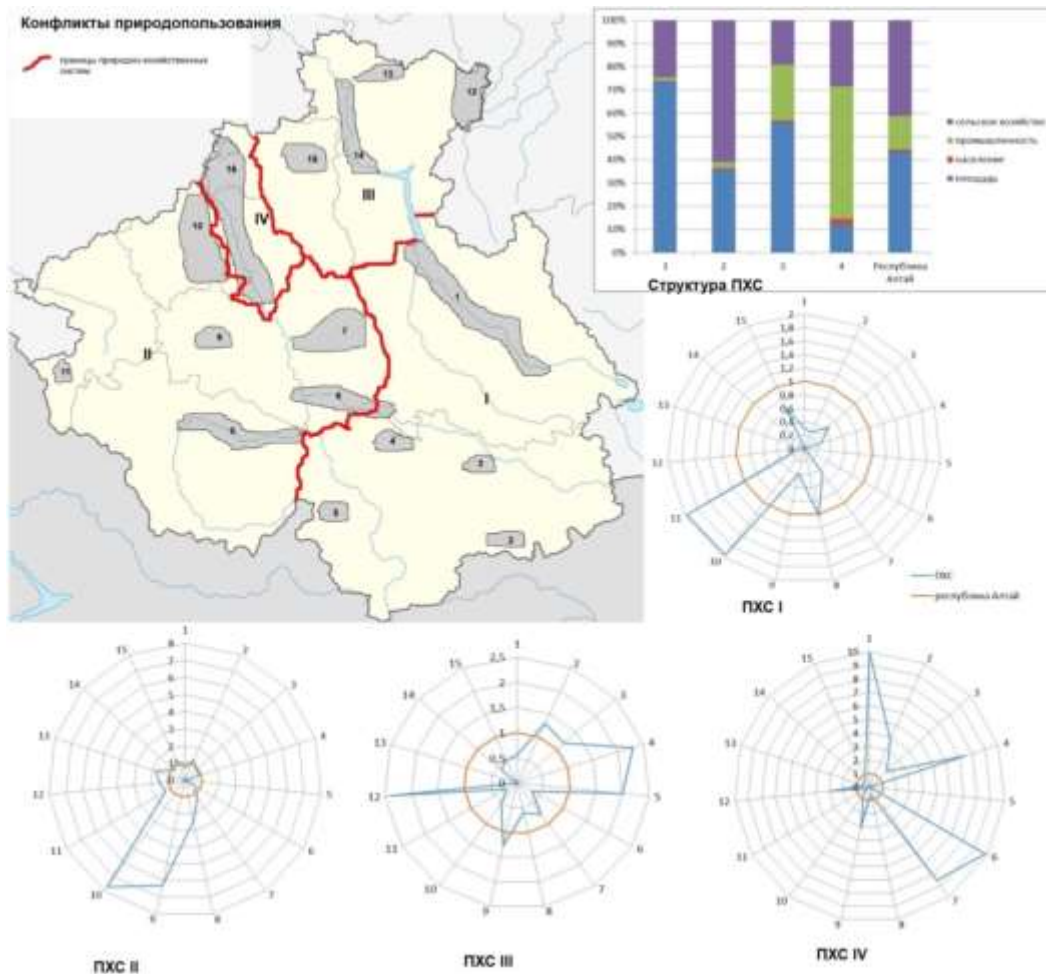




Блок схема № 3



Соответственно трем составным частям ПХС формируется группы показателей: – экономические, дающие возможность оценить состояние экономической сферы; – социальные, посредством которых оценивается состояние социальной сферы; – экологические, позволяющие оценить экологическое состояние природной среды. Показатели позволяют рассчитать индикаторы эколого-экономической оценки.



**Конфликтные площади:**

*I – высокогорная альпийская с межгорными плато и котловинами; II – высокогорная с межгорными котловинами; III – низкогорно-среднегорная, интразональная; IV – предгорно-среднегорная.*

В настоящее время при принятии стратегических решений по развитию ПХС используется, как правило, социо-экономическая оценка, без учета состояния и возможных экологических последствий их осуществления. В результате не учитываются экологические риски, возникают экологические конфликты. Так, например, в результате реализации стратегических решений в 1970-1990-е гг. имелись экологические последствия.

Эколого-экономическая оценка территории – это оценка состояния окружающей природной среды и социально-экономическое положение природно-хозяйственных систем. В соответствии с этим были выделены три группы показателей, отражающих эколого-экономическое состояние природно-хозяйственных систем: антропогенная нагрузка на ПХС как суммарное воздействие видовых (почва, вода, земля) загрязнений (1); уровень жизни населения, отражающий прирост его доходов при увеличении ВРП на 1 % (2); уровень здоровья населения, которое выражается, в свою очередь, в продолжительности жизни и в уровне заболеваемости (3).

Сформулированы некоторые особенности расчетов этих показателей в условиях горной местности Юга Западной Сибири (на примере Республики Алтай). Сформирована база данных для осуществления расчетов вышеуказанных показателей при различных сценариях территориального развития.

Индикатор антропогенной нагрузки по Реймерсу составил по Республике Алтай 0,5, что вполне укладывается в «правило 10 %», которое утверждает, что изъятие более 10 % ресурсов ведет к дисбалансу и деградации экосистемы. Возврат в экосистему отходов и различных загрязнений допустим в тех же пропорциях. Поэтому наибольшее значение воздействие хозяйственной деятельности не должно превышать 0,9, а наименьшее – 0,01.

Следующий показатель характеризует изменение уровня жизни населения при увеличении валового регионального продукта на душу населения на 1 %. Расчеты показывают что, за исследуемый период уровень жизни в Республике Алтай изменился незначительно, всего на 0,05 пунктов на 1 % прироста валового регионального продукта. Это свидетельствует о незначительной эффективности осуществленных мер по социально-экономическому развитию в регионе.

Третий интегральный показатель – «индекс здоровья населения». Он относится описательным оценочным индикаторам последствий воздействия хозяйственной деятельности и характеризует состояние здоровья населения, которое зависит от качества и доступности медицинского обслуживания, состояния окружающей природной среды, уровня социальной защищенности. Включает два оценочных показателя. Первый – продолжительность жизни – определяется по методике ПРООН. Согласно стандартным

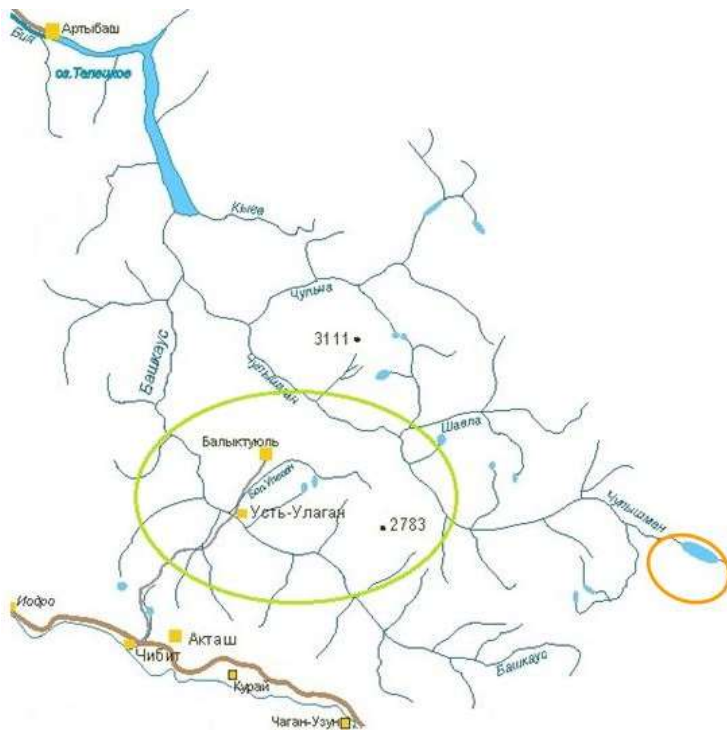
Природопользование	Противоречие	Проявление
Природоохранное	лесопромышленное, сельскохозяйственное	скрытый,
Горнопромышленное	природоохранное	потенциальный
Горнопромышленный	природоохранное, сельскохозяйственное	потенциальный
Рекреация	природоохранное, сельскохозяйственное	скрытый
Горнопромышленное	природоохранное	потенциальный
Рекреация	природоохранное, сельскохозяйственное, лесопользование	скрытый
Лесопользование	природоохранное	скрытый
Рекреация	природоохранное, сельскохозяйственное	явный
Сельскохозяйственное	природоохранное	явный
Рекреация	сельскохозяйственное	явный
Горнопромышленное	сельскохозяйственное	потенциальный
Горнопромышленное	лесопользование	потенциальный
Горнопромышленное	лесопользование, сельскохозяйственное	потенциальный
Рекреация	сельскохозяйственное, лесопользование, горнопромышленное	явный
Горнопромышленное	сельскохозяйственное, лесопользование	явный
Рекреация	сельскохозяйственное, природоохранное	явный

характеристикам, используемым при расчете «уровня человеческого развития», максимальная продолжительность составляет 85 лет, минимальная – 25 лет. В Республике Алтай годы ожидаемой продолжительности значительно ниже. Вторая составляющая индекса здоровья населения – индекс заболеваемости. Сложность его расчета заключается в том, что отсутствуют необходимые данные в представляемых формах государственной отчетности. На основе имеющихся показателей статистики можно рассчитать общий индекс заболеваемости, который в Республике составил 1,3. Нормировка общей заболеваемости обеспечивает изменение индекса общей заболеваемости от 0 до 1. Следовательно, в Республике Алтай за 2012-2016 гг. проблема заболеваемости населения возросла, т.к. превысила норму.

Таким образом, эколого-экономическая оценка состояния природно-хозяйственной системы Республики Алтай показывает необходимость при принятии стратегических решений на последующий период особое внимание уделить социальным аспектам развития, а именно: росту уровня жизни населения и снижению общей его заболеваемости, продолжать содействие снижению антропогенной нагрузки в целях оздоровления окружающей природной среды.

*Работы по проекту «Биогеохимические особенности наземных экосистем в бассейнах рек Сибири и их влияние на качество природных вод»*

В 2017 г. был проведен анализ биогеохимических циклов, оценка интенсивности



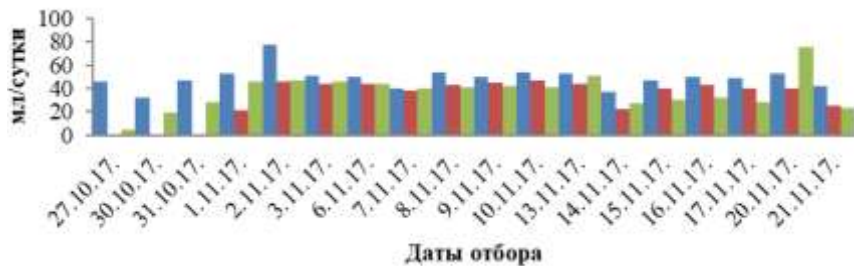
Ориентировочные границы районов исследований:  
— 2018 г. — 2019 г.

водной миграции приоритетных макро- и микроэлементов в природных и антропогенно-преобразованных лесных ландшафтах с целью оценки качества природных вод. Было установлено, что поступление химических элементов и накопление их в водах определяется растворимостью содержащих их веществ, а также миграционной способностью конкретных ионов.

2018 г. выполнена эколого-биогеохимическая оценка современного состояния компонентов горно-степных ландшафтов Горного Алтая на основе исследований в Восточно-Алтайской физико-географической провинции Алтая, в среднем течении рек Чулышман и Башкаус.



Модельный эксперимент



Количество фильтрата

Основу почвенного покрова степных склонов составляют преимущественно горно-степные каштановидные почвы, обладающие неблагоприятными физико-химическими свойствами (низким содержанием гумуса и илистой фракции, щелочной реакцией среды), что оказывает большое влияние на содержание и распределение биогенных и токсичных элементов в компонентах ландшафтов. Почвообразующие породы представлены аллювиальными отложениями и делювиально-аллювиальными отложениями легкогранулометрического состава с низким содержанием как биогенных, так и токсичных элементов, ниже, чем в совокупности почвообразующих пород и в аллювиальных отложениях Горного Алтая.

Валовое содержание исследованных элементов в почвах ниже, чем в каштановых почвах среднегорных котловин Горного Алтая, но близко (медь, свинец) или немного выше (марганец), чем в светло-каштановых почвах высокогорных котловин. Низкое содержание марганца связано с легким гранулометрическим составом и невысоким содержанием органического вещества в горно-степных каштановидных почвах. Доля его подвижных соединений от валового составляет 6,3-11,2 %, меди – 9,7-11,1 %, свинца – 0,7-3,8 %. Полученные значения валового содержания марганца, меди и свинца и их подвижных форм не превышают ПДК для почв.



*Р.04-18. Горно-степная каштановидная средне-мощная супесчаная на каменистых отложениях*



*Р.06-18. Горно-степная каштановидная маломощная песчаная на делювиально-аллювиальных отложениях*

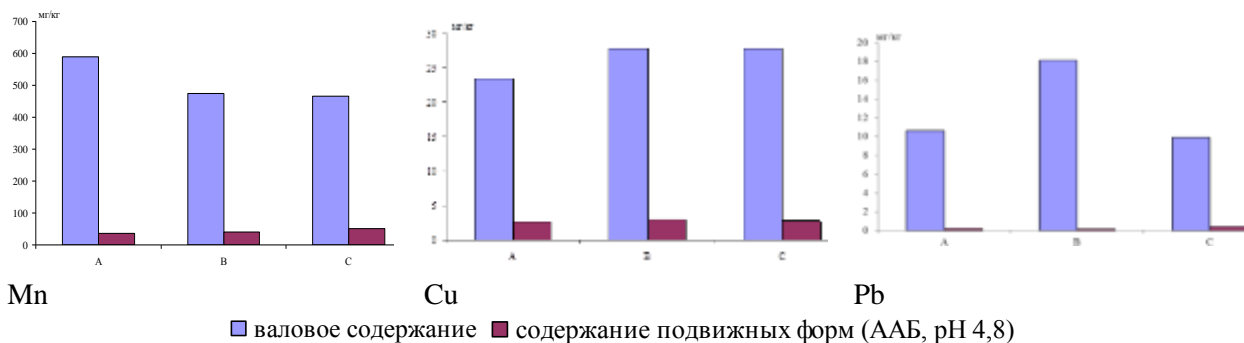


*Р.07-18. Горно-степная каштановидная тонкопесчаная на аллювиальных отложениях*



*Р.09-18. Горно-степная каштановидная на галечниковых отложениях*

### Горно-степные почвы



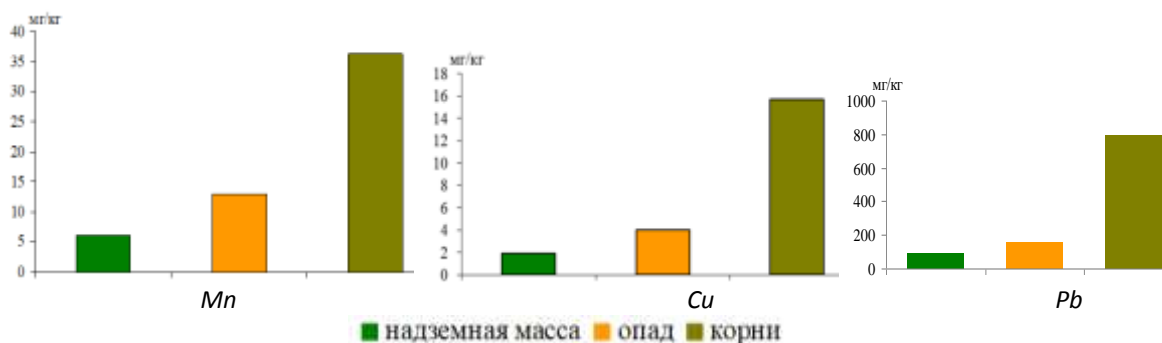
■ валовое содержание ■ содержание подвижных форм (ААБ, рН 4,8)  
Содержание биогенных и токсичных элементов в почвах, мг/кг



Возможность биогенного накопления исследованных элементов в горно-степных почвах ограничена их низкой концентрацией в степной травянистой растительности. Условия почвообразования каштановых почв не способствуют их накоплению в надземной фитомассе. Коэффициент радиальной дифференциации (элювиально-аккумулятивный) валового содержания элементов (A/C) варьирует от 0,84 (медь) до 1,27 (марганец). Основным биологическим источником привнесения элементов в почву в горно-степных условиях является подземная масса растений. С точки зрения использования надземной массы растений в качестве корма, концентрации марганца и меди находятся в пределах нормальных значений, свинца – не превышают МДУ для кормов.

Средние концентрации элементов в воде рек Чулышман и Башкаус не превышают ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Коэффициент водной миграции варьирует от 0,02 (марганец) до 1,1 (свинец), это соответствует слабой или средней интенсивности водной миграции.

В 2019 г. проводились работы в высокогорном поясе бассейна р. Чулышман – окрестностях оз. Джулукуль. Объектами исследования были почвообразующие породы, почвы, растения, воды и рыбы. Были исследованы горно-тундровые почвы.



Содержание биогенных и токсичных элементов в растительности, мг/кг



Распределение биогенных и токсичных элементов в разных частях растительности, %



Р.04 Дж-19. Горно-тундровая автоморфная

Р.07 Дж-19. Горно-тундровая гидроморфная

Горно-тундровые почвы

Наиболее характерные свойства горно-тундровых почв: сильная зашебленность профиля, наличие льдистой мерзлоты, значительное накопление в органогенных горизонтах слабоминерализованного, высокозольного органического вещества фульватной природы, отсутствие признаков оподзоливания и оглеения, слабокислая и кислая реакция среды, сравнительно высокая емкость поглощения.

На исследуемой территории валовое содержание как биогенных (марганец, железо, цинк и медь), так и токсичных элементов (свинца и кадмия) в профиле горно-тундровых почв варьирует в очень широких пределах. Это обусловлено высоким, но неодинаковым содержанием слаборастворившегося органического вещества и грубого гумуса фульватного состава с явно кислой реакцией. Степень подвижности исследуемых элементов в горно-тундровых почвах не велика: минимальная – у свинца (1,1 %), максимальная – у кадмия (9,5 %). Подвижность биогенных элементов варьирует в более узких пределах: от 1,2 (железо) до 6,2 (медь).

Внутрипрофильная дифференциация биогенных и токсичных элементов в горно-тундровых почвах отличается от других типов почв. В связи с этим выявлены следующие особенности. Максимальное накопление марганца, меди и цинка (валовое содержание и подвижные формы) отмечается в торфяном горизонте горно-тундровых автоморфных почв, этих же элементов и валового железа в гидроморфных почвах – в  $A_{дер}$  и  $A$ . По элювиально-иллювиальному типу распределяются подвижные формы железа и марганца, прогрессивно-аккумулятивному типу – подвижные формы цинка, равномерному типу с максимумом в торфянисто-дерновом горизонте – подвижные формы меди в горно-тундровых гидроморфных почвах. Коэффициент радиальной дифференциации ( $A/C$ ) подвижных форм всех элементов больше 1, что свидетельствует об их биогенной аккумуляции. По валовому содержанию этот показатель в горно-тундровых автоморфных почвах меньше 1 по всем элементам, кроме марганца.

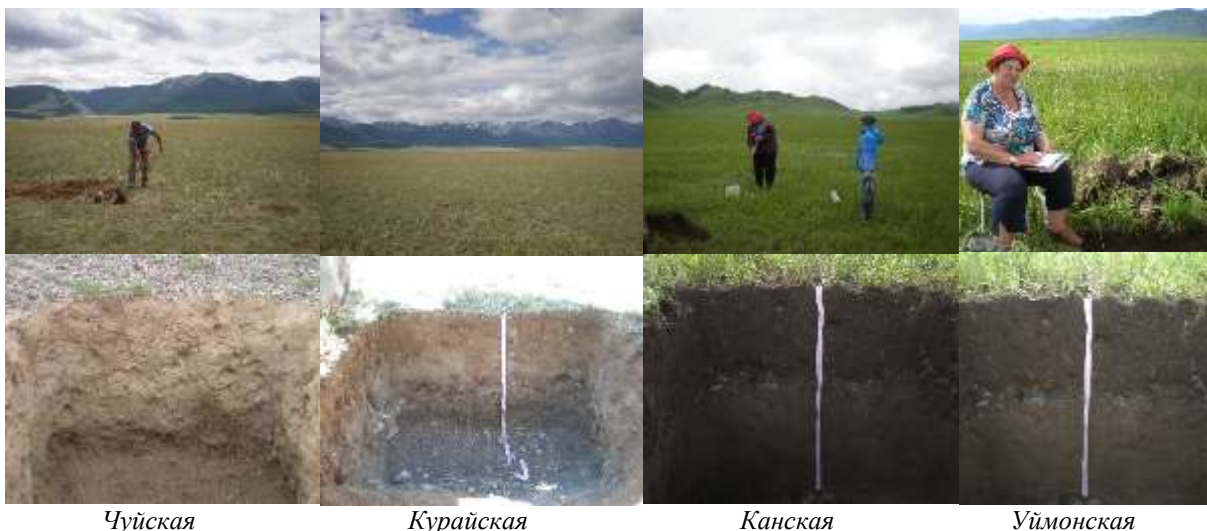
На основании сопоставления физико-химических свойств почв и содержания биогенных элементов была установлена отрицательная корреляционная умеренная зависимость между реакцией среды и валовым содержанием марганца, железа, цинка, а сильная – меди. Положительная умеренная зависимость с содержанием гумуса обнаружена только для валового содержания марганца и цинка, положительная сильная – с содержанием мелкодисперсных частиц (илом) для валового содержания железа и цинка.

Основным биологическим источником привнесения химических элементов в горно-тундровые почвы являются корни. Расчет коэффициентов корневого барьера показал, что для железа и меди характерным является барьерный тип накопления ( $K_{кб} > 1$ ).

Содержание биогенных и токсичных элементов в воде оз. Джулукуль закономерно уменьшается от восточного берега к западному. Обнаруженные концентрации биогенных элементов не превышают ПДК. По величине коэффициента водной миграции в сложившихся природно-климатических условиях все исследуемые элементы относятся к подвижным мигрантам, кроме меди в средней части озера и в истоке р. Чулышман, где она становится слабоподвижным мигрантом.

Уровень содержания элементов в органах и тканях рыб не превышает утвержденных нормативов, преобладают эссенциальные микроэлементы (медь, цинк, марганец), минимальные концентрации характерны для токсичных  $Pb$  и  $Cd$ . Распределение металлов в организме рыб характеризуется неравномерностью и зависит от функциональных особенностей органов, их кумулятивной активности и химических свойств самого металла.

В 2020 г. проведены исследования по выявлению особенностей накопления и распределения биогенных и токсичных элементов в системе почва-сельскохозяйственные растения в межгорных котловинах Горного Алтая. Объектами исследования были почвы и растительность высокогорных (Чуйской, Курайской) и среднегорных (Канской, Уймонской и Абайской) котловин.



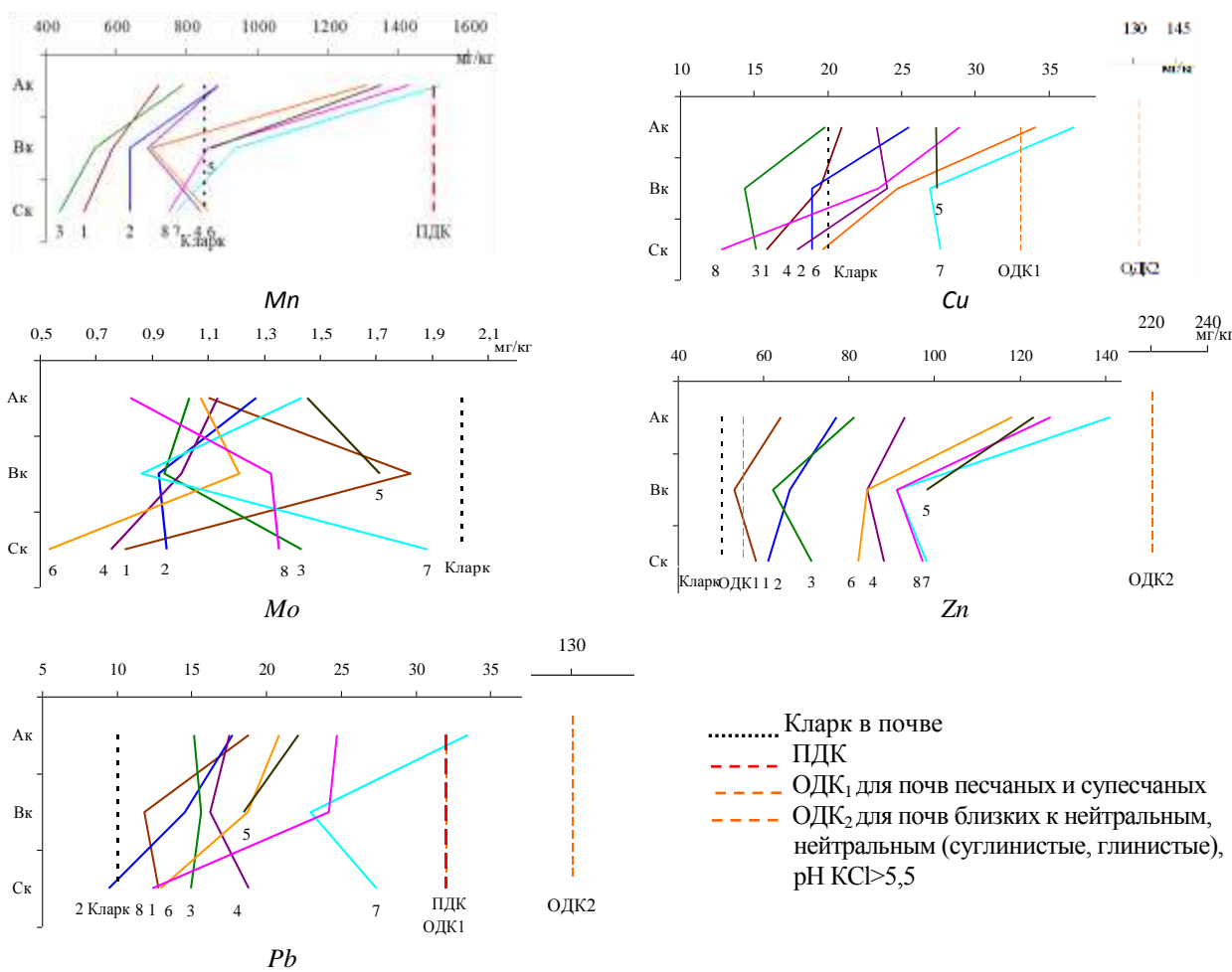
Чуйская

Курайская

Канская

Уймонская

Почвы исследуемых котловин



№	Котловина	Угодие	Почва	№	Котловина	Угодие	Почва
1	Чуйская	пастбище	светло-каштановая	5	Уймонская	пашня	чернозем
2	Курайская	«	каштановая	6	Уймонская	сенокос	
3	Канская	«	темно-каштановая	7	Абайская	пашня	обыкновенный
4	Канская	пашня	темно-каштановая	8	Абайская	«	

Содержание и внутрипрофильное распределение элемента в почве

В ходе проведенных исследований были установлены основные особенности исследуемых почв, определяющие содержание и распределение биогенных элементов: легкий гранулометрический состав каштановых почв и легко- и среднесуглинистый – черноземов обыкновенных с высоким содержанием крупнозема; резкое снижение содержания гумуса и емкости катионного обмена (ЕКО) вниз по профилю, слабощелочная реакция среды верхних горизонтов и щелочная – нижних. Лучшими агрохимическими свойствами обладают черноземы обыкновенные и темно-каштановые почвы среднегорных котловин, худшими – светло-каштановые почвы высокогорной Чуйской котловины.

Содержание марганца, меди и цинка в почвенном покрове исследуемой территории Горного Алтая характеризуется убыванием концентрации элемента от черноземов обыкновенных и темно-каштановых почв среднегорных котловин к каштановым и светло-каштановым почвам высокогорных. Коэффициент радиальной дифференциации марганца, меди и цинка в гумусовом горизонте больше 1, что свидетельствует о биогенном их накоплении и аккумулятивном распределении как в каштановых почвах, так и черноземах обыкновенных. Коэффициент радиальной дифференциации молибдена варьирует в широких пределах: в гумусовом горизонте от 0,6-0,8 (Абайская котловина) до 2,0-2,7 (Уймонская). Значительная величина коэффициента отмечена в черноземе обыкновенном Уймонской котловины (2,3-3,2) в горизонте В<sub>к</sub>, что обусловлено наличием карбонатного биогеохимического барьера.

Большая часть поглощенных растениями (овсом и луговыми травами) марганца, меди и цинка локализуется в корневой системе, и меньшая транспортируется в надземную. Для марганца, меди и цинка характерным является барьерный тип накопления, коэффициент корневого барьера больше 1. Интенсивность накопления молибдена в корнях ниже по сравнению с надземными органами ( $K_{кб} < 1$ ).

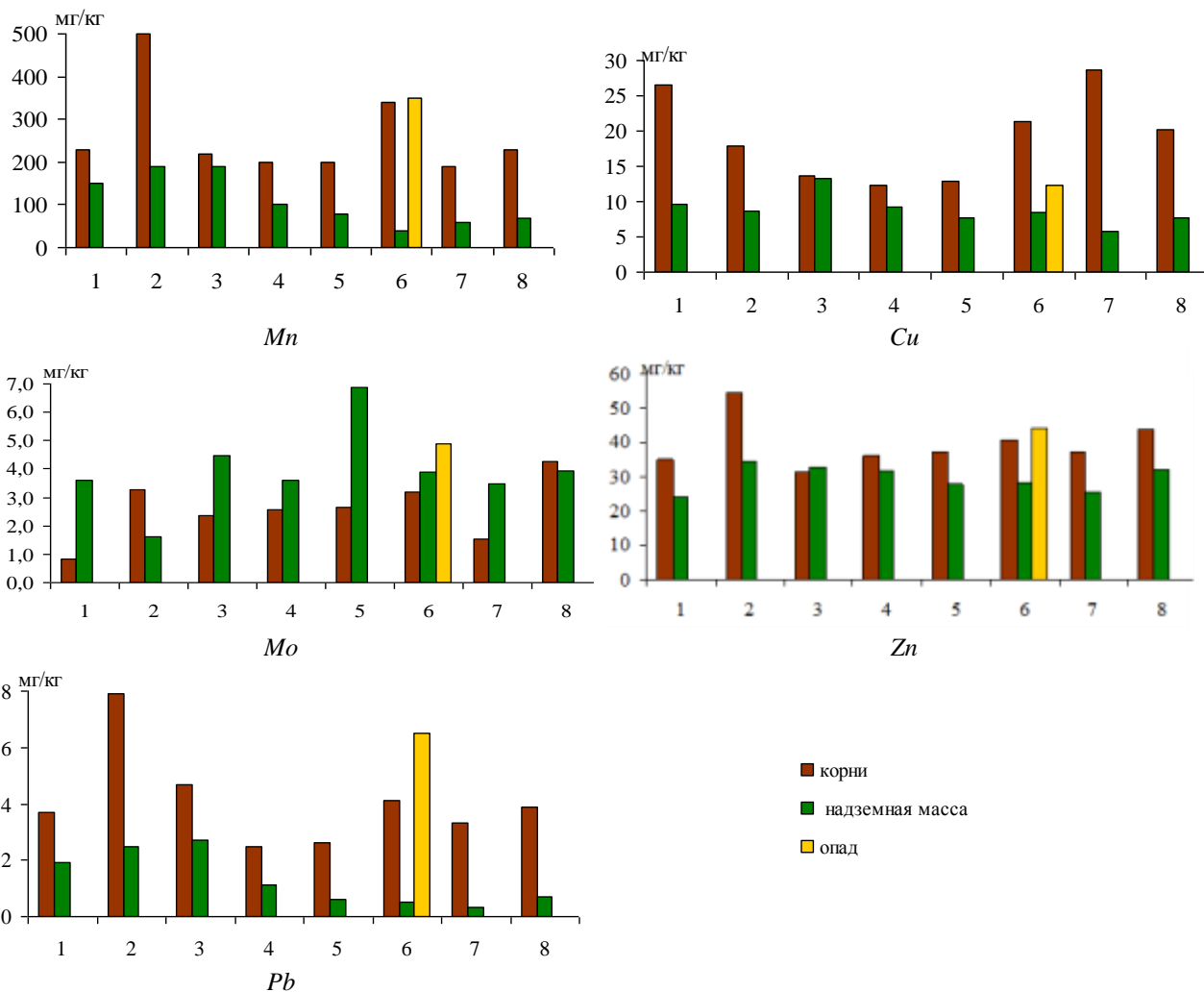
На содержание и характер профильного распределения биогенных элементов влияет комплекс почвенных факторов: гранулометрический состав, содержание органического вещества, наличие карбонатов, емкость катионного обмена, наличие геохимических барьеров (гумусовый, карбонатный горизонты). Чем тяжелее гранулометрический состав, выше содержание органического вещества, карбонатов, емкость катионного обмена, тем больше валовое содержание исследованных микроэлементов.

Сопряженное исследование почвы и растений позволило установить, что содержание в почвах марганца (в почвах среднегорных котловин), меди и цинка выше кларка, но ниже ПДК и ОДК, а превышение максимально допустимого уровня для кормов содержания марганца и молибдена в растениях агроландшафтов межгорных котловин Горного Алтая незначительное и носит единичный и локальный характер. Концентрация марганца, меди и цинка в пастбищной траве и сене выше, чем в надземной массе овса. Содержание свинца в почвах и растениях не превышает нормируемых показателей.

Также в период 2017-2020 гг. в Горно-Алтайском филиале ИВЭП СО РАН был проведен анализ влияния урбанизации, аграрной и горнодобывающей отраслей на экосистемы модельных водотоков, наиболее проявленных в отношении ряда малых рек Республики Алтай. Выяснено, что основными источниками негативного воздействия (в т.ч. загрязнения) на экосистемы этих водных объектов являются действующие и бывшие горнодобывающие предприятия, которые главным образом, занимались добычей россыпного золота в долинах притоков р. Лебедь на северо-востоке республики, а также добычей цветных металлов на юго-востоке региона (Акташский и Калгутинский рудники), и загрязняющие малые реки Ярлыамры, Чибитка (бассейн р. Чуя), Жумалы (бассейн р. Аргут).

Установлено, что основные экотоксиканты, продуцируемые старательскими артелями, представлены взвешенными (глинистыми) веществами и нефтепродуктами. Загрязнителями природных сред в зонах влияния бывших рудников являются в основном тяжелые металлы, содержащиеся в отходах добычи и обогащения руд.





№	Котловина	Угодие	Почва	№	Котловина	Угодие	Почва
1	Чуйская	пастбище	светло-каштановая	5	Уймонская	пашня	чернозем обыкновенный
2	Курайская	«	каштановая	6	Уймонская	сенокос	
3	Канская	«	темно-каштановая	7	Абайская	пашня	
4	Канская	пашня	темно-каштановая	8	Абайская	«	

Распределение элементов в растительности

В результате проведенных работ были уточнены зоны негативного влияния предприятий, изучен спектр и уровни содержания вышеотмеченных экотоксикантов в природных средах, намечены закономерности их распределения, рассеяния и депонирования в компонентах экосистем вышеотмеченных модельных водных объектов. Кроме этого, на отдельных примерах оценены характер и уровень негативного воздействия объектов инфраструктуры селитебных зон и предприятий аграрной отрасли на экологическое состояние (качество) поверхностных вод малых рек.

Антропогенное воздействие на компоненты аквальных экосистем (вода, донные отложения, прибрежные почвы) модельных бассейнов – рек Чуя и Урсул (притоки р. Катунь) изучено на ориентированном в северо-западном направлении региональном гидрогеохимическом профиле длиной 265 км.

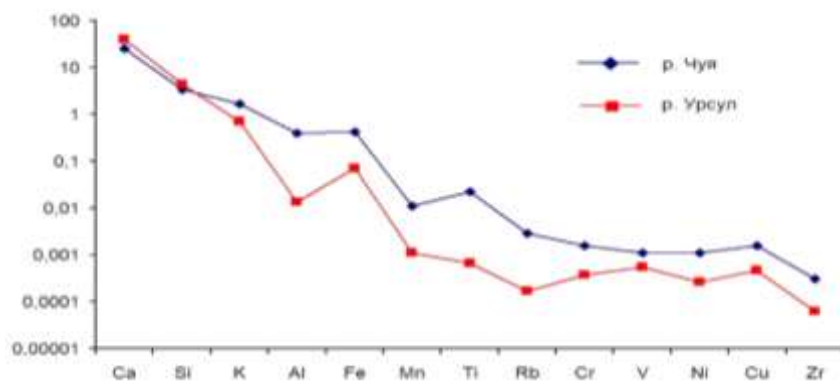
Для макрокомпонентного состава воды этих рек установлены разнонаправленные тренды изменения химического состава воды от их истоков к устью. Так, для р. Чуя характерен рост содержания большинства компонентов и показателей воды в этом

направлении, а для р. Урсул, напротив, их постепенное уменьшение. Особенности химического состава воды изученных рек свидетельствуют о следующем: химический состав р. Чуя (в т.ч. ее высокая мутность) формируется в основном под влиянием ее левых притоков (Чаган-Узун, Тархата, Актуру и др.), размывающих суглинистые моренные отложения Южно- и Северо-Чуйского хребтов; значения всех изученных показателей химического состава воды рек Чуя и Урсул и ее вышеотмеченных загрязнителей (нефтепродукты, фенолы, хлорорганические пестициды) не превышают экологогигиенических нормативов. Вышеотмеченные особенности макрокомпонентного состава воды этих рек полностью проявлены и в ее микроэлементном составе. Уровни содержания большинства МЭ, особенно породообразующих элементов, в воде изученных рек заметно отличаются. Для отдельных микроэлементов – Al, Ti, Rb и др. эти различия достигают порядка и более. Как правило, повышенные концентрации МЭ характерны для р. Чуя, что объясняется их более высоким содержанием в размываемых ее притоками суглинистых моренных отложениях.

Близкий между собой элементный состав прибрежных почв и донных отложений рек Чуя, Урсул и однотипный характер поведения химических элементов в этих средах объясняется их тесными экосистемными связями. Макро- и микрохимический состав воды рек Чуя и Урсул обусловлены комплексом природных условий на территории их водосборных бассейнов.



Схема опробования компонентов аквальных экосистем рек Чуя и Урсул



Различия среднего содержания МЭ в воде рек Чуя и Урсул, мг/дм<sup>3</sup>

В химическом составе воды рек Чуя и Урсул весьма слабо проявлены следы антропогенного воздействия на экосистемы этих водных объектов, что указывает на незначительный вклад этого фактора в формирование их гидрохимического типа. Значения большинства эколого-гигиенических показателей природных сред не превышают установленных нормативов, что говорит о преобладающем ненарушенном хозяйственной деятельностью состоянии природных ландшафтов в бассейнах рек Чуя и Урсул, т.е. в верхнем течении р. Катунь.

В рамках оценки влияния антропогенных процессов на формирование качества природных вод проведен анализ воздействия предприятий горнодобывающей отрасли на экосистемы водных объектов на примере модельных водосборов малых рек в зонах их влияния. Основные действующие предприятия отрасли в регионе представлены золотодобывающими предприятиями – ООО «Рудник «Веселый» и рядом старательских артелей, локализованных в северо-восточной части РА (МО «Турочакский район»).

Установлено, что основная роль в формировании эколого-геохимической обстановки в зоне влияния объектов инфраструктуры рудника «Веселый», в т.ч. гидрохимического состава и особенностей загрязнения поверхностного стока вышеотмеченных рек принадлежит жидким производственным отходам предприятия, в меньшей степени – твердым отходам добычи и обогащения руд. Выяснено, что среди загрязняющих веществ, присутствующих в перерабатываемых рудах и отходах рудника «Веселый», наибольший негатив для экологического состояния природных вод представляют тяжелые металлы (ТМ) 1-3 класса опасности, в меньшей степени – применяемые флоторегенты.

В настоящее время, в условиях оборотного водоснабжения ЗИФ, основными факторами негативного влияния рудника на гидрохимические особенности поверхностного и грунтового стока в бассейне р. Синюха являются: водоотлив из подземных горных выработок, фильтрация и испарение технологических вод ЗИФ, пылеунос и водный смыв твердых отходов. Интенсивность и масштабы загрязнения поверхностного стока и депонирующих природных сред в зоне влияния инфраструктуры рудника изменяются в небольшой степени, что указывает на постоянный и однородный характер ее негативного воздействия на прилегающую к хвостохранилищу ЗИФ промзону предприятия.

Полученные данные по содержанию тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в природных (поверхностных и грунтовых) водах на территории промзоны рудника однозначно указывают на их прямую связь с концентрациями в сбросных водах рудника, в основном в водоотливе восстающего № 1. В первую очередь, это касается соединений азота и профильных ТМ перерабатываемых руд – меди и цинка. Так, химический состав воды р. Синюха в целом отличается от такового для фонового руч. Кайчак по большому спектру показателей, что указывает на его формирование при заметном участии техногенных факторов.

Химический состав грунтовых вод в промзоне предприятия находится на околофоновом уровне. На него в небольшой степени оказывают воздействие фильтрационные потери хвостохранилища ЗИФ, наследующие более минерализованный и загрязненный химический состав размещенных в хранилище оборотных технологических вод фабрики. Следует отметить, что фильтрационные потери ГТС в целом более загрязненные, чем принимающая их вода р. Синюха. Близость химического состава, спектра и уровня содержания компонентов химического состава и специфических загрязнителей в воде р. Синюха и водоотливе из восстающего № 1 свидетельствует о заметном влиянии его сбросных вод на экологическое состояние поверхностных вод в зоне влияния рудника.

Из загрязнителей в водоотливе подземных горных выработок постоянно присутствуют повышенные концентрации нефтепродуктов (до 2 ПДК), меди (до 8 ПДК) и

взвешенных веществ, источниками которых являются смазочные материалы горнопроходческого оборудования, добываемые руды и транспортировка, соответственно.

Полученные данные по химическому составу сбросных и природных вод в зоне влияния рудника позволяют сделать однозначный вывод о преобладающем негативном воздействии неочищенного шахтного водоотлива на экологическое состояние (качество) воды принимающей их р. Синюха и ее транзита через пос. Сейка.

Не менее значимым фактором негативного воздействия на качество поверхностных вод и экологическую обстановку на площади водосборов является механическое и химическое загрязнение малых рек, относящихся к системе р. Бия, в процессе россыпной золотодобычи старательскими артелями в Северо-Восточном Алтае. Первый фактор проявлен преобразованием природных ландшафтов в долинах рек, где отрабатываются россыпи. На образованных техногенных ландшафтах, кроме снятия почвенного слоя и сведения леса, полностью перепланирован рельеф местности, что способствует изменению гидрологических условий водотоков и активному развитию эрозионных процессов.

Химическое загрязнение малых рек, используемых артелями в своей деятельности, обусловлено, главным образом, сбросами и утечками вод из технологических прудков. В меньшей степени это происходит при фильтрации оборотной воды через борта и днище прудков-отстойников.

Основными специфическими загрязнителями поверхностных вод выступают взвешенные вещества (в основном глинистые частицы) и нефтепродукты. Реже к ним добавляется железо, присутствующее в торфах (материал переотложенной коры выветривания горных пород) и ртуть, попавшая в природные среды при прошлой амальгамации россыпного золота. Содержание взвешенных веществ в загрязненных ими водах варьирует в очень широких пределах – от нескольких десятков до нескольких тыс. мг/дм<sup>3</sup>.

Установленные потоки загрязненных вод прослеживаются по течению малых рек на несколько километров, а в принимающей их р. Лебедь – на десятки километров. Содержание нефтепродуктов в воде чаще составляет несколько мг/дм<sup>3</sup> при максимальных значениях до 150 мг/дм<sup>3</sup> (до 3000 ПДК для вод рыбхозводоемов). Концентрации железа, как правило, не превышают несколько ПДК, а ртути десятых долей ПДК.



Пруд-отстойник



а



б

Отработанная россыпь р. Чулта (а), загрязнение р. Лебедь (б)





*Отбор проб*

Были изучены геохимические особенности распределения макро- и микроэлементов, тяжелых металлов и их влияние на качество природных вод в условиях горно-тундровых ландшафтов, проведено на примере модельных рек Ярлыамры и Чибитка, испытывающих негативное воздействие со стороны бывшего Акташского горно-металлургического предприятия (АГМП) и его производственных отходов.

Установлено, что за период добычи и переработки руд Акташского месторождения, а в последующем и утилизации привозных ртутьсодержащих отходов (РСО), в районе АГМП сформировался обширный очаг ртутного загрязнения территории, охватывающий долину и борта р. Ярлыамры в ее верхнем течении, который имеет форму субшироко ориентированного овала с размерами в поперечнике 5×3 км и площадью 11 км<sup>2</sup>.

Наглядным примером загрязнения экосистем в долине рек Ярлыамры и Чибитка является биогеохимический поток рассеяния ртути, содержание которой в листьях тополя в зоне влияния АГМП превышает местный фон (20 нг/кг) 20 раз.

Обобщенные данные по уровням содержания ртути в природных средах водосборных бассейнов вышеотмеченных модельных рек свидетельствуют о ее повсеместном распространении в объектах окружающей среды в повышенных, высоких и аномально высоких концентрациях.

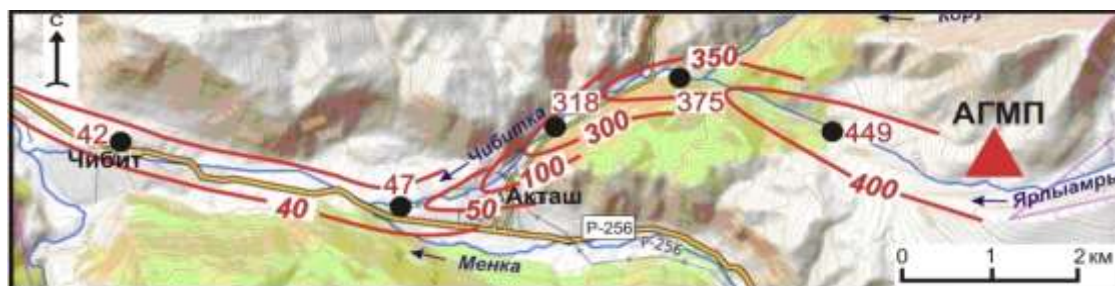
Сравнением химического состава донных отложений р. Ярлыамры в период работы АГМП и в настоящее время установлено заметное увеличение содержания рудных МЭ в 2019 г. (в 1,2-2,3 раза), что свидетельствует о сохраняющемся воздействии на них производственных отходов бывшего предприятия. На это же указывает повышенное содержание ТМ в речной воде ниже промзоны АГМП.



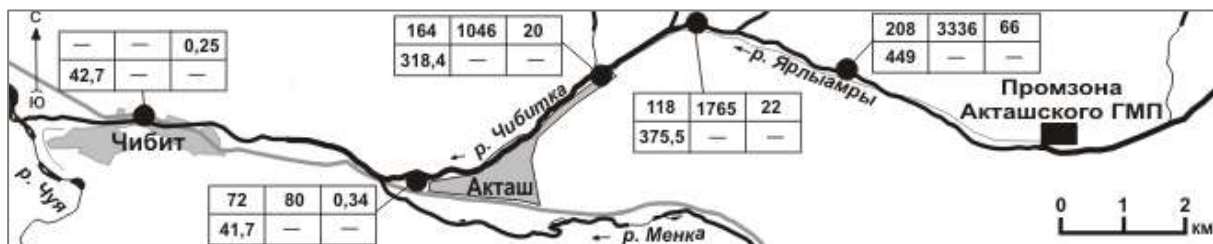
Обзорная схема района бывшего Акташского рудника:  
*показаны места взятия водных проб.*



Обзорная схема ртутного загрязнения природной среды в районе АГМП:  
 1 – селитебные территории; 2 – отвалы эксплуатационных штолен; 3 – отходы передела руд; 4 – изоконцентраты ртути (ед. ПДК) в почвах очага загрязнения; 5-6 – потоки ртути (5 – техногенный литохимический; 6 – рукотворный литохимический, созданный огарками на дорогах).



Распределение ртути в листьях тополя в долинах рек Ярлыамры, Чибитка



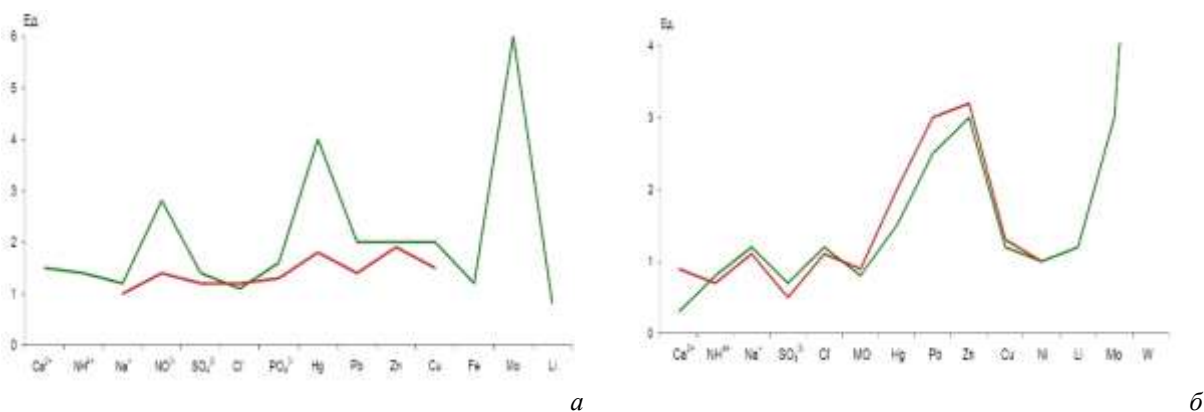
● точки опробования природных сред	Содержание ртути					
	1	2	3	4	5	6

1 - атмосферный воздух,  $\text{нг/м}^3$ ; 2 - почвенный воздух,  $\text{нг/м}^3$ ;  
 3 - почва,  $\text{мг/кг}$ ; 4 - листья тополя,  $\text{мг/кг}$ ; 5 - листья березы,  $\text{мг/кг}$ ;  
 6 - хвоя пихты, сосны,  $\text{мг/кг}$ . Прочерк означает отсутствие данных

Содержание ртути в природных средах в долинах рек Ярлыамры и Чибитка



Обзорная схема района бывшего Калгутинского рудника



Содержание химических веществ в воде рек Ярлыамры (красным) и Пр. Жумалы (зеленым):  
*а* – ниже и выше места хранения отходов ГДП; *б* – в периоды работы ГДП и в 2019 г.

Также изучались биогеохимические особенности макро- и микроэлементов, тяжелых металлов и их влияние на качество природных вод в условиях горно-тундровых ландшафтов на примере бассейна реки Жумалы в Юго-Восточном Алтае. Установлено, что значения изученных показателей макрохимического состава воды р. Жумалы ниже промзоны законсервированного рудника «Калгуты» не превышают экологико-гигиенических нормативов для вод водоемов рыбохозяйственного назначения, т.е. вода реки относится к категории чистых.

В то же время в воде реки присутствуют повышенные и аномально высокие, превышающие ПДК, концентрации ряда микроэлементов, содержащиеся в отходах руд переработки (хвостах) установки предварительного обогащения (УПО). В воде р. Жумалы и ее притоков они представлены в основном молибденом, вольфрамом, медью – профильными элементами руд Калгутинского месторождения, также элементами-спутниками руд – литием, ртутью, железом. На поступление этих МЭ в речную воду из отходов бывшего рудника указывает более высокое их содержание в воде ниже УПО (в среднем в 1,5-2 раза). Идентичные изменения состава характерны и для макрокомпонентов воды этих рек.

Сравнением химического состава воды рек в период работы ГДП и в настоящее время установлено заметное уменьшение содержания рудных МЭ в 2019 г. (в 2-3 раза и более) на фоне более слабого изменения содержания макрокомпонентов. Это обстоятельство свидетельствует, с одной стороны, о восстановлении природных гидрохимических особенностей воды изученных рек, а с другой стороны – о сохраняющемся воздействии на них производственных отходов бывших ГДП.

Идентичный тренд проявлен и для концентраций профильных рудных МЭ в донных отложениях рек Пр. Жумалы. Уровень их снижения по сравнению с периодом работы ГДП заметно ниже, чем в речной воде, что объясняется их преобладающим нахождением в виде тонкообломочных частиц руд, обладающих более низким миграционным потенциалом, чем водный поток. Таким образом, в настоящее время воздействие отходов рудника на качество поверхностных вод района носит умеренный характер и проявлено в следующем:

- в макрохимическом составе воды модельной р. Жумалы доминируют гидрохимические особенности, обусловленные комплексом природных условий на территории ее водосборного бассейна;

- в микроэлементном составе воды реки проявлены в повышенных концентрациях элементы, присутствующие в рудах месторождения и отходах их переработки;

- содержание рудных и сопутствующих им элементов по сравнению с периодом функционирования ГДП заметно уменьшилось в воде и незначительно в донных отло-



жения изученных рек, что свидетельствует о процессах самовосстановления ранее нарушенных природных экосистем в районе рудника «Калуты».

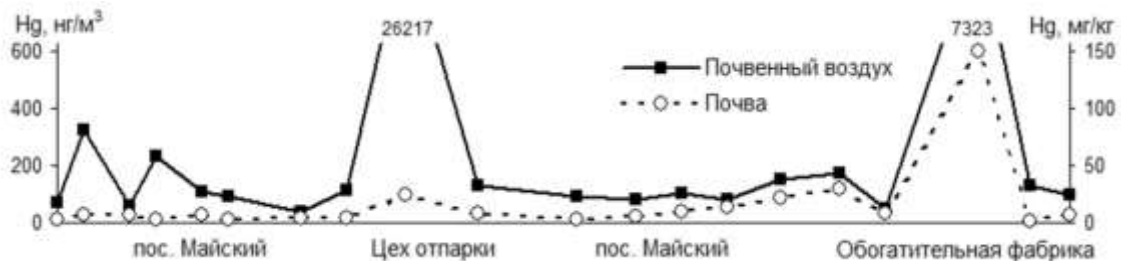
Результаты обследования в зоне влияния отходов рудника «Майский» позволили оценить уровень ртутного загрязнения компонентов окружающей среды (почв, донных отложений водотоков, древесостоя) на территории этих сел. В пределах пос. Майский установлено наличие двух локальных очагов наложенного аномально высокого ртутного загрязнения почв, первый из которых приурочен к бывшему цеху отпарки ртути в центре поселка, второй – к бывшей ЗИФ и ее прудку-отстойнику в его восточной части. Содержание ртути в почвах этих очагов составляют 13,35-20,42 (6,4-9,7 ПДК) и 14,46-29,73 мг/кг (6,9-14,2 ПДК). Высокое ее содержание выявлено и в прибрежных почвах р. Каурчак. Наличие этих очагов ранее было отмечено и в почвенном воздухе. Сопряженность ртутного загрязнения этих сред представляется закономерной.

Концентрации ртути в донных осадках основных водотоков в районе пос. Майский в среднем составляют 0,29 мг/кг и заметно превышают региональный фон Горного Алтая (0,10-0,15 мг/кг). Максимум ртути содержится в глинисто-иловых осадках бывшего отстойника золотоизвлекательной фабрики. Установлено, что в черте поселка максимальные концентрации ртути (до 0,65 мг/кг) проявлены в донных илах прудка-отстойника ЗИФ и протекающего через него ключа Самошкина.

Содержание ртути в образцах листьев и хвои в пос. Майское соответствует слабо повышенному уровню. Ее среднее содержание в листьях тополя составляет 42,1 мкг/кг, в листьях березы – 43,6, в хвое пихты – 26,2 мкг/кг при местном фоне 15-20 мкг/кг. Умеренно повышенное в 2 раза содержание ртути в листе установлено на месте бывшего цеха отпарки, а аномально повышенное (на порядок) содержание вблизи бывшей ЗИФ. Это обстоятельство прямо указывает на источники поступления ртути в природную среду.



Характер ртутного загрязнения почв на территории пос. Майский



Распределение ртути в почве и почвенном воздухе на территории пос. Майский



На тесную сопряженность концентраций ртути в изученных компонентах окружающей среды в бассейне р. Каурчак (правый приток р. Лебедь) – основной реки района прошлой активной золотодобычи – указывают значимые коэффициенты парной корреляции. Так, между содержанием ртути в донных отложениях и в других природных средах существуют тесные корреляционные связи на уровне  $p \geq 0,95$  и  $0,99$ . Это указывает на донные осадки как основного поставщика ртути в сопряженные с ними природные среды.

В пределах пос. Талон, изученного единичными пробами, содержание ртути находится на околофоновом уровне, характерном для изученных природных сред: в почвах – 0,065-0,10 мг/кг, в донных отложениях – 0,022-0,085 мг/кг, в листьях березы – 6-16 мкг/кг. Исключением является аномально повышенное содержание ртути (5,56 мг/кг, или 2,6 ПДК) в почвах на месте бывшего цеха отпарки ртути в северной части села (на приусадебном участке). На этом месте предположительно сформирован локальный очаг ртутного загрязнения почвенно-растительного покрова, который нуждается в более детальном изучении, также как и участки газортутных аномалий, выявленных ранее ГП «Алтай-Гео» в 1994 г.

Вышеотмеченные особенности распределения ртути в компонентах аквальных и субаквальных ландшафтов водосборного бассейна р. Каурчак говорят об идентичности ее поведения, объясняемой поступлением в почву во время весеннего половодья и дождевых паводков загрязненных ртутью речных отложений и отходов прошлой россыпной золотодобычи и, наоборот, загрязненных ею почв в донные отложения реки.

Воздействие аграрной отрасли республики на качество поверхностных вод изучено на примере небольшой животноводческой фермы в с. Кызыл-Озек (Северный Алтай) на водоем рыбохозяйственного значения – р. Майма. Для этого проанализированы на приоритетные загрязнители жидких животноводческих стоков пробы речной воды – в 100 м выше сброса этих стоков (условно фоновая проба) и в 200 м ниже их сброса, а также изучено их содержание непосредственно в стоках фермы.

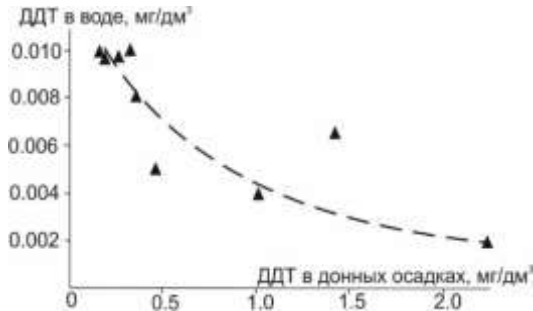
Установлено, что в стоках фермы содержатся: аммоний-ион – 5,6 ПДК, нитриты – 2 ПДК, а содержание хлорид-иона составляет 27,8 фона речной воды, фосфатов – 8,5 фона, нитратов – 3,4 фона. Кроме того, в стоках в 25 раз выше значения химического потребления кислорода, что представляет опасность для речной биоты.

Вышеотмеченные загрязняющие вещества обнаруживаются в воде принимающей их р. Майма ниже по ее течению на расстояние более 200 м, но с учетом небольшого расхода стока их водный «шлейф» не превысит 1 км. Об этом свидетельствует состав речной воды в 200 м ниже сброса, который в целом близок к условному фону.

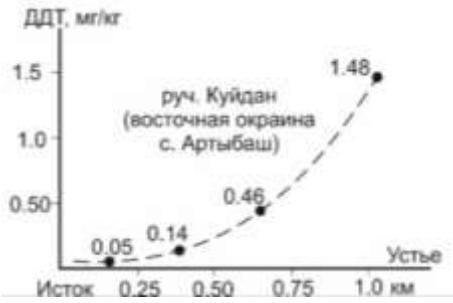


Схема опробования р. Майма на участке фермы в с. Кызыл-Озек

Более опасным загрязнителем природных вод являются хлорорганические пестициды ДДТ, ГХЦГ (ХОП) в местах их бывшего хранения и применения. В отчетный период было оценено их содержание в воде ряда малых рек и в сопряженных с ними грунтовых водах. Выяснено, что в них остаточные концентрации ХОП в целом низкие и находятся на уровне тысячных и сотых долей мг/дм<sup>3</sup>. Полученные данные по уровням содержания ДДТ в сопряженных пробах поверхностных вод и донных осадков свидетельствуют об их обратной зависимости при соотношении между ними



Связь ДДТ в сопряженных пробах поверхностных вод и донных осадков



Тренды поведения ДДТ в донных осадках водотоков в зонах загрязнения

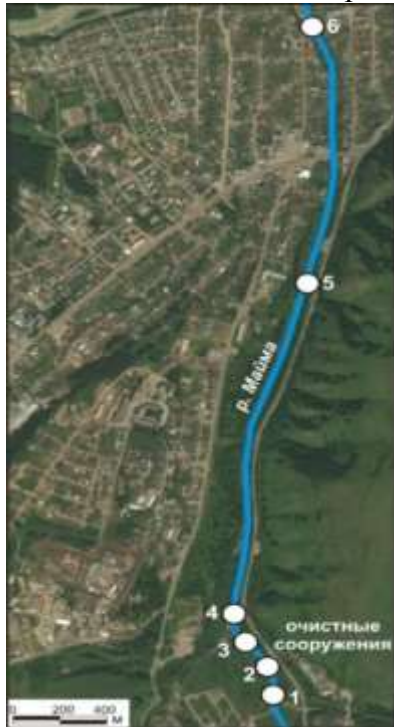


Схема очистных сооружений г. Горно-Алтайск

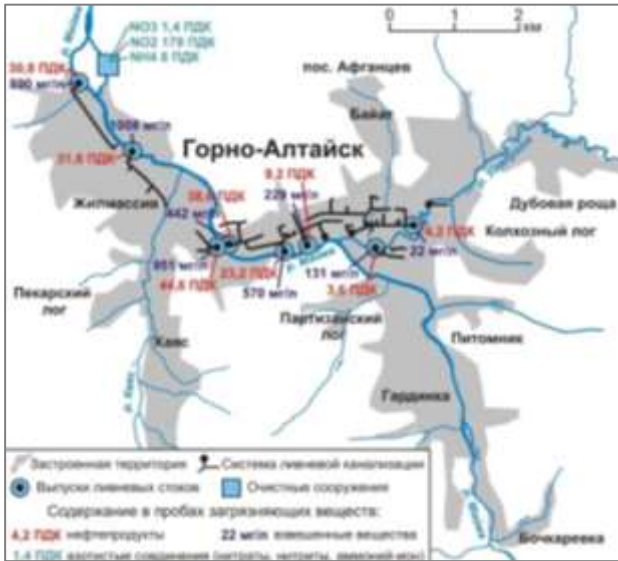
от 0,001 до 0,1 ед. Это указывает на поступление пестицидов в воду в основном из загрязненных ими почв и донных отложений и, в меньшей степени, из поверхностного и грунтового стока.

Установленные на примере ДДТ тренды поведения пестицидов в донных осадках небольших водных объектов в с. Артыбаш и г. Горно-Алтайске однозначно указывают на тенденцию накопления пестицида в устьевой части водотоков, где его концентрации в 18-36 раз выше, чем в истоках.

В донных осадках поверхностных водотоков и водоемов республики Алтай, изученных на участках остаточного загрязнения почвенного покрова ХОП, концентрации последних, как правило, выше ПДК для почв и достигают величин нескольких мг/кг (ПДК для почв 0,1 мг/кг). Так, в прибрежных донных отложениях Телецкого озера в черте сел Артыбаш, Яйлю, Беле содержание ДДТ и его метаболитов варьируется в пределах 0,30-1,78 мг/кг (3-17,8 ПДК для почв) при среднем значении 0,3-0,5 мг/кг. Это свидетельствует о проявлении седиментационного закрепления ХОП в донных осадках, что способствует вторичному загрязнению озерной воды. Еще более высокие концентрации ДДТ (до 6,862 мг/кг) присутствуют в донных осадках рек Майма, Сема вблизи очагов остаточного загрязнения почв.

К числу основных источников поступления загрязняющих веществ в водотоки крупных населенных пунктов республики относятся стоки ливневой канализации и сбросы очистных сооружений. Первые из них содержат загрязнители, поступающие с территории агломерации при плоскостном смыве дождевыми и снеготалыми водами, а вторые оказывают негативное воздействие путем прямого сброса ненормативно очищенных сточных вод.

Воздействие сбросных вод очистных сооружений города изучено на приоритетные загрязнители жидких коммунальных стоков в 100 м выше сброса, в 200, 500, 2300 и 3600 м ниже сброса очистных сооружений. Установлено, что в сбросных водах очистных



Характер загрязнения сточных и сбросных вод  
в г. Горно-Алтайск

сооружений города присутствуют соединения минерального азота, многократно превышающих ПДК для вод водоемов рыбохозяйственного назначения, каковым является р. Майма (2-я категория). В них присутствует аммоний-ион (5,7 ПДК), нитриты (64 ПДК), нитраты (2,5 ПДК), а также сульфаты и хлориды (0,5 ПДК), фосфаты – 2,5 мг/дм<sup>3</sup>. Эти загрязнители обнаруживаются в воде р. Майма вплоть до ее впадения в р. Катунь. В стоках ливневой канализации присутствуют повышенные концентрации загрязняющих веществ антропогенного происхождения – нитритов (2,4 ПДК), нефтепродуктов (44,6 ПДК), взвешенных веществ и фосфатов (до 30 и 7 фонов).

В распределении основных загрязнителей ливневых стоков – нефтепродуктов и взвешенных веществ – проявлено закономерное увеличение их концентраций в выпусках ливневки сверху вниз по течению р. Майма. В этом направлении содержание нефтепродуктов увеличивается в 7 раз, а взвешенных веществ – в 40 раз.

*Участие ГАФ ИВЭП СО РАН в хоздоговорных проектах по заявкам Министерства образования, науки и молодежной политики Республики Алтай:*

- «Пофакторный анализ природного и экономического потенциалов горного региона с целью выявления характеристик устойчивого развития на примере Республики Алтай»;
- «Эколого-биогеохимическая оценка лекарственного сырья в Горном Алтае».

*Участие ГАФ ИВЭП СО РАН в качестве субподрядчика в следующих НИР:*

- «Оценка эколого-биогеохимического состояния бассейна р. Чулышман (среднегорный пояс)», заказчик – Горно-Алтайский государственный университет (ГАГУ);
- «Влияние туристско-рекреационной деятельности на эколого-биогеохимическое состояние ландшафтов бассейна Телецкого озера» – Грант РФФИ при поддержке Правительства Республики Алтай, заказчик – ГАГУ;
- «Комплексная оценка сырья и продукции растениеводства Горного Алтая», заказчик – ГАГУ;
- «Обоснование организации экологических туристских троп «Арыгемская», «Калгутинская», «Бертекская», «Кара-Тюрекская», «Аккурумская»;
- «Ведение мониторинга экологического состояния акватории озер Телецкое и Манжерокское в 2021 г.»;
- подготовка материалов обоснования статуса памятников природы республиканского значения «Марсово поле» и «Гейзерное озеро»;
- «Ведение мониторинга состояния и оценка загрязнения окружающей среды предприятием ООО «Рудник «Веселый» в 2021 г.».

Сотрудники ГАФ ежегодно принимают участие в подготовке «Доклада о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай».

С 2021 г. Сотрудники филиала проводят исследования по проектам «Природные и природно-хозяйственные системы Сибири в условиях современных вызовов: диагностика состояний, адаптивные возможности, потенциал экосистемных услуг» и «Оценка эколого-биогеохимической обстановки в речных бассейнах Сибири в условиях изменения климата и антропогенного воздействия».

*Список научных трудов, опубликованных в 2015-2020 г.*

1. Балыкин Д.Н., Пузанов А.В., Ельчиносова О.А. Редкоземельные элементы в почвах межгорных котловин Алтая // География и природные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 105-112.
2. Николаева О.П., Сухова М.Г. Построение картографических моделей климатического фона бассейна р. Майма // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 113(09).
3. Робертус Ю.В., Пузанов А.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В. Гидролого-гидрохимические аспекты поверхностного стока в бассейне р. Майма (Горный Алтай) // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 1. – С. 49-55.
4. Робертус Ю.В., Пузанов А.В., Любимов Р.В. Особенности ртутного загрязнения окружающей среды в районе Акташского горно-металлургического предприятия (Республика Алтай) // География и природные ресурсы. – 2015. – № 3. – С. 48-55.
5. Робертус Ю.В., Пузанов А.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В., Павлова К.С. Обзор экологических проблем на территории Республики Алтай // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 2. – С. 32-37.
6. Сухова М.Г., Кочеева Н.А., Журавлева О.В., Бакулин А.А., Никольченко Ю.Н. Причины возникновения экстремальных гидрологических ситуаций на реках Республики Алтай // Геология, география и глобальная энергия. – 2015. – № 4(59). – С. 48-59.
7. Karanin A., Sukhova M., Kochееva N., Zhuravleva O., Nikolchenko Y., Bakulin A., Politova N., Kaizer M., Larina G., Elchininova O., Shitov A. Studying the dynamics of aridization processes of mountain ecosystems using remote sensing data (case study of Southeastern Altai) // Geografija v Soli. – 2016. – Т. 24. – № 2-3. – С. 80-91.
8. Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Ельчиносова О.А., Рождественская Т.А., Кузнецова О.В., Балыкин С.Н., Трошкова И.А. Моделирование внутрипочвенного движения влаги в черноземах агроландшафтов Уймонской межгорной котловины (бассейн р. Катунь, Центральный Алтай) // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 12. – С. 133-138.
9. Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Ельчиносова О.А., Рождественская Т.А. Водно-физические свойства и моделирование процесса движения влаги в черноземах южных Канской межгорной котловины (бассейн р. Чарыш, Северо-Западный Алтай) // Вестн. Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (137). – С. 47-54.
10. Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Ельчиносова О.А., Рождественская Т.А., Трошкова И.А. Моделирование внутрипочвенного вертикального движения влаги в черноземах обыкновенных Уймонской межгорной котловины (бассейн р. Катунь) в условиях первоначального насыщения почвы влагой // Вестн. Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 8 (142). – С. 29-39.
11. Garms E.O., Sukhova M.G., Kochееva N.A., Minaev A.I., Karanin A.V. On the concept of sustainable recreational use of natural resources of cross-border areas of Altai // J. of Environmental Management and Tourism. – 2016. – Vol. VII. – Is. 2 (14). – P. 317-327.



12. Garms E.O., *Sukhova M.G.*, Kocheeva N.A., Minaev A.I., Karanin A.V. On the concept of sustainable recreational use of natural resources of cross-border areas of Altai // *J. of Environmental Management & Tourism*. – 2016. – 7.2(14). – P. 313-316.
13. *Робертус Ю.В.*, Удачин В.Н., Рихванов Л.П., Кивацкая А.В., Любимов Р.В., Юсупов Д.В. Индикация компонентами природной среды трансграничного переноса загрязняющих веществ на территорию Горного Алтая // *Изв. Томского политехнического университета*. – 2016. – Т. 327. – № 9. – С. 39-48.
14. *Робертус Ю.В.*, Пузанов А.В. Современные уровни и пути снижения выбросов парниковых газов в Республике Алтай // *Экология урбанизированных территорий*. – 2016. – № 1. – С. 64-66.
15. Журавлева О.В., Каранин А.В., *Сухова М.Г.* Особенности пространственной дифференциации лесных экосистем Катунского хребта // *Изв. Тульского государственного университета. Науки о Земле*. – 2017. – № 1. – С. 19-27.
16. *Сухова М.Г.*, Журавлева О.В. Динамика изменения температуры воздуха и осадков в Чуйской котловине // *Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. – 2017. – № 1 (193). – С. 124-129.
17. Garms E.O., *Sukhova M.G.*, Zhuravleva O.V., Karanin A.V., Minaev A.I. Distinctness and endemicity of the vegetative cover of the Altai transboundary mountain region and its conservation as a part of the strategy for sustainable development of Altai // *J. of Environmental Management and Tourism*. – 2017. – Т. 8. – № 3 (19). – С. 686-695.
18. Чернова Е.О., *Сухова М.Г.* Рекреационно-хозяйственное зонирование гор Алтая // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2017. – Т. 9. – № 4 (34). – С. 362-368.
19. Kocheeva N.A., Chankibaeva M.H., Minaev A.I., Modorov A.A., *Sukhova M.G.* Peculiarities of thunderstorms occurrences on the border of the western siberia plains and Altai mountains // *J. of Environmental Management and Tourism*. – 2017. – Т. 8. – № 5 (21). – С. 1065-1072.
20. Kocheeva N.A., Chankibaeva M.H., Minaev A.I., *Sukhova M.G.*, Modorov A.A. Occurrences on the border of the Western Siberia plains and Altai mountains is accepted for publication // *J. of Environmental Management and Tourism*. – 2017. – Т. 8. – № 5(21). – С. 15.
21. Рихванов Л.П., *Робертус Ю.В.*, Миронова А.С., Бакшт Ф.Б. Дендрогеохимические особенности ископаемой лиственницы (урочище Пазырык) и современных лиственниц Горного Алтая // *Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов*. – 2017. – Т. 328. – № 6. – С. 108-120.
22. *Робертус Ю.В.*, Пузанов А.В., Куликова-Хлебникова Е.Н. Хлороорганические пестициды в объектах окружающей природной среды на территории Республики Алтай // *Агрехимия*. – 2017. – № 3. – С. 38-47.
23. *Робертус Ю.В.*, Пузанов А.В. Особенности проявления трансграничных переносов загрязняющих веществ на территории Алтая // *География и природные ресурсы*. – 2017. – № 4. – С. 59-67.
24. Kaizer M.I., Kuznetsova O.V., Zhuravleva O.V., *Sukhova M.G.*, *Yelchinina O.A.* Radiation ambiance on the content of 90Sr and 137Cs in the Republic of Altai // *Periodico Tche Quimica*. – 2018. – Т. 15. – № Special Is. 1. – P. 77-88.
25. *Ельчинова О.А.*, *Кузнецова О.В.*, Сойёнова А.Н., *Чичинова Г.В.* Водно-физические свойства почв среднегорных котловин Горного Алтая // *Вестн. Новосибирского государственного аграрного университета*. – 2018. – № 2 (47). – С. 19-29.
26. Zhuravleva O.V., *Sukhova M.G.*, Karanin A.V., Malkov P.Y. Relative sustainability of the Altai transborder ecosystems // *Periodico Tche Quimica*. – 2018. – Т. 15. – № 30. – С. 660-669.

27. *Sukhova M.G., O.V., Vinokurov Yu.I., Garms E.O., Kaiser M.I.* Recreational-bioclimatic specificity of landscapes of Central and South-Eastern Altai // *Periódico Tchê Química.* – 2018. – Vol. 15. – Special Is. 1. – P. 537-545.

28. *Сухова М.Г., Журавлева О.В.* Изменения температуры воздуха и осадков в межгорных котловинах Юго-Восточного и Центрального Алтая // *Изв РАН. Серия географическая.* – 2018. – № 6. – С. 93-101.

29. *Kuttubaeva T.A., Ishhuk L.V., Glotko A.V., Chernova E.O., Suhova M.G.* Economic and environmental marketing in establishment of tourist territories. Exemplified by the Republic of Altai // *J. of Environmental Management and Tourism.* – 2018. – 9 (2). – P. 376-389.

30. *Журавлева О.В., Сухова М.Г., Чернова Е.О., Бабин В.Г., Каранин А.В.* Российская часть Трансграничного Алтая в разрезе гидроэкологической безопасности и рекреационной привлекательности // *Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* – 2018. – № 1 (197). – С. 75-87.

31. *Робертус Ю.В., Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Любимов Р.В., Ляпина Е.Е., Турсуналиева Е.М.* Распределение ртути в компонентах окружающей среды горнорудных районов Республики Алтай // *Оптика атмосферы и океана.* – 2018. – Т. 31. – № 1. – С. 73-78.

32. *Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Ситникова В.А., Савенко К.С., Большунова Т.С.* Элементный состав лишайника на шифере как биоиндикатор загрязнения атмосферы агломерации г. Горно-Алтайска // *Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов.* – 2018. – Т. 329. – № 4. – С. 70-78.

33. *Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Любимов Р.В., Ляпина Е.Е., Осипова Н.А.* Формы нахождения и переноса ртути в компонентах экосистем Горного Алтая // *Химия в интересах устойчивого развития.* – 2018. – № 2. – С. 185-192.

34. *Робертус Ю.В., Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Ляпина Е.Е., Турсуналиева Е.М., Барановская Н.В., Осипова Н.А.* Ртуть в листьях тополя на урбанизированных территориях Сибири и Дальнего Востока // *Экология и промышленность России.* – 2018. – Т. 22. – № 12. – С. 56-62.

35. *Робертус Ю.В., Ситникова В.А., Кивацкая А.В.* Особенности макро- и микрохимического состава руслового стока малой реки Майма (бассейн Верхней Оби) // *Вода: химия и экология.* – 2018. – № 1-3. – С. 32-40.

36. *Elchinina O.A., Kuznetsova O.V., Rozhdestvenskaya T.A., Kaiser M.I., Vyshnikova T.V.* Content and Distribution of Biogenic and Toxic Elements in Soils and Vegetation of the Chulyshman River in the System of High-altitude Zone (Mountain Altai) // «*AgroSMART – Smart solutions for agriculture: International scientific and practical conference.*» – *KnE Life Sciences.* – 2019. – 4(14). – P. 297-306.

37. *Ельчинова О.А., Кузнецова О.В., Рождественская Т.А., Кайзер М.И., Вышникова Т.В.* Эколого-биогеохимическая оценка почв горно-лесного пояса бассейна Телецкого озера // *Успехи современного естествознания.* – 2019. – № 4. – С. 51-56.

38. *Dunets A.N., Vakhrushev I.B., Sukhova M.G., Sokolov M.S., Utkina K.M., Shichiyakh R.A.* Selection of strategic priorities for sustainable development of tourism in a mountain region: concentration of tourist infrastructure or nature-oriented tourism // *Entrepreneurship and Sustainability.* – 2019. – 7(2). – P. 1217-1229.

39. *Chernova E. O., Sukhova M.G., Zhuravleva O.V., Karanin A.V., Minaev A.I.* Hydro-environmental safety as an indicator of recreational attractiveness of regions – A case of russian part of the transboundary Altai // *Ecohydrology and Hydrobiology.* – 2019. – 19(3). – P. 452-463.

40. *Malkov P.Y., Kurilenko T.N., Sukhova M.G., Zhuravleva O.V., Minaev A.I.* Analysis of anthropogenically induced changes in ecosystem components in the Katun recreational area

of the Altai republic, Russian Federation // *Geojournal of Tourism and Geosites*. – 2019. – 26(3). – P. 769-779.

41. Malkov P., *Sukhova M.*, Vozniyчук O., Malkova A., Khudyakova N., Dolgovykh S. Impact of Tourism and Recreational Activities on the Biological Diversity in the Altai Republic // *J. Of Environmental Management And Tourism*. – 2019. – 10(4). – P. 870-877.

42. Malkov P., Karanin A., Zhuravleva O., *Sukhova M.* Diversity in the Altai Republic Diversity of Mammal Communities and Its Correlation with Stability of Natural Complexes of the South Eastern Altai // *J. of Environmental Management And Tourism*. – 2019. – 10(5). – P. 1002-1010.

43. Chanchaeva EA., *Sukhova M.G.*, Sidorov S.S. Problems of the health status of children and atmospheric air of Gorno-Altaysk under the conditions of increasing transport load // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – 395.

44. *Robertus Y.*, Iegorova L., Gibbs J., Mountrakis G., Bastille-Rousseau G., Paltsyn M., Ayatkhаn A., Baylagasov L., Chelyshev A. Rangeland vegetation dynamics in the Altai mountain region of Mongolia, Russia, Kazakhstan and China: effects of climate, topography, and socio-political context for livestock herding practices // *Environmental Research Letters*. – 2019. – Vol. 14. – 104017. – № 10.

45. Черных Д.В., *Николаева О.П.* Анализ экстремальных метеорологических и гидрологических ситуаций в бассейне р. Майма (Республика Алтай) // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2020. – Т.12. – № 2 (44). – С. 237-245.

46. *Робертус Ю.В.*, *Любимов Р.В.*, *Кивацкая А.В.*, Ситникова В.А. Подходы к ликвидации накопленного экологического вреда окружающей среде в районе бывшего Акташского ртутного рудника (Республика Алтай) // *Экология и промышленность России*. – 2020. – Т. 24. – № 2. – С. 34-40.

47. *Робертус Ю.В.*, Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., *Любимов Р.В.*, *Кивацкая А.В.*, Ситникова В.А., Большунова Т.С. Элементный состав лишайника *Rhizocarpon* на камне как индикатор переноса загрязняющих веществ на территорию Алтая // *Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов*. – 2020. – Т. 331. – № 3. – С. 72-79.

48. *Робертус Ю.В.*, Пузанов А.В., *Кивацкая А.В.*, Ситникова В.А. Особенности кислородного режима руслового стока малой реки Майма (бассейн Верхней Оби) // *Водные ресурсы*. – 2020. – № 4. – С. 421-425.

49. *Робертус Ю.В.* Масштабы и последствия применения ртути при золотодобыче в Республике Алтай // *Экология и промышленность России*. – 2020. – № 7. – С. 42-47.

50. *Robertus Y.V.*, Yusupov D.V., Baranovskaya N.V., Radomskaya V.I., Pavlova L.M., Sudyko A.F., Rikhvanov L.P. Rare earth elements in poplar leaves as indicators of geological environment and technogenesis // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2020. – P. 27111-27123.

51. Робертус Ю.В., Рихванов Л.П. Химические элементы и вещества – индикаторы загрязнения природной среды Республики Алтай // *Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов*. – 2020. – Т. 331. – № 8. – С.154-165.

52. *Робертус Ю.В.*, Степанов В.А., Рихванов Л.П., Ильенок С.С. О природе и перспективах золотоносности отходов передела ртутных руд Акташского месторождения (Горный Алтай) // *Разведка и охрана недр*. – 2020. – № 8. – С. 35-40.

53. *Ельчишникова О. А.*, Пузанов А.В., Рождественская Т.А., Двуреченская С. Я. Микроэлементы в межгорно-котловинных агроландшафтах Горного Алтая // *Агрехимия*. – 2021. – № 6. – С. 16-27.

54. Zhuravleva O., *Sukhova M.*, Karanin A., Chernova E., Gazukina Y. Target indicators for the development of the forest complex in the context of the Altai republic municipalities // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. – 2021. – Vol. 9. – № 4. – С. 31-43.

55.Робертус Ю.В., Пузанов А.В., Кивацкая А.В., Любимов Р.В. Экологические последствия реабилитации Манжерокского озера (Республика Алтай) // Вода и экология: проблемы и решения. – 2021. – № 1 (85). – С. 41-49.

56.Архипов И.А., Любимов Р.В., Трошкова И.А. Состояние компонентов природной среды в зоне воздействия горно-перерабатывающих производств Республики Алтай // География и природные ресурсы. – 2021. – Т. 42. – № 1. – С. 49-55.

57.Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В., Ситникова В.А. Подходы к ликвидации накопленного экологического вреда окружающей среде в районе бывшего Акташского ртутного рудника (Республика Алтай) // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24. – № 2. – С. 34-40.

58.Elchininova O.A., Sukhova M.G., Kuznetsova O.V., Kaiser M.I., Rozhdestvenskaya T.A. Biogenic and toxic elements in mountain tundra soils of the Teletskoye lake basin (Altai mountains) // J. of Environmental Accounting and Management. – 2022. – Vol. 10. – № 2. – P.191-201.

59.Красноярова Б.А., Биче-оол Т.Н., Суразакова С.П. Модели устойчивого социально-экономического развития горных регионов Южной Сибири // Устойчивое развитие горных регионов. – 2022. – Т. 12. – № 1 (51). – С. 27-35.



## НОВОСИБИРСКИЙ ФИЛИАЛ ИВЭП СО РАН

Н.И. Ермолаева, С.Я. Двуреченская

Постановлением Президиума СО АН СССР № 428 от 20.07.1987 г. «О создании Института водных и экологических проблем СО АН СССР в г. Барнауле» в составе Института в Новосибирском научном центре была сохранена лаборатория водных проблем с включением в нее научно-координационной группы по программе «Сибирь» и группы вычислительных работ, вскоре реорганизованные в Новосибирскую комплексную лабораторию, которой заведовал тогда еще к.г.н. Валерий Михайлович Савкин.

Постановлением Президиума СО РАН № 117 от 15.07.1996 г. на базе Новосибирской комплексной лаборатории, Речкуновского стационара и Отдела эксплуатации и ремонта экспедиционного флота (бывшего ОБНИ флота СО РАН) был создан Новосибирский филиал Института водных и экологических проблем (НФ ИВЭП СО РАН).

За эти годы возглавляли Новосибирский филиал Петр Юрьевич Пушистов, д.ф.-м.н. (1996-1998), Михаил Александрович Мальгин, д.б.н. (1998-2001), Аркадий Анатольевич Атавин, к.т.н. (2001-2017). С 2017 г. директором Новосибирского филиала является Надежда Ивановна Ермолаева, д.б.н. Ученым секретарем Филиала со дня его основания и до 2018 г. была Серафима Яковлевна Двуреченская, к.х.н. доцент.



*В.М. Савкин, д.г.н.*



*П.Ю. Пушистов, д.ф.-м.н.*



*М.А. Мальгин, д.б.н.*



*А.А. Атавин, к.т.н.*



*Н.И. Ермолаева, д.б.н.*



*С.Я. Двуреченская, к.х.н.*

Все эти годы научным лидером Новосибирского филиала ИВЭП, как и всего Института, был академик Олег Федорович Васильев – всемирно известный специалист в области прикладной гидродинамики и гидравлики, гидрологии, гидрофизики и экологии рек, озер и водохранилищ.

Основными научными направлениями Филиала являются:

- анализ и оценка гидрологического и экологического состояния водных объектов;
- комплексная оценка последствий создания крупных гидроэнергетических и водохозяйственных объектов и их воздействия на окружающую среду;



- разработка математических моделей гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических процессов в реках, озерах и водохранилищах и их водосборных бассейнах;

- анализ гидролого-гидрохимических и гидробиологических показателей вод Новосибирского водохранилища как природного полигона;

- научное обоснование организации гидролого-гидрохимического и гидробиологического мониторинга для оценки качества вод Средней и Нижней Оби;

- научно-техническое и организационное обеспечение экспедиционных исследований водных объектов по проблемам экологии и рационального природопользования.

Научно-координационная группа по программе «Сибирь» в рамках программы Научного совета СО АН СССР и далее СО РАН по проблемам окружающей среды (председатель Научного совета – акад. О.Ф. Васильев, ученый секретарь Совета С.Я. Двуреченская, к.х.н.) осуществляла сопровождение программы «Экология, охрана окружающей среды Сибири» региональной научно-исследовательской программы «Сибирь» и Программы «Биосферные и экологические исследования», входившую в Программу фундаментальных исследований по приоритетным направлениям развития науки и техники.

Научные исследования в Новосибирской комплексной лаборатории и в Новосибирском филиале ИВЭП СО РАН развивались в рамках основных планов НИР Института и Программ фундаментальных исследований РАН и СО РАН. Исследования были свя-



заны с изучением гидрологических, гидрохимических и гидробиологических процессов в бассейнах сибирских рек, озер и водохранилищ, их влиянием на состояние водных ресурсов региона в современных условиях. В рамках этих работ выявлены закономерности изменения водно-ресурсной обстановки и экологического состояния в бассейне р. Обь и Обь-Иртышского междуречья, разработаны и усовершенствованы модели гидрологических, гидрофизических и экологических процессов в реках и водоемах, в частности, в глубоких водоемах (озера Байкал и Телецкое), изучены закономерности пространственного и внутригодового распределения приоритетных химических веществ в Новосибирском водохранилище, определены основные составляющие водного баланса



оз. Чаны с учетом современных морфологических и гидрологических характеристик, выявлены основные закономерности влияния на гидробионтов гидрологического и гидрохимического режимов крупных естественных и искусственных водоемов (Новосибирское водохранилище и оз. Чаны). Неоценимый вклад в эти исследования внесли сотрудники Филиала: акад. О.Ф. Васильев, д.г.н. В.М. Савкин, д.ф.-м.н. В.И. Квон, д.б.н. Н.И. Ермолаева, к.т.н. А.А. Атавин, к.-ф.-м.н. О.Б. Бочаров, к.х.н. доцент С.Я. Двуреченская, к.ф.-м.н. доцент Т.Э. Овчинникова, д.б.н. П.А. Попов.

На базе Новосибирской комплексной лаборатории проведено ряд конференций и совещаний:

- Всесоюзная общественно-научная конференция «Катунский проект: проблемы и перспективы», 1990 г.;
- Всесоюзный симпозиум «Ртуть в реках и водоемах», 1991 г.;
- Школа-семинар «Моделирование гидроледотермических и гидрохимических процессов в реках, озерах и водохранилищах», 1992 г.;
- Международный симпозиум «Regional and Global Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Balances» (NATO Advanced Research Workshop), 1995 г.;
- Международный симпозиум «Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах», Новосибирск, 1995 г.;
- третья Всероссийская биогеохимическая школа «Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы», 2000 г.

После создания Новосибирского филиала на его базе совместно с другими сотрудниками Института и ряда Институтов СО РАН проведены крупные международные конференции и совещания.

– Международный симпозиум «Экстремальные гидрологические явления: новые концепции обеспечения безопасности» (NATO Advanced Research Workshop «Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security», 2005 г.). Основной целью симпозиума были анализ и оценка современного состояния знаний в областях гидрологии, предме-



том которых является изучение таких экстремальных явлений (далее – ЭГС), как наводнения, маловодья на реках и засухи, также анализ эффективности методов их предотвращения или смягчения их последствий. Из-за значительных экономических ущербов, причиняемых ЭГС, и практически повсеместного географического распространения этих гидрологических явлений, их изучение имеет большое научное и практическое значение. На симпозиуме обсуждались механизмы возникновения ЭГС, генетические и стохастические модели максимального и минимального стока, проблемы прогнозирования и предотвращения ЭГС. Особое внимание было уделено вопросам применения инженерных и неинженерных методов защиты и уменьшения последствий такого рода стихийных бедствий, оценки риска от наводнений влияния экстремальных изменений стока на окружающую среду.

– Международная британско-российская конференция со школой-семинаром «Гидрологические последствия изменений климата» («Hydrological Impact of Climate Change», 2007 г.). Основной целью конференции было обсуждение состояния исследований по проблеме прогнозирования гидрологических последствий изменений климата, результатов этих исследований и обмен опытом в их проведении. Значительное внимание было уделено рассмотрению указанных вопросов применительно к водным объектам и гидрологическим процессам в природных условиях Сибири и Севера, современным методам оценки влияния климатических изме-



нений на гидрологические процессы в реках, озерах и водохранилищах; опыту применения этих методов и оценки возможных гидрологических изменений в результате вариаций климата для гидрологических объектов различного типа и масштаба; гидрологические изменения как результат глобальных и региональных климатических изменений; воздействие климатических изменений на водные ресурсы (включая как количественный, так и качественный аспекты этого вопроса); влияние изменений климата на возникновение экстремальных гидрологических явлений (наводнений, маловодий на реках и т.п.).

– Цикл совещаний (Новосибирск, 2000, 2001, 2003 гг.) и исследования по международному Российско-голландскому проекту «Сохранение водно-болотных угодий и видового состава их обитателей на юге Западной Сибири». Wetlands International PIN-MATRA SE 075”. Задачами проекта были: определение приоритетных направлений и поэтапная реализация программы по сохранению и рациональному использованию озерно-болотных систем и их природных ресурсов в степной и лесостепной зонах юга Западной Сибири в тесном сотрудничестве с органами власти, общественностью и местным населением с целью сохранения биологического разнообразия озерных экосистем (озера Чаны и Кулундинское) как участков национального природного наследия, оптимизация особо охраняемых природных территорий региона. Среди находящихся на юге Западной Сибири крупных водных систем озер Чаны и Кулундинское выделяются своей уникальностью. Эти озера – важнейшие места скопления водоплавающих птиц, гнездящихся здесь и останавливающихся во время весенних и осенних миграций.

Сотрудники Новосибирского филиала ИВЭП (ранее Новосибирской комплексной лаборатории) принимали активное участие в исследованиях, проводимых по программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Изменение окружающей среды и климата: природные катастрофы»:

– проект «Анализ и моделирование экстремальных гидрологических явлений в целях разработки мероприятий по предотвращению неблагоприятных последствий и минимизации ущерба на водных объектах Сибири»;

– проект «Экстремальные гидрологические явления на водных объектах Сибири: анализ, моделирование и изучение связей с климатическими условиями»), координатор – акад. О.Ф. Васильев.

Участие в Интеграционных проектах СО РАН:

– «Обь-Иртышская бассейновая система: формирование, антропогенная трансформация, экологическое состояние и стратегия водопользования», координаторы – д.г.н. Ю.И. Винокуров, д.г.-м.н. С.Л. Шварцев;



– «Глобальная и региональная трансформация водного и химического стока в бассейне Оби под воздействием природных и антропогенных факторов», научные координаторы – д.г.н. Ю.И. Винокуров, д.г.-м.н. С.Л. Шварцев;

– проект INTAS «The Rehabilitation of the Ecosystem and Bioproductivity of the Aral Sea under Conditions of Water Scarcity», научный руководитель – акад. О.Ф. Васильев;

– интеграционный проект «Разработка фундаментальных основ интегрированных сорбционных, каталити-

ческих и микробиологических методов для охраны окружающей среды», координаторы проекта – акад. В.Н. Пармон, акад. О.Н. Чупахин, УрО РАН; акад. НАН Украины В.В. Гончарук;

– междисциплинарный интеграционный проект СО РАН 125. «Условия формирования, закономерности размещения и рациональное природопользование сапротелл Сибири», научный координатор проекта – д.г.-м.н. Н.А. Росляков, ученый секретарь проекта – д.г.-м.н. В.Д. Страховенко.

Одним из важнейших направлений деятельности Новосибирского филиала ИВЭП являются ежегодные экспедиционные исследования Новосибирского водохранилища, р. Обь и ее притоков, озер Западной Сибири.



СБОРНИК СТАТЕЙ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 35-ЛЕТИЮ ИНСТИТУТА  
ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СО РАН

*Информационно-иллюстрированное издание*

*Компьютерная верстка, обложка – Л.В. Пестова, к.с.-х.н.*

*На обложке – озеро Телецкое, фото А.Т. Зиновьева, д.т.н.*

Подписано в печать 11.10.2022 г. Дата выхода в свет 15.11.2022 г.

Формат 60x84 1/8. Печать – цифровая. П.л. 26,0

Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Пять плюс»

656049, г. Барнаул, ул. Крупской, 97

Тел.: +7(385-2) 62-32-07

E-mail: [fiveplus07@mail.ru](mailto:fiveplus07@mail.ru)

[www.five-plus.ru](http://www.five-plus.ru)

Цена свободная

Возрастная категория – 12+