

Том 13, 2016, № 3  
Vol. 13, 2016, No. 3

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

# Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

# Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Региональная экологическая безопасность

Volume Headline:

Regional environmental safety



Официальное издание Экспертного совета МЧС России и Российского научного общества анализа риска  
Official Edition of the Expert Council of EMERCOM of Russia and Russian Scientific Society for Risk Analysis

Том 13, 2016, №3  
Vol. 13, 2016, No.3

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

# Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

# Issues of Risk Analysis



Общероссийская общественная организация  
«Российское научное общество анализа риска»



ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт по проблемам гражданской обороны  
и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)



Финансовый издательский дом  
«Деловой экспресс»

## Редакционный совет:

**Воробьев Юрий Леонидович (председатель),**

кандидат политических наук, заместитель председателя Совета Федерации  
Федерального собрания Российской Федерации, председатель Экспертного совета МЧС России

**Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя),**

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,  
начальник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ),  
заместитель председателя Экспертного совета МЧС России

**Солодухина Лариса Владимировна,**

управляющий Акционерным обществом «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

**Фалеев Михаил Иванович,**

кандидат политических наук, начальник ФКУ «Центр стратегических исследований  
гражданской защиты МЧС России»,  
президент Российского научного общества анализа риска

## Редакционная коллегия:

**Быков Андрей Александрович (Главный редактор),**

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,  
вице-президент Российского научного общества анализа риска

**Порфирьев Борис Николаевич (заместитель Главного редактора),**

член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией анализа  
и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

**Аверченко Владимир Александрович,**

кандидат экономических наук, профессор кафедры «Финансовая стратегия» Московской школы экономики  
МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Совета директоров Инвестиционной Группы «Бизнес Центр»

**Башкин Владимир Николаевич,**

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем  
почвоведения РАН

**Елохин Андрей Николаевич,**

доктор технических наук, член-корреспондент РАЕН, начальник отдела страхования ОАО «ЛУКОЙЛ»

**Живетин Владимир Борисович,**

доктор физико-математических наук, профессор, ректор Института проблем риска

**Кременюк Виктор Александрович,**

доктор исторических наук, профессор, заместитель директора Института США и Канады РАН

**Махутов Николай Андреевич,**

член-корреспондент РАН, Председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска  
и проблем безопасности, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А. А. Благонравова РАН

**Мельников Александр Викторович,**

доктор физико-математических наук, профессор, факультет математических  
и статистических наук, Университет провинции Альберта, Эдмонтон, Канада

**Ревич Борис Александрович,**

доктор медицинских наук, руководитель лаборатории прогнозирования качества окружающей среды  
и здоровья населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

**Соложенцев Евгений Дмитриевич,**

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией интегрированных систем  
автоматизированного проектирования Института проблем машиноведения РАН

**Сорогин Алексей Анатольевич,**

кандидат технических наук, директор по специальным проектам  
Акционерного общества «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

**Сорокин Дмитрий Евгеньевич,**

член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор,  
первый заместитель директора Института экономики РАН

**Сосунов Игорь Владимирович,**

кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

**Табаков Валерий Алексеевич,**

кандидат экономических наук, Ph.D и DBA в области делового администрирования, член Совета директоров, председатель  
правления Инвестиционной Группы «Бизнес Центр», Президент Группы компаний ИКТ

## Колонка редактора

- 4 Экобезопасность: ключевые параметры и задачи  
*В. Н. Башкин, член Редакционной коллегии*

## Региональная экологическая безопасность

- 8 Оценка экологического риска здоровью населения Республики Крым как основа экологической безопасности в регионе  
*Е. В. Евстафьева, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,  
Г. П. Нараев, Н. А. Сологуб, Министерство экологии и природных ресурсов, г. Симферополь, Республика Крым,  
С. А. Карпенко, В. В. Белалов, А. М. Богданова, С. Л. Тымченко, И. А. Евстафьева, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского*
- 26 Канцерогенный риск загрязнения мышьяком водных экосистем  
*В. Н. Башкин, ФГБУ науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Московская область, г. Пушкино  
Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина, Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Московская область, г. Пушкино*
- 30 Канцерогенный риск загрязнения нитратами водных экосистем  
*Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина, Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Московская область, г. Пушкино  
В. Н. Башкин, ФГБУ науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Московская область, г. Пушкино*
- 34 Геоэкологическое районирование Сибири по опасным геоморфологическим процессам  
*С. Б. Кузьмин, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск*
- 48 Анализ и картографирование чувствительности и экологической устойчивости геосистем для информационного обеспечения географического прогноза (на примере бассейна оз. Байкал)  
*Т. И. Кузнецова, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск*
- 60 Роль ландшафтно-оценочных карт в региональном анализе экологических рисков  
*Ю. М. Семенов, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск*

## Экологические риски

- 68 Применение методологии анализа риска для прогнозирования воздействия на окружающую среду объектов накопленного экологического ущерба  
*Т. Н. Швецова-Шиловская, А. А. Афанасьева, Т. В. Громова, А. В. Кошелев, Д. И. Назаренко, А. Ю. Орлов, ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии» (ФГУП «ГосНИИОХТ»), г. Москва*

## Геоэкологические риски

- 76 Анализ геоэкологических рисков и рейтингов как фактор повышения инвестиционной привлекательности предприятий  
*О. П. Трубицина, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск  
В. Н. Башкин, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ФГБУ науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Московская обл., г. Пушкино*

## Уроки техногенных катастроф

- 84 Научные проблемы, решаемые в ходе преодоления последствий чернобыльской катастрофы  
*В. П. Малышев, Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России, г. Москва*
- 94 Аннотации статей на английском языке

# Экобезопасность: ключевые параметры и задачи

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

**В. Н. Башкин,**  
член Редакционной коллегии

В настоящее время стратегически важным для развития Российской Федерации является предложенный В. И. Вернадским и обоснованный в трудах многих его последователей — ученых биогеохимиков, экологов, почвоведов, физиологов, экономистов и других представителей естественных и социальных наук — переход от биосферы к ноосфере, когда управление многими производственными процессами и развитие социально-экономической сферы будет осуществляться на основании и с учетом биогеохимической организованности биосферы. Это предполагает управление биогеохимическими циклами, в частности, в рамках инженерной биогеохимии и с применением биогеохимических технологий. Важнейшим постулатом такого развития является осознание значимости почвы как главного элемента биосферы, регулирующего все биогеохимические циклы и управляющего миграцией элементов в биогеохимических пищевых цепях, замыкаемых в абсолютном большинстве случаев человеком.

При этом реализация любого из имеющихся сценариев экономического развития Российской Федерации до 2030 г. — консервативного, инновационного, целевого (или форсированного) — естественным образом базируется на использовании ресурсного и человеческого потенциала. В то же время имеет место прогрессирующее ухудшение состояния окружающей среды и здоровья населения как следствие обратимого и в ряде случаев необратимого нарушения естественных биогеохимических циклов многих элементов. Биогеохимические и экофизиологические подходы к разработке существующих моделей медицины, обосновывающих причины заболеваний, позволяют заключить, что экологическая модель является наиболее управляемой и улучшение экологической ситуации,

в особенности уменьшение загрязнения почв, вод и воздуха в различных регионах РФ, является эффективным путем повышения качества как здоровья и трудоспособности населения, так и состояния окружающей среды как ресурсного потенциала экономики.

Приоритетность действий в этом направлении представляет достаточно сложную задачу, поскольку существенно различается в разных регионах в зависимости от природных и техногенных условий. При этом важно учитывать природную организованность биогеохимической структуры территории страны, которая во многом управляет выраженностью техногенного загрязнения. Следовательно, помимо известных экологических факторов, прямо оказывающих негативное влияние на здоровье (например, высокое и очень высокое загрязнение атмосферного воздуха, где проживает 54% городского населения Российской Федерации), существует множество неявных, опосредованных, но не менее выраженных неблагоприятных эффектов. При этом нужно иметь в виду, что они в отношении здоровья человека проявляют себя чаще всего уже как следствие негативного воздействия на структуру биогеохимических циклов в различных экосистемах. Нельзя исключить и преднамеренного негативного воздействия на биосферу в рамках экологического терроризма.

Оценка взаимодействия в системе «среда обитания — здоровье» требует дифференцированного подхода на различных природных и антропогенномодифицированных территориях с разной трансформированностью исходной биогеохимической структуры и в то же время должна базироваться на некотором универсальном алгоритме. По причине сложного комплексного характера этой проблемы в настоящее время чаще всего движение в этом на-

правлении представляет собой набор разрозненных малоэффективных мероприятий, требующих значительных, иногда неоправданных и часто малоэффективных затрат.

Основной проблемой неэффективной государственной политики в этой области остается отсутствие ориентации системы государственного управления на интегрированную количественную оценку влияния на здоровье населения и окружающую среду последствий управленческих решений, а также их устранение посредством научно обоснованной системы адапционных и реабилитационных мероприятий. Эта проблема имеет комплексный характер и требует интеграции и аналитической оценки данных различных ведомств, прежде всего природоохранных и органов здравоохранения, что представляет собой достаточно сложную задачу на широкомасштабных территориях.

Кроме того, по мнению Е.В. Евстафьевой (Крымский ФУ), требуются пересмотр традиционных подходов и переход от грубых оценок состояния здоровья, основывающихся на использовании инертных показателей медицинской статистики, к более чувствительным функциональным характеристикам здоровья, отражающим особенности физиологического состояния в связи действием тех или иных экологических факторов, опосредствованных через биогеохимическую организованность отдельных регионов.

Таким образом, стратегия экологической безопасности Российской Федерации должна учитывать биогеохимические и экофизиологические проблемы адаптации человека к загрязненной среде обитания и предполагать стратегические цели и задачи регионального рекреационного развития.

В числе основных угроз экологической безопасности Российской Федерации можно выделить следующие.

Территория Российской Федерации в целом и ее отдельные территориально-природные комплексы характеризуются наличием как общих, так и специфических (региональных) источников экологической опасности. При этом необходимо прежде всего отметить сохраняющуюся неэкологизированность многих законодательных актов, и в первую очередь тех из них, которые связаны с экономикой и наносят прямой или косвенный ущерб ресурсному и ре-

креационному потенциалу многих регионов, здоровью их жителей. Анализ отдельных составляющих экологических проблем РФ свидетельствует о том, что в целом они связаны с комплексом причин социально-экономического и природно-ресурсного характера, нашедших свое отражение в характере природопользования.

Кроме того, актуальной является и проблема внешних источников загрязнения в виде трансграничного циркумполярного западного переноса атмосферных загрязнителей (тяжелые металлы, стойкие органические соединения, окислы азота и серы) на территорию страны. В наибольшей степени это отражается на состоянии окружающей среды (почвы, воздуха, растительности, природных вод) в полярных регионах, где внешние угрозы, включая экотерроризм, могут наложиться на внутренние, связанные с освоением ресурсного потенциала этих территорий, и вызвать ряд экологических рисков.

При этом анализ состояния здоровья жителей РФ за последние 40 лет показывает, что для него характерны типичные для многих государств негативные тенденции. Это свидетельствует о необходимости новых экологизированных подходов к политике в области охраны здоровья в целом, а также в части научно обоснованного использования природного рекреационного и реабилитационного потенциала региона.

При этом важно определиться с постулатом о необходимости развития в ряде промышленных регионов страны адапционных мероприятий, тогда как в ряде других, в частности в Крымском регионе, целесообразней сконцентрировать усилия на реабилитационных мероприятиях.

Движение в этом направлении требует разработки новых и пересмотра уже имеющихся региональных программ развития страны, что невозможно без интеграции и корректного анализа ведомственной и научной информации экологического и медицинского содержания.

Отмеченные выше биогеохимические и физиологические проблемы адаптации человека к загрязненной среде обитания позволят сформулировать следующие основные стратегические цели и задачи регионального рекреационного развития. Следовательно, необходимы разработка и внедрение под-

хода к интеграции и анализу биогеохимических (экологических) и медицинских данных с целью их системного анализа для интегрированной оценки степени экологической безопасности на территориях с учетом их природной биогеохимической организованности и техногенной специфики. Отсюда вытекают задачи:

- биогеохимическое районирование территории Российской Федерации как основа ее экологической безопасности;
- анализ обратимой и необратимой трансформированности природных биогеохимических циклов;
- оценка синергетического воздействия внешних и внутренних угроз экобезопасности полярных регионов РФ;
- разработка и реализация научно-методических основ системы регионального медико-экологического мониторинга на территориях отдельных пилотных регионов, в первую очередь Крыма и других рекреационных регионов;
- разработка унифицированных подходов к интеграции и анализу медицинских и экологических данных с использованием отечественного и международного опыта в области экологического нормирования;
- координация межведомственного взаимодействия в сфере охраны здоровья и окружающей среды с целью интеграции информации экологического и медицинского содержания, ее анализа и оценки экологического риска для здоровья населения и экосистем;
- экологическая экспертиза и разработка рекомендаций для принятия управленческих решений в области охраны здоровья и окружающей среды на муниципальном и региональном уровнях;
- разработка и внедрение мероприятий по экологической реабилитации отдыхающих из регионов

Российской Федерации и развитию лечебно-рекреационного комплекса Крыма и Кавказа;

- образовательная, просветительская, общественная деятельность, направленная на повышение экологической грамотности и сознания граждан, и их вовлечение в процессы по повышению экологической безопасности и качества здоровья человека и окружающей среды в регионе.

В рамках разработки стратегии экологической безопасности Российской Федерации должны быть определены как стратегические, так и тактические показатели. Эти показатели необходимо определять на основе биогеохимической организованности биосферы с тем, чтобы параметры техногенного и иного негативного воздействия вписывались в естественные колебания слагаемых биогеохимических циклов, а управление этими циклами и нормирование антропогенных нагрузок происходило с использованием экосистемных показателей. Соответственно, необходимо повсеместное внедрение биогеохимических стандартов, в частности критических нагрузок и экологического риска, в практику экологического нормирования рационального природопользования и охраны здоровья как при соблюдении внутренних социально-экономических и экологических стандартов жизни населения, так и при выполнении обязательств по международным соглашениям (экологическим конвенциям).

В числе первоочередных мер и механизмов государственной политики, направленных на обеспечение экологической безопасности страны, следует считать реализацию пилотных проектов на территории ряда регионов, в частности в Республике Крым.

Таким образом, проблемы экобезопасности являются насущными для России, и это определило тематику данного номера.

ВЕДУЩИЙ РОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ ПО АНАЛИЗУ РИСКОВ



Периодичность: 1 раз в 2 месяца.

## ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА РИСКА

В издании публикуются междисциплинарные научные и прикладные материалы, посвященные анализу рисков различного происхождения и характера: природного, техногенного, экологического, политического, страхового, финансового и др. Журнал внесен в перечень изданий, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

**Специалистам-практикам, чья деятельность связана с анализом рисков; специалистам научных организаций; учащимся и преподавателям учебных заведений.**

## ВНИМАНИЕ, ПОДПИСКА!

ПОДПИСНОЙ КУПОН на 2016 год

### Проблемы анализа риска

Индексы: «Роспечать» — 71219, каталог «Пресса России» — 15704.

печатная версия

электронная версия

Количество экземпляров:

### Период подписки:

полугодие

год

### Вид доставки:

курьером (только по Москве)

почтой (заказным письмом)

### Стоимость подписки

печатная версия: 4 500 руб. — за I полугодие;

4 500 руб. — за II полугодие;

9 000 руб. — за год;

электронная версия: 3 600 руб. — за I полугодие;

3 600 руб. — за II полугодие;

7 200 руб. — за год.

Наименование организации

Юридический адрес

Адрес доставки

ИНН/КПП

Телефон (с кодом города)

Факс

ФИО (полностью) сотрудника,  
ответственного за подписку

Пожалуйста, заполните все поля подписного купона и пришлите его по факсу (495) 787-52-26.

Также вы можете оформить подписку по телефону: (495) 787-52-26; на сайте: [www.dex.ru](http://www.dex.ru); по e-mail: [journal@dex.ru](mailto:journal@dex.ru).

**Издательский дом «Деловой экспресс»** — многопрофильная издательская компания, работающая на рынке полиграфических услуг с 1993 года.

### Что мы делаем

- Создаем корпоративные и ведомственные издания.
- Издаем книги.
- Разрабатываем web-сайты.
- Изготавливаем традиционные бизнес-подарки в необычном исполнении.
- Издаем годовые отчеты и бизнес-полиграфию.
- Придумываем и разрабатываем логотипы и фирменные стили.

«Деловой экспресс» стремится стать лучшим поставщиком полиграфических решений для самых взыскательных клиентов.

Издательский дом

**ДЕЛОВОЙ  
ЭКСПРЕСС**

[www.dex.ru](http://www.dex.ru)

УДК 613:614.7:574

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

# Оценка экологического риска здоровью населения Республики Крым как основа экологической безопасности в регионе

**Е. В. Евстафьева,**  
Крымский федеральный университет  
им. В. И. Вернадского,  
**Г. П. Нараев,**  
**Н. А. Сологуб,**  
Министерство экологии  
и природных ресурсов,  
г. Симферополь,  
Республика Крым,  
**С. А. Карпенко,**  
**В. В. Белалов,**  
**А. М. Богданова,**  
**С. Л. Тымченко,**  
**И. А. Евстафьева,**  
Крымский федеральный университет  
им. В. И. Вернадского

## Аннотация

В статье приводятся теоретическое обоснование региональной стратегии экологической безопасности в Республике Крым и результаты системных научно-практических исследований, ведущихся в течение многих лет в сфере экологического и медицинского мониторинга. Обозначены приоритеты экологической безопасности в Крымском регионе, приведены результаты научно-практической реализации некоторых из них. По данным медицинской статистики анализируется динамика болезненности населения за 20-летний период, оценивается относительный риск в разных городах и административных районах для общей заболеваемости и некоторых наиболее экологически зависимых заболеваний (врожденные аномалии, онкология, заболевания дыхательной системы). Приводятся результаты полевых исследований экологической ситуации в отношении окислов азота и серы как основных атмосферных загрязнителей посредством отечественных гигиенических и европейских экологических нормативов. Обозначены дальнейшие шаги в последовательном продвижении в решении медико-экологических задач и оценки экологического риска для здоровья в Республике Крым.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, оценка риска, здоровье.

## Содержание

Введение  
1. Объекты и методы исследования  
2. Результаты  
Заключение  
Литература

## Введение

В настоящее время стратегически важным для развития Российской Федерации, как и в целом стран во всем мире, является обеспечение экологической безопасности, которая признана важной составляющей национальной безопасности государств. В связи с этим в Российской Федерации разработана стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. Ее реализация позволит перейти к экологически ориентированной модели экономического развития, а одним из приоритетов государственной политики в области экологии Минприроды называет снижение техногенной нагрузки и поддержа-

ние благоприятного состояния природной среды и среды обитания человека.

Однако за этой общей формулировкой должна подразумеваться научно обоснованная разработка мероприятий, которая позволит ясно понимать, какие меры и в какой степени должны быть приняты в конкретных регионах с учетом их природной организованности и степени техногенной трансформации, что подразумевает ориентацию на поведение ключевых звеньев во взаимодействии человеческого общества с окружающей средой в том или ином регионе.

Особое значение в этом контексте имеет продуманная система экологической безопасности в южных регионах России, имеющих туристско-рекреационную специфику, что возводит проблему обеспечения экобезопасности в ранг национальных приоритетов [1]. Это особенно важно в отношении такого региона, как Республика Крым, где на ограниченном, но разнообразном в географическом отношении пространстве эффективное и рациональное распределение природных ресурсов, сбалансированное соотношение экологических возможностей с темпами развития экономики создадут оптимальные условия для реализации потенциала санаторно-курортного комплекса Крымского региона, а это, в свою очередь, будет являться залогом его политической и социально-экономической устойчивости.

В связи с этим важно среди многообразия взаимодействующих факторов, обуславливающих то или иное состояние окружающей среды и ее воздействие на человека, определить те из них, которые являются приоритетными для данного региона. С этой точки зрения особую актуальность в современных условиях химически загрязненной среды, что приводит к ее выраженной трансформации, приобретает базовый принцип биогеохимической гетерогенности биосферы, сформулированный В.И. Вернадским. Именно на его основе должны осуществляться управление многими производственными процессами и развитие социально-экономической сферы, что и будет означать переход от биосферы к ноосфере — научно обоснованному управлению. Ключевым моментом в учете биогеохимических особенностей региона является осознание значимости почвы, обуславливающей

особенности биогенной миграции элементов в биогеохимических пищевых цепях, замыкаемых в абсолютном большинстве случаев человеком, и регулирующей все биогеохимические циклы.

При этом одним из важнейших приоритетов национальной безопасности любого государства является состояние человеческого потенциала, который вместе с ресурсным потенциалом и обеспечивает реализацию любого из сценариев экономического развития. Чем более высоки темпы этого развития (от консервативного до инновационного и целевого или форсированного сценария), тем более высокие требования к человеческому потенциалу. В то же время практически во всем мире, и в том числе в Крымском регионе, несмотря на благоприятные природные условия, имеет место прогрессирующее ухудшение как состояния окружающей среды, так и качества здоровья населения [2].

Все это диктует необходимость взвешенного системного подхода к решению региональных медико-экологических задач, от которых зависит продуманность региональной политики не только в области охраны здоровья и окружающей среды, но и в целом в области социально-экономического устойчивого развития региона. В противном случае управленческие мероприятия в регионе и в целом его политика, как это сейчас главным образом и происходит, будут носить фрагментарный разрозненный характер, представляя собой набор несогласованных и неэффективных действий, не позволяющий решать главные проблемы регионального развития.

Реализация такого системного подхода является научно-практической задачей авторов этой статьи, которые в течение не одного десятка лет при весьма ограниченных организационных и финансовых возможностях последовательно продвигаются в этом направлении. Одним из начальных основополагающих принципов подобного рода исследований является сбор и анализ достоверной, а иногда просто доступной информации о состоянии здоровья и экологической ситуации в регионе. Ее анализу и реализации некоторых шагов в направлении внедрения изложенных выше базовых принципов медико-экологических исследований, служащих базой для регионального управления, посвящена настоящая статья.

## 1. Объекты и методы исследования

Поскольку важнейшим приоритетом экологической политики и экобезопасности является сохранение здоровья населения и благоприятной окружающей среды, главным инструментом управления в сфере обеспечения устойчивого регионального развития в настоящее время является оценка риска.

### Оценка риска для здоровья

Поскольку основным индикатором качества среды в медико-экологических исследованиях является здоровье человека — индивидуальное и популяционное, базовой задачей в оценке воздействия среды на здоровье является оценка риска здоровью, которая в соответствии с определением, данным в Методическом руководстве РФ [3], в научном отношении представляет собой последовательное, системное рассмотрение всех аспектов воздействия анализируемого фактора или комплекса факторов на здоровье человека, включая обоснование уровней воздействия.

Для оценки риска нарушения состояния здоровья, обусловленного воздействием потенциально вредного фактора окружающей среды, например химических загрязнений атмосферного воздуха, в последние годы применяются такие показатели, как прирост величины относительного риска или процентное изменение анализируемого показателя здоровья на условную единицу концентрации (например, на каждые 10 мкг/м<sup>3</sup>) [3]. Наряду с этим для оценки риска некоторых химических веществ используются математические зависимости, характеризующие связь «концентрация — ответ». Однако в этом случае учитывается и оценивается один возможный путь поступления в организм того или иного загрязнителя, в то время как физиологические механизмы адаптации, точнее, дезадаптации, к загрязненной среде диктуют необходимость оценки суммарного воздействия на организм комплекса экологических факторов и условий.

В этом случае на начальном этапе изучения состояния здоровья населения важную роль в его качественной оценке играет анализ популяционного здоровья по данным медицинской статистики. С этой целью нами проанализированы заболевания (суммарная обращаемость в органы здравоохранения, включающая и первично выявленные,

и повторные заболевания) населения Республики Крым как в целом, так и заболеваниями, которые считаются индикаторными (врожденные аномалии, новообразования) или экологически зависимыми (заболевания барьерных систем, через которые осуществляется поступление поллютантов в организм человека) за период с 1994 по 2015 г.

Помимо изучения временной динамики и пространственной неоднородности состояния здоровья населения нами был оценен относительный риск здоровью в городах и административных районах Крыма. Для этого использовали получивший в последнее время большое распространение подход к определению риска неблагоприятного события, который учитывает не только вероятность этого события, но и его возможные последствия для здоровья человека. Относительный риск (RR) позволяет рассчитать риск развития заболевания при воздействии определенного фактора (в нашем случае проживание в одном из городов или регионов Крыма, которые представляют собой определенный комплекс природных и техногенных факторов) по сравнению с отсутствием данного фактора [4]. В качестве последнего рассматривали среднюю болезненность на 100 000 населения по данному виду заболевания по всей Республике Крым:

$$RR = \frac{\text{Болезненность для региона}}{\text{Болезненность по РК}}$$

Если  $RR = 1$ , то разницы в уровне болезненности нет и проживание в регионе не влияет на исследуемых показатель.

Если  $RR < 1$ , то риск болезненности для населения, проживающего в регионе, меньше.

Если  $RR > 1$ , то у населения, проживающего в регионе, повышенный риск развития болезненности по исследуемому признаку.

С целью определения сходных по степени риска и нозологическому профилю населенных пунктов применяли кластерный анализ данных.

Следует отметить, что для обоснования уровней воздействия необходимы исследования риска индивидуальному здоровью, базирующиеся на сопряжении данных биологического (содержание загрязнителей в биоматериалах организма человека) и физиологического мониторинга (данные о функциональном состоянии систем-мишеней для воз-

действия поллютантов). Частично это вопросы затрагивались нами ранее [5]. Они позволяют прежде всего решать задачи оценки риска экологического нормирования на конкретных территориях путем локальных мониторинговых исследований [6, 7] и не являются предметом рассмотрения в данной статье.

### Оценка риска для экосистем

Риск развития неблагоприятных эффектов воздействия на экосистемы в настоящее время оценивают посредством сравнения фактических нагрузок с критическими, которые являются экосистемным показателем, учитывающим природную устойчивость экосистем. Ранее нами были выполнены аналогичные исследования в отношении тяжелых металлов [8]. Поскольку в данной статье нас интересовало возможное сопряжение медицинских и экологических данных в отношении такого приоритетного вида загрязнения, как загрязнение атмосферы, а приоритетными атмосферными загрязнителями являются кислотообразующие соединения, одной из задач настоящего исследования явился расчет величин критических нагрузок в отношении нейтрализации кислотной составляющей атмосферных выпадений как количественной оценки потенциала экосистем. Основным компонентом атмосферных выпадений, вносящим наибольший вклад в суммарную кислотность осадков, вносят окислы серы, для которых рассчитывают критическую нагрузку максимальной серы ( $KH(S)_{max}$ ). Другим компонентом являются окислы азота, вклад которых в общую кислотность влияет на величину допустимой нагрузки для серы. Определение КН для соединений азота важно и для решения проблемы нарушения баланса азота в естественных и полустественных экосистемах во всем мире и в особенности в Центральной и Западной Европе, характеризующейся высоким атмосферным выпадением этого элемента [9].

Величина КН зависит от баланса химически активных протонов и катионов в природных системах, поэтому базовый алгоритм расчета величин  $KH(S)$  выглядит следующим образом:

$$KH(S)_{max} = BC_{dep} + BC_w - Cl_{dep} - BC_{upt} - ANC_{le(crit)}$$

где  $KH(S)_{max}$  — максимальные критические нагрузки серы;

$BC_{dep}$  — поступление в экосистему основных катионов ( $Ca + Mg + K + Na$ ), г-экв/га/год;

$BC_w$  — внутрипочвенное выветривание основных катионов;

$Cl_{dep}$  — поступление анионов  $Cl$  с атмосферными выпадениями;

$BC_{upt}$  — поглощение основных катионов растительной биомассой, г-экв/га/год;

$ANC_{le(crit)}$  — критическое вымывание щелочности, или выщелачивание кислотонейтрализующей способности, которое определяли следующим образом:

$$ANC_{le(crit)} = -Q([H]_{crit} + K_{gibb}[H]^3_{crit}),$$

где  $Q$  — средний годовой объем влаги, просачивающейся через верхний почвенный слой осадков,  $m^3/га/год$ ;

$[H]_{crit}$  — критическая концентрация протонов ( $= 0,1$  экв.  $m^{-3}$ , что соответствует  $pH$  4,0);

$K_{gibb}$  — гиббситовый коэффициент,  $m^6/г-экв^2$  ( $= 300$ ) (UBA 1996).

При этом критическую нагрузку для кислотности  $KH(A)$  определяли как разность  $BC_w - ANC_{le(crit)}$ .

Для соединений азота рассчитывали несколько видов критических нагрузок: минимальную нагрузку ( $KH(N)_{min}$ ), максимальную нагрузку ( $KH(N)_{max}$ ), нагрузку по питательному азоту ( $N_{nut}$ ). Они характеризуют наименьший уровень поступления азота, обеспечивающий сохранение продуктивности рассматриваемых экосистем, максимальный уровень поступления окислов азота, при котором не происходит падения уровня кислотности ниже критического уровня при сохраненном для биоты питательном режиме почв; поступление азота в количестве, не вызывающем его избытка в экосистемах (эвтрофирование) соответственно.

$$KH(N)_{min} = N_u + N_i$$

$$KH(N)_{max} = KH(N)_{min} + KH(S)_{max} / (1 - f_{de});$$

$$KH_{nut}(N) = N_i + N_u + \frac{N_{le(acc)}}{1 - f_{de}},$$

где  $N_u$  — поглощение азота растениями;

$N_i$  — долгосрочная иммобилизация почвенного азота, г-экв/га/год;

$f_{de}$  (denitrification fraction) — доля денитрификации как функция дренажа почвы — величина, свя-

званная с типом почвы и принимаемая равной 0,1 для почв легкого гранулометрического состава без процессов оглеения, 0,5 — для песчаных оглееных почв, 0,7 — для почв тяжелого гранулометрического состава, 0,8 — для торфяных;

$N_{le(acc)}$  — допустимое выщелачивание азота.

На основе данных о почвах и землепользовании с учетом таких показателей, как температура, количество осадков, выпадения основных катионов и др. иммобилизация азота составляла 71,4 г-экв/га/год. При содержании глины 10,5%  $f_{de}$  принимался равным 0,1, а при содержании глины 32,5% — 0,7 г-экв/га/год. При этом критические концентрации азота для хвойных, смешанных и лиственных лесов составили 0,0143, 0,02095 и 0,0276 г-экв. м<sup>-3</sup> соответственно.

Для оценки экологического риска от действия окислов азота и серы были определены превышения критических нагрузок в двух из используемых ранее [6] ячеек сетки 5 × 5 км, для которой были рассчитаны КН для экосистемы лес. Это экспериментальные площадки в Крымском природном заповеднике и Никитском ботаническом саду.

Оценивание превышений производилось на основе официальных данных Управления по гидрометеорологии и мониторингу среды Республики Крым о среднегодовом количестве осадков и содержании в них нитратов, сульфатов и аммония за 2015 г.

Кроме этого, для общей оценки ситуации проводили полевые исследования состава почв в восточном, центральном, южном, северном и западном регионах Крыма, а также оценивали содержание состава сульфатов, нитратов и аммония в почвах по данным Министерства экологии и природных ресурсов.

## 2. Результаты

### Приоритеты экобезопасности в Крымском регионе

Важнейшим приоритетом общегосударственной экобезопасности является сохранение здоровья населения в условиях глобальной антропогенной трансформации окружающей среды. Поэтому в числе необходимых механизмов общегосударственной политики, направленных на обеспечение экологической безопасности регионов, в связи с вышеизложенным следует считать: биогеохимическое

районирование территорий Крымского полуострова по степени экологической безопасности, основанное как на традиционных показателях, используемых в отечественной и международной практике (ПДК, превышения критических нагрузок, демографические показатели, данные медицинской статистики и пр.), так и показателях обобщенной оценки экологического риска для здоровья и степени его обусловленности действием экологических факторов (коэффициенты дисбаланса, коэффициенты детерминации, показатели адаптированности популяций [10, 11]; разработку на их основе системы оценочных критериев экологической безопасности; создание интегрированных банков экологических и медицинских данных, математических моделей для прогноза изменения состояния здоровья населения при определенных сценариях развития экологической ситуации, а также комплекса реабилитационных и рекреационных мероприятий, рекомендуемых в соответствии со степенью и спецификой экологической опасности.

В предыдущих публикациях приводились общая схема и результаты отдельных фрагментов реализации такого комплексного подхода в Крымском регионе, который заключался в осуществлении медико-экологических мониторинговых исследований разного уровня: регионального, субрегионального и локального, решающих разные научно-практические задачи [6].

Помимо специфических рисков инфекционной заболеваемости (например, сибирская язва, лептоспироз, туляремия), обусловленной действием тех или иных биологических факторов среды в Крыму, главной проблемой для здоровья населения любого региона является рост неинфекционной заболеваемости, имеющей полифакториальную природу.

Медицинский мониторинг, направленный на отслеживание динамики заболеваемости населения Республики Крым, позволил оценить общую картину состояния здоровья его населения за период с 1994 по 2015 г., выявить основные тенденции, временную и пространственную неоднородность.

Данные по общей заболеваемости населения Республики Крым показали за все последние 20 лет постепенный рост (рис. 1).

Среди различных видов болезней наибольший интерес с точки зрения влияния внешней среды

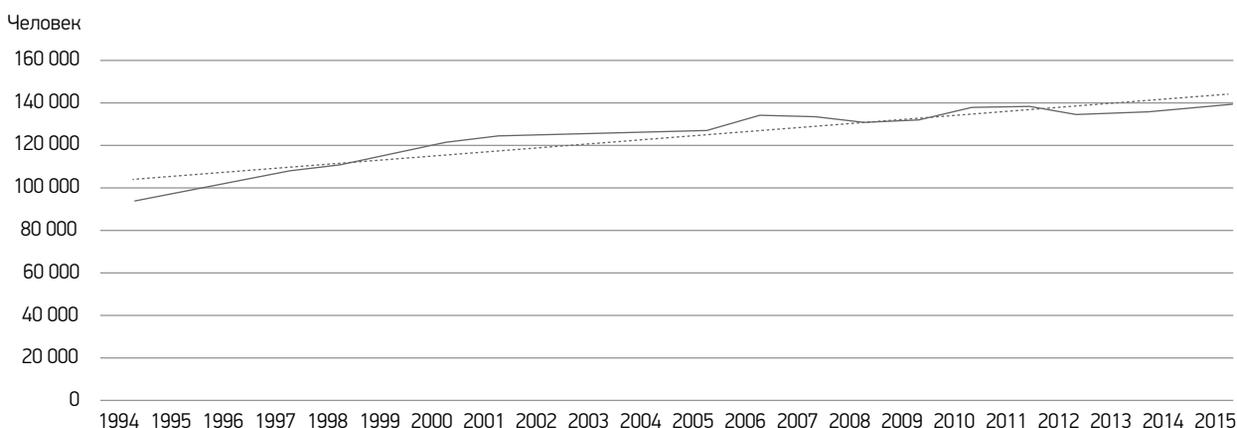


Рис. 1. Динамика общей болезненности населения Республики Крым за 1994—2015 гг.

на состояние здоровья представляют так называемые индикаторные, экологически зависимые и экологически обусловленные заболевания [12]. Ниже представлены графические данные для некоторых из них на территории Республики Крым. Так, к числу наиболее экологически зависимых нарушений относятся врожденные аномалии, которые возникают в результате суммарного действия химических веществ, обладающих мутагенными свойствами и поступающих в организм всеми возможными путями: с атмосферным воздухом, пищей, водой. Все приведенные ниже графики свидетельствуют о постоянном росте этого вида патологии во всех городах и населенных пунктах Республики Крым, за исключением некоторых флуктуаций в отдельные годы (рис. 2).

Аналогичная картина имеет место в отношении и других экологически обусловленных или зависимых заболеваний (онкология, эндокринная система и т.д.), фактором риска развития которых может служить суммарное поступление в организм химических загрязнителей окружающей среды по всем возможным путям (рис. 3).

К числу экологически зависимых заболеваний относятся заболевания так называемых барьерных систем, через которые происходит поступление загрязнителей в организм. К их числу относится дыхательная система, заболевания которой развиваются прежде всего вследствие загрязнения атмосферного воздуха, в особенности те из них, которые возник-

ают в результате раздражающего действия атмосферных загрязнителей и аллергизации организма (рис. 4). В отношении этой системы также отмечается в целом незначительный рост, однако имеет место некоторое снижение болезненности за последние 5 лет, что соответствует в целом флуктуациям выбросов в атмосферу [13].

Сходная динамика имеет место и в отношении такого заболевания верхних дыхательных путей, как аллергический ринит.

Как было отмечено ранее [7], в качестве следующего шага при анализе медицинских данных с точки зрения влияния среды на качество здоровья может быть полезен кластерный анализ, который позволит произвести типизацию территорий по профилю заболеваемости с целью дальнейшего поиска возможных общих факторов, обуславливающих данное заболевание на конкретной территории. Его результаты свидетельствуют, что имеется определенное сходство между собой и существенное отличие от всех других городов и административных районов города Симферополя и Сакского района.

Обращает внимание принципиальное сходство полученных результатов, что является понятным, поскольку заболеваемость дыхательной системы — весьма распространенный вид патологии (рис. 5).

В то же время кластеризация территорий по заболеваниям отдельных органов (рис. 6) дыхательной системы обнаруживает существенные отличия.

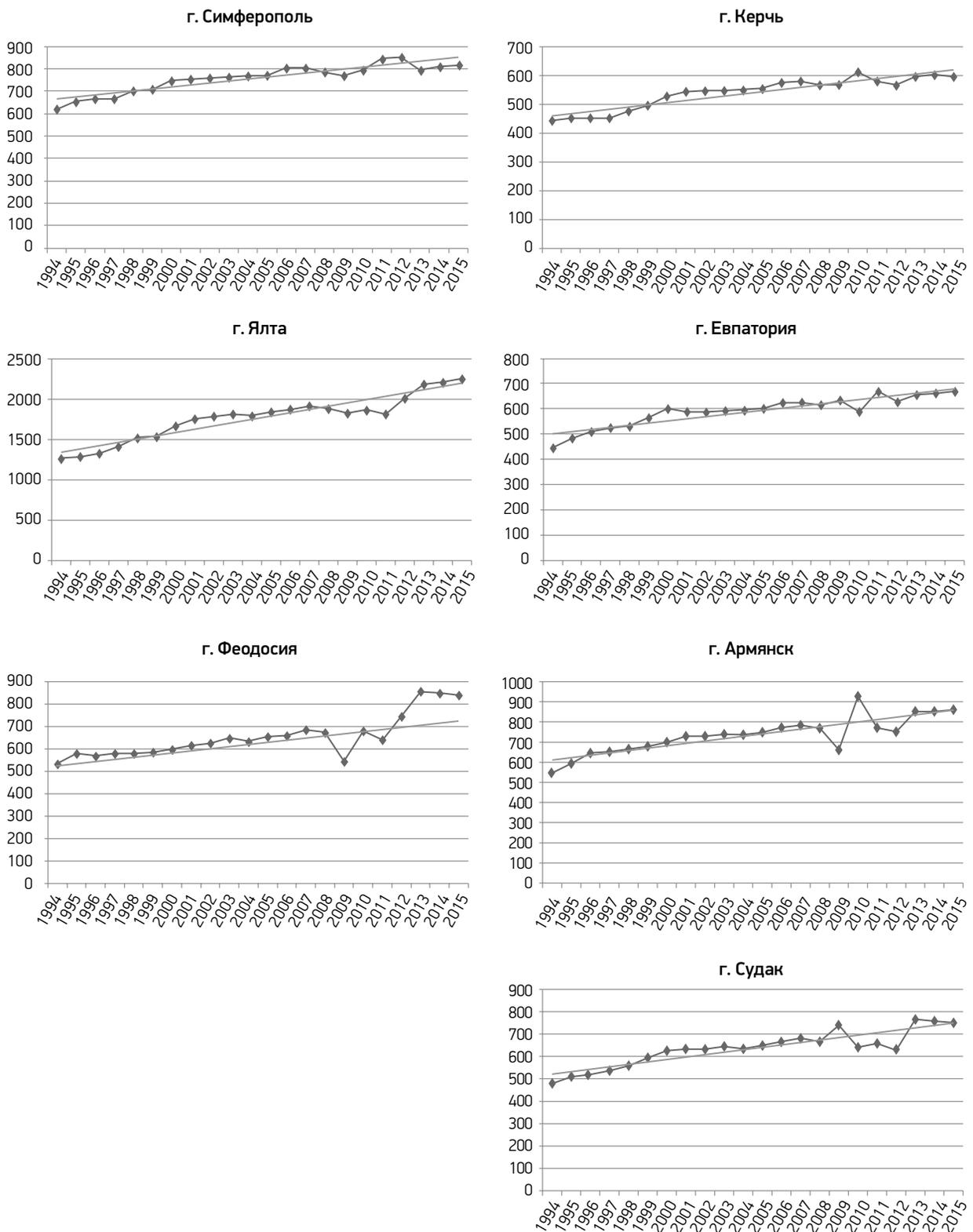


Рис. 2. Динамика врожденных аномалий у населения в городах Республики Крым

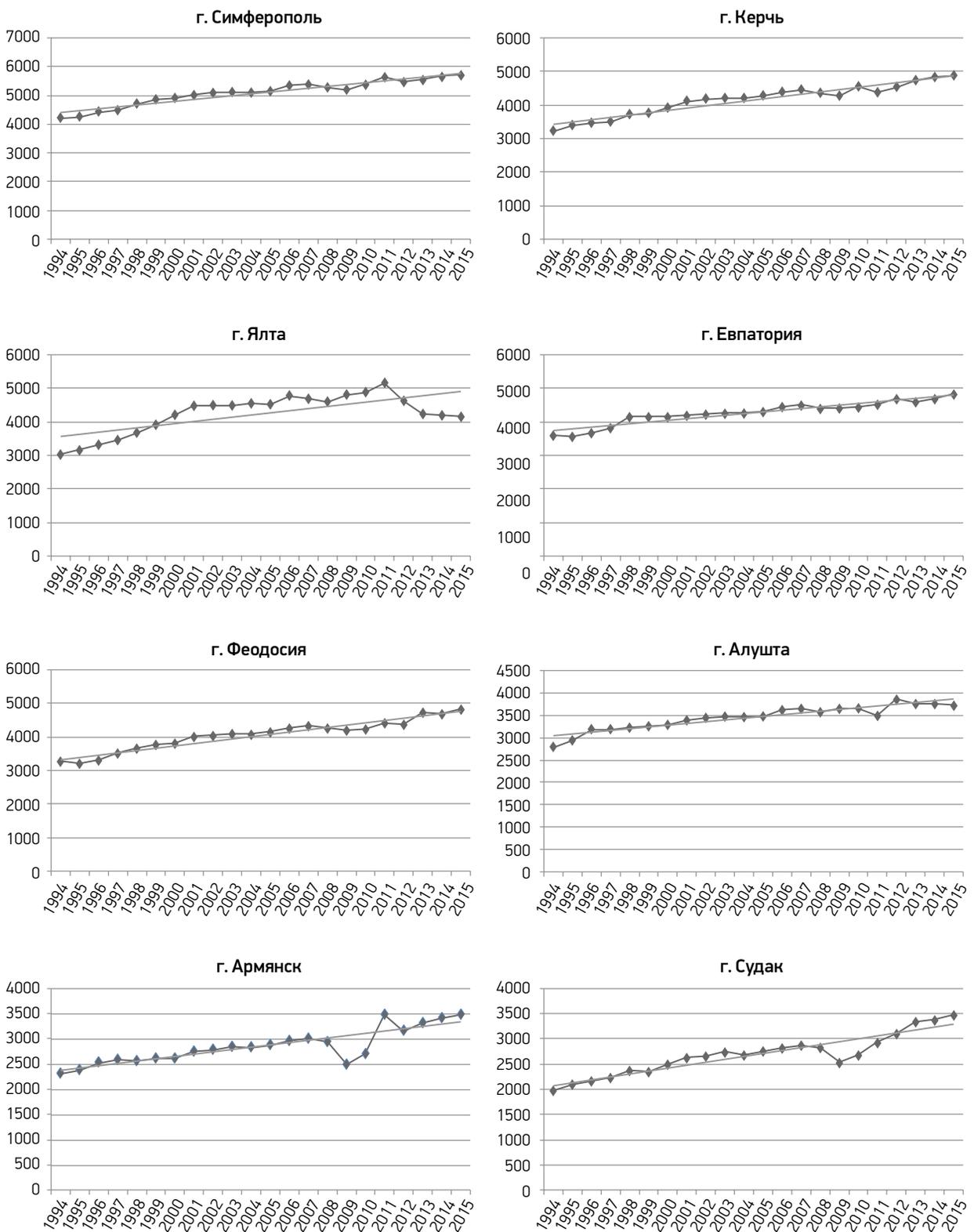


Рис. 3. Динамика новообразований у населения в городах Крыма

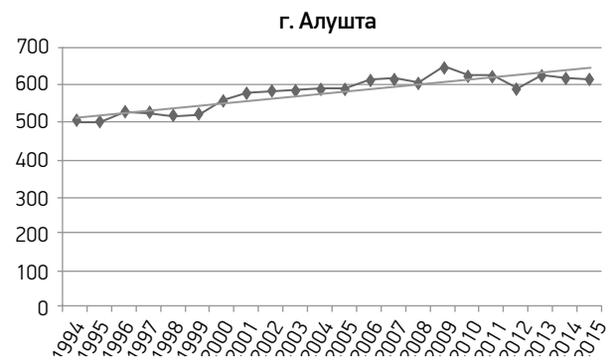
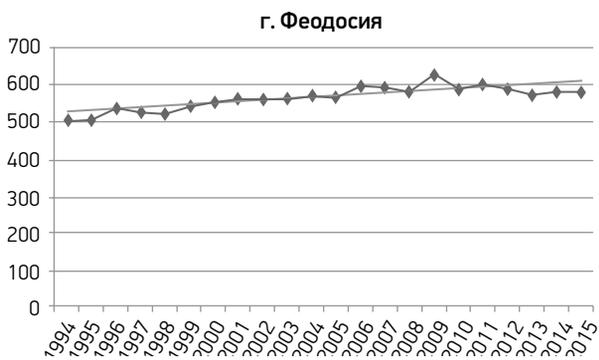
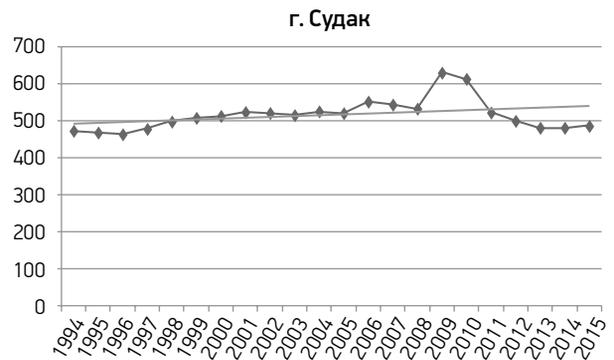
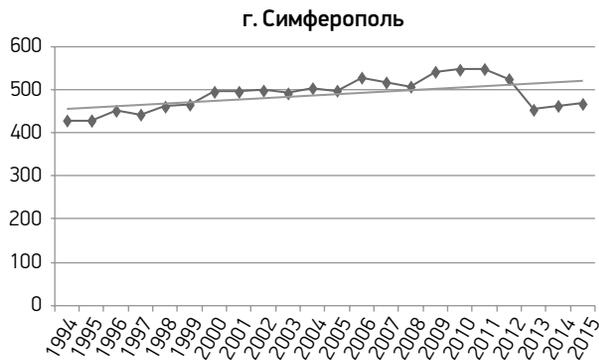
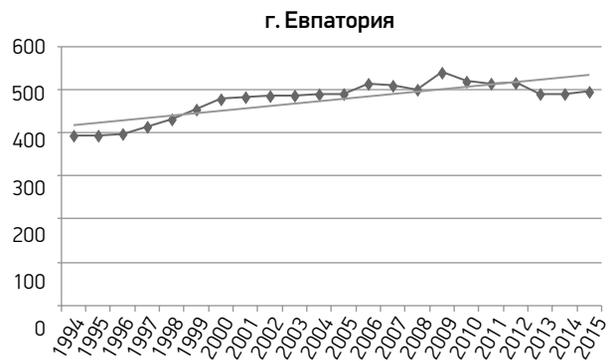
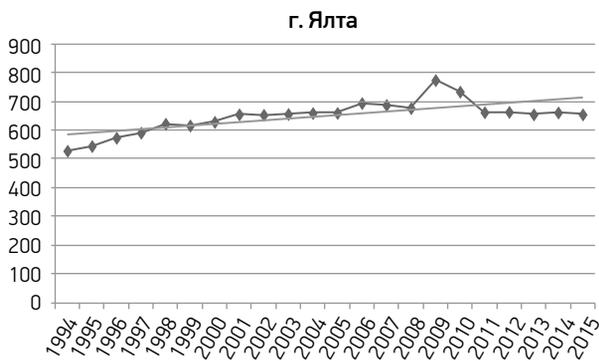
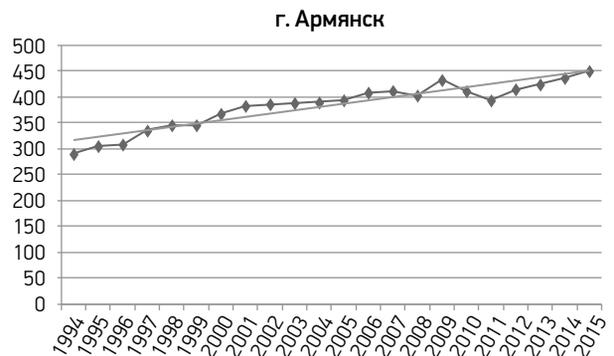
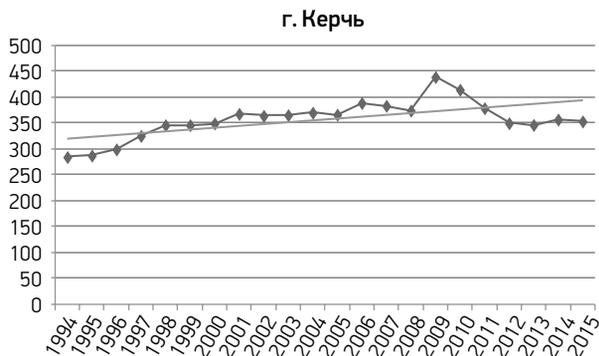


Рис. 4. Динамика заболеваемости населения астмой в различных городах Республики Крым

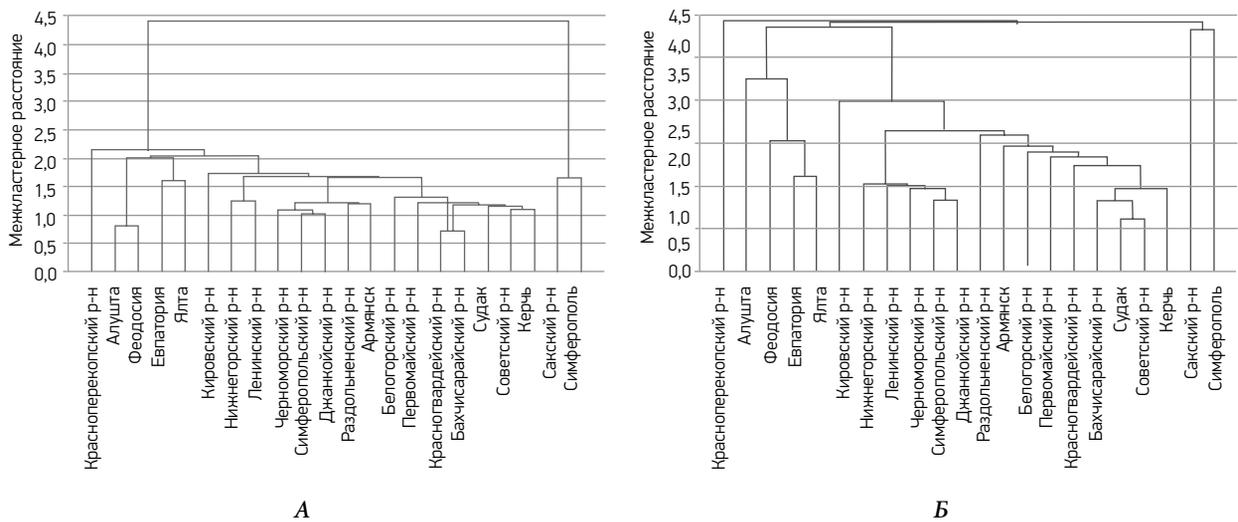


Рис. 5. Результаты кластерного анализа общей болезненности (А) и болезненности дыхательной системы (Б) населения Республики Крым за период 1994—2015 гг.

Однако кластерный анализ дает представление о некоторой качественной в плане состояния здоровья населения гетерогенности территорий, но не предоставляет возможности хотя бы с какой-то степенью определенности говорить о ее причинах.

Оценка риска на различных территориях позволяет сориентироваться в некоторых количественных оценках здоровья. Она показала, что

в целом риск для здоровья выше в городах Крыма, чем в сельской местности, однако и при этом виде анализа обращает на себя внимание Сакский район (рис. 7). Тем не менее и в остальных регионах степень риска может существенно различаться, что требует углубленного анализа с учетом специфики территории, в том числе биогеохимической.

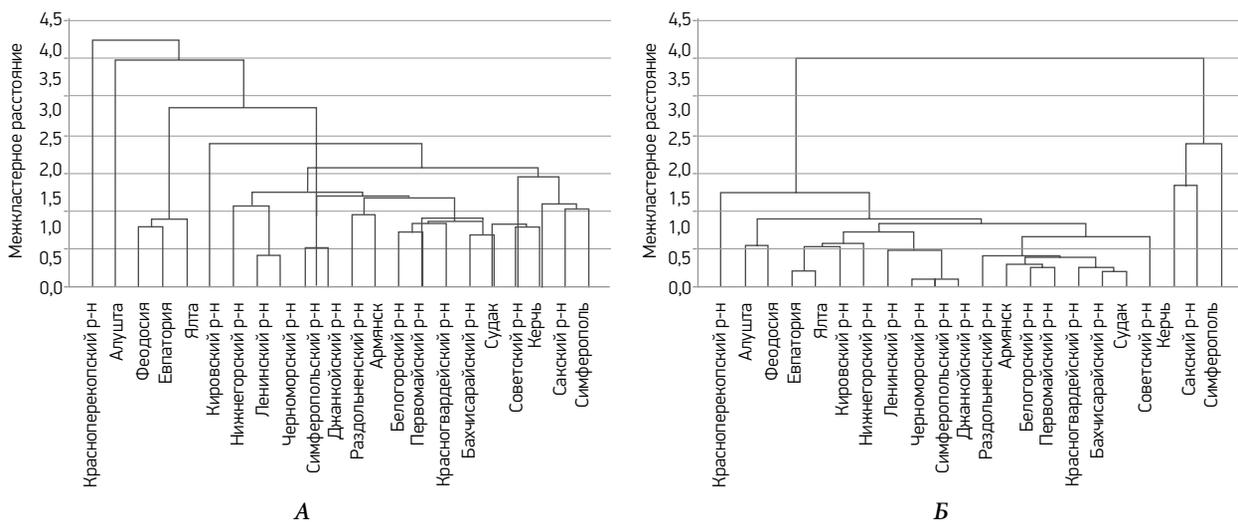


Рис. 6. Результаты кластерного анализа по заболеваемости отдельных органов дыхательной системы

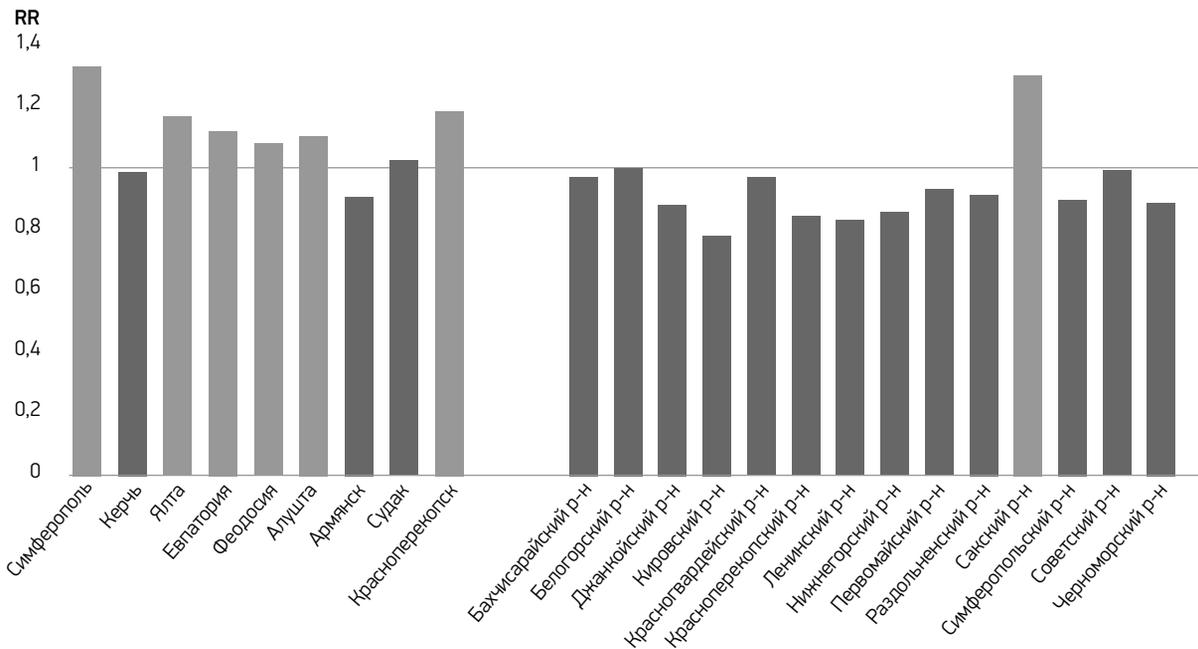


Рис. 7. Относительный риск общей болезненности в городах и административных районах Республики Крым за период 1994—2015 гг.

В целом неблагоприятные тенденции в изменении состояния здоровья требуют поиска конкретных факторов, имеющих наиболее значительный вес в его обусловливании на разных территориях Крымского полуострова. Проще всего начать такой анализ с оценки влияния на здоровье атмосферного загрязнения. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по данным Управления гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Крым показал, что превышение ПДК практически всеми регистрируемыми загрязнителями атмосферы в 2015 г. имело место в г. Армянске. При этом превышение ПДК отдельными загрязнителями имело место в Красноперекопске (диоксид азота) и Ялте (пыль) (рис. 8).

Определение же относительных рисков болезненности дыхательной системы по городам и районам Республики Крым (рис. 9) показало как некоторые общие и понятные закономерности для болезненности в целом, так и специфические особенности региональной неоднородности риска отдельных заболеваний дыхательной системы. Так, в целом можно отметить, что риск заболеваний дыхательной системы выше в городах, чем в сельской

местности (см. рис. 9). При этом он наиболее высок в таких городах, как Симферополь, Ялта, Армянск, Красноперекопск, Судак и Феодосия, где представлены промышленные предприятия или имеются насыщенный трафик и загрязнение атмосферы автотранспортом. Однако обращает внимание некоторое содержательное противоречие с официальными данными о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе этих городов, которые приведены выше. В соответствии с ними только Армянск характеризуется значительным превышением всех загрязняющих веществ, в то время как уровень общей заболеваемости дыхательной системы и риск развития ее заболеваний находится практически на том же уровне, что и в Симферополе, где, по данным Управления по гидрометеорологии и мониторингу среды Республики Крым, не имеется или практически не имеется превышений.

В то же время несколько иная картина наблюдается для отдельных заболеваний органов дыхания. Так, риск развития заболеваний верхних дыхательных путей (аллергический ринит), вероятно, прежде всего по причине раздражающего действия вдыхаемых поллютантов, выше в Симферополе и Ялте,

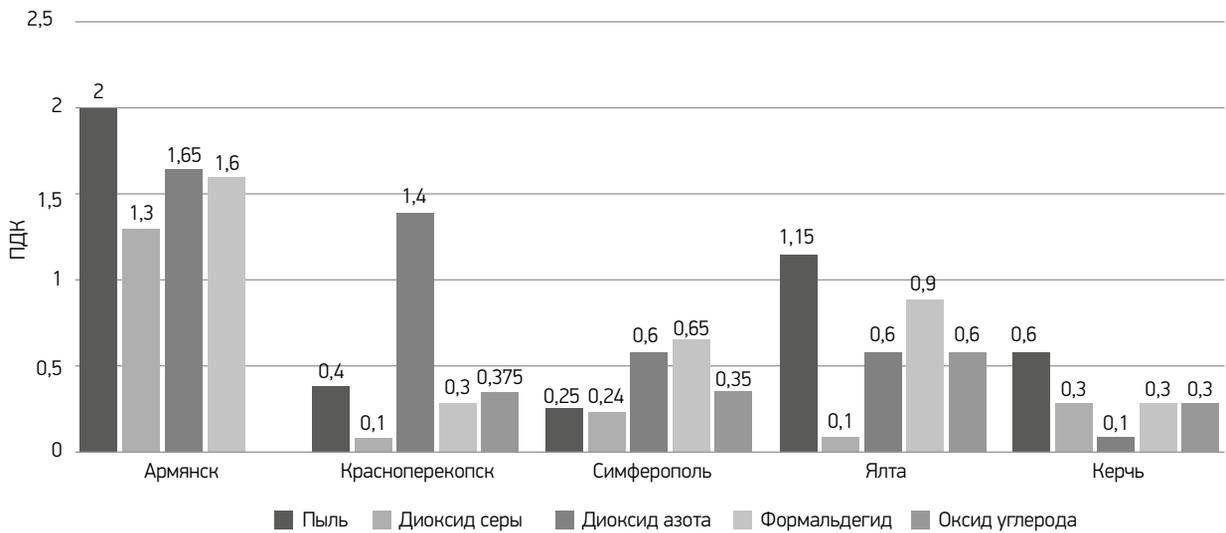


Рис. 8. Уровень загрязняющих веществ в атмосфере городов Республики Крым по отношению к предельно допустимым концентрациям

где интенсивное транспортное движение, а также в Армянске и Судаке. Такой же, как в Судаке, риск возникновения этого заболевания в Белогорском районе за счет прежде всего заболеваемости в г. Белогорске, который является местом пересечения до-

рог, соединяющих южнобережье и Симферополь с северо-восточной частью Крыма.

Что касается такого экологически зависимого заболевания, как бронхиальная астма, то несколько неожиданным, на первый взгляд, является сравни-

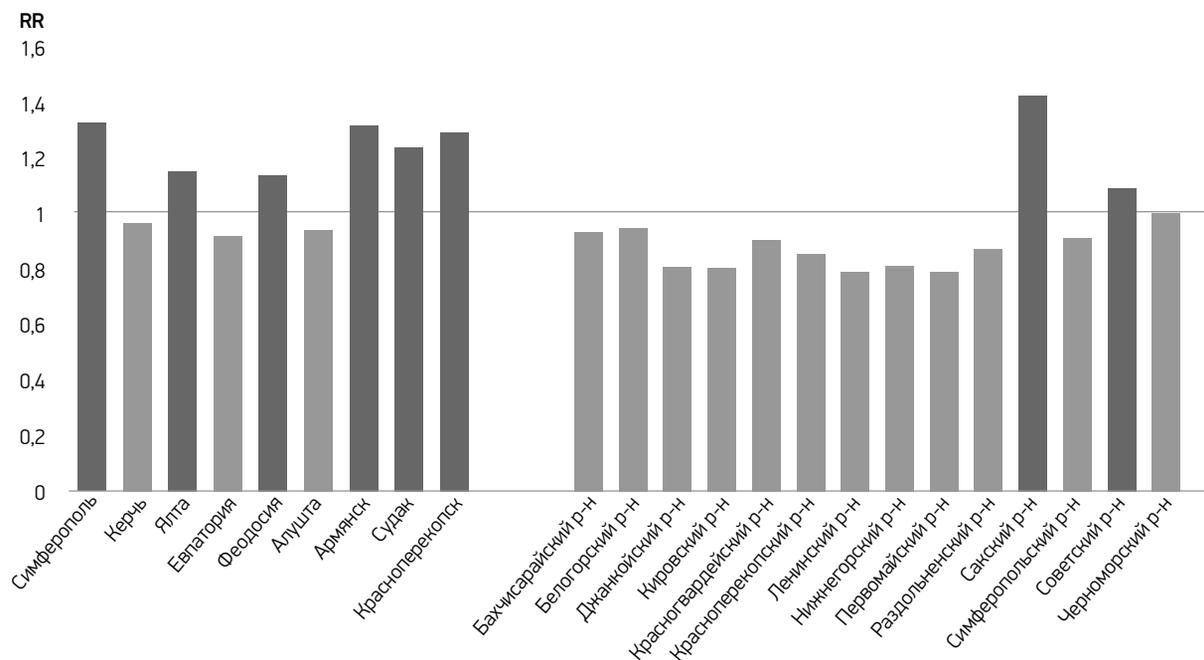


Рис. 9. Относительный риск развития болезней дыхательной системы

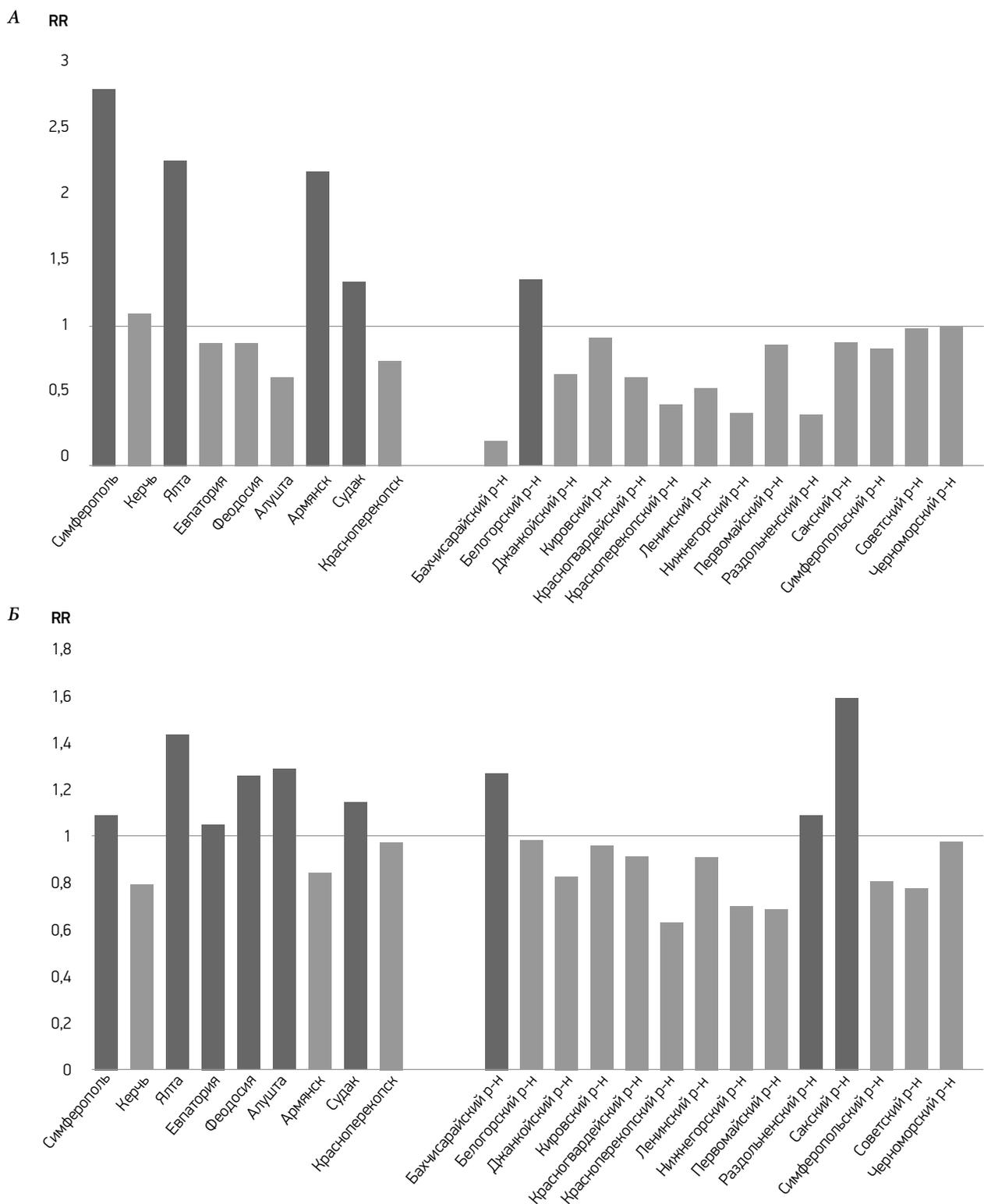


Рис. 10. Относительный риск развития аллергического ринита (А) и бронхиальной астмы (Б) в городах и административных районах Республики Крым

тельно низкий риск в промышленных городах Армянске и Красноперекопске, в то время как во всех остальных городах, за исключением Керчи, и даже трех районах (Сакский, Бахчисарайский и Раздольненский) этот риск выше единицы (рис. 10). Обращает внимание, что два последние являются типично сельскохозяйственными, в связи с чем вероятным фактором риска развития этого заболевания может служить более основательная алергизация организма не только и не столько вследствие поступления поллютантов через дыхательную систему, но и с пищей, содержащей остаточные количества агрохимикатов.

Таким образом, результаты оценки риска для здоровья дают больше оснований для осознания проблемы, чем оценка экологической ситуации посредством использования традиционных ведомственных подходов и гигиенических нормативов атмосферного загрязнения. В связи с этим следует вернуться к критическим замечаниям в отношении ограниченной информативности и недостаточной объективности такой оценки экологической ситуации, что в современных условиях не отвечает принципам экологического нормирования [6].

По этой причине экологический мониторинг на территории республики за последние десятилетия помимо традиционных мероприятий включал проведение научных исследований по расчету экологических нормативов (критических нагрузок — КН) в соответствии с методиками европейской Конвенции о трансграничных переносах атмосферных загрязнителей для тяжелых металлов [8]. В контексте данной работы были рассчитаны КН для окислов азота и серы для лесных экосистем (рис. 11), а также оценена фактическая нагрузка этими загрязнителями на фоновые экспериментальные площадки Крымского природного заповедника. Результаты этой работы показали, что допустимые критические нагрузки для окислов азота и серы для лесных экосистем Крыма составили:  $KH(S)_{max}$ : 700—1000, 1001—1500 и  $> 1500$  г-экв/га/год;  $KH(N)_{min}$ :  $< 400$ , 400—500,  $> 500$  г-экв/га/год;  $KH(N)_{max}$ :  $< 2000$ , 2000—4000,  $> 4000$  г-экв/га/год;  $KH_{nut}(N)$ :  $< 400$ , 400—500,  $> 500$  г-экв/га/год.

Количество осадков на этой территории за 2015 г. составило в среднем 600 мм, а концентра-

ция в них сульфатов, нитратов и аммония 2,58 мг/л, 1,45 мг/л, 0,12 мг/л соответственно.

При учете только влажных осадков произведенные расчеты показали, что фактическое выпадение сульфатов с влажными осадками составило:  $2,58 \text{ мг/л} \times 8\,000\,000 \text{ л/га} = 20\,640\,000 \text{ мг}$ , или 20 640 г/га, или 645 г-экв/га/год, или 15 480 г/га, или 483,75 г-экв/га/год серы; нитраты:  $1,45 \text{ мг/л} \times 6\,000\,000 \text{ л/га} = 8700 \text{ г/л}$ , или 621,4 г-экв/га/год азота, а также с аммонием:  $0,12 \text{ мг/л} \times 6\,000\,000 \text{ л/га} = 720 \text{ г/л}$ , или 51,4 г-экв/га/год азота.

Таким образом, суммарные выпадения азота на экосистему лес на данной территории составили 672,8 г-экв/га/год, а серы 483,75 г-экв/га/год.

Сравнение фактической нагрузки с допустимой показывает, что в таком относительно чистом локусе, однако располагающемся в географической близости к г. Ялте, минимальная допустимая нагрузка азота колеблется в пределах 400—500 г-экв/га/год азота и ее можно считать превышенной в данной ячейке сетки, хотя максимальная нагрузка таковой не является. В отношении серы можно считать, что превышений не обнаружено. Эти данные в целом сопоставимы с оценками посредством ПДК, приведенными выше, которые свидетельствуют о низком в сравнении с ПДК (0,1) содержании окислов серы и окислов азота (0,6) в воздухе г. Ялты. Однако следует иметь в виду, что эти данные не учитывают общую нагрузку окислами азота и серы, а количество осадков, как правило, невелико в Крымском регионе. Поэтому реальная суммарная нагрузка окислами может быть существенно выше как для экосистемы лес, так и для урбоэкосистемы и здоровья человека, о чем косвенно, но определенно свидетельствуют данные оценки риска заболеваемости дыхательной системы.

В пользу этого свидетельствует также и содержание нитратов, сульфатов и аммония в почвах некоторых из исследованных территорий (таблица).

Так или иначе необходимы системный анализ данных, позволяющих комплексно оценить медицинские и экологические данные, свидетельствующие о каком-либо неблагополучии в отношении здоровья, и определение факторов, увеличивающих риск конкретных заболеваний, прежде всего тех из них, для которых уже установлена и понятна эколо-

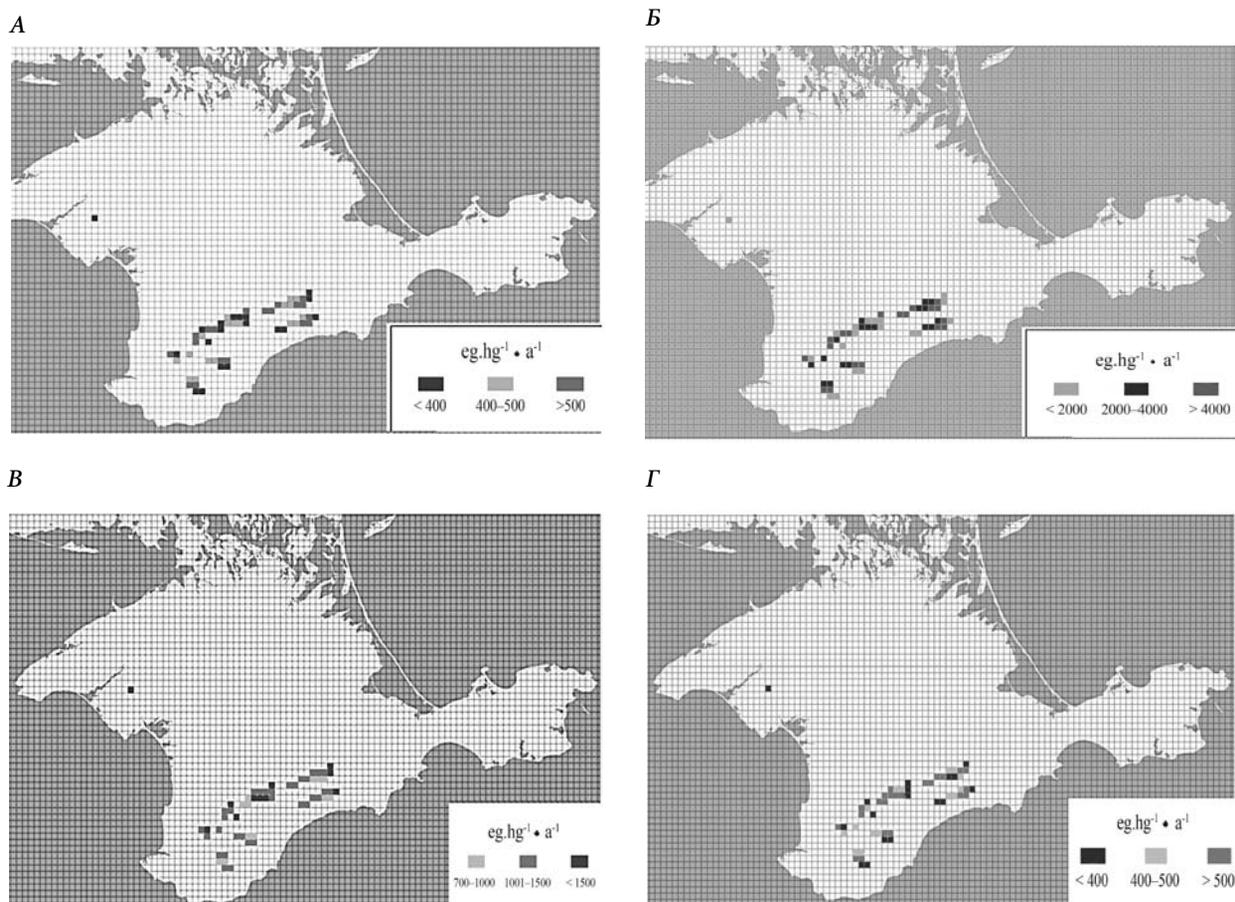


Рис. 11. Критические нагрузки окислов азота и серы: минимальные азота (А), максимальные азота (Б), серы (В) и питательного азота (Г)

гическая зависимость или обусловленность. Только в этом случае возможны обоснованные и результативные действия, направленные на снижение риска и управление им.

В этом плане наиболее сложная часть медико-экологических исследований и определения приоритетов экологической опасности для здоровья на той или иной территории заключается в интеграции медико-экологических данных, особенно эколого-физиологических данных, позволяющих не только качественно оценить степень благополучия/неблагополучия территории, но и определить размеры допустимого загрязнения внутренней среды организма без существенных необратимых последствий для его здоровья и качества адаптации к среде обитания. Если последнее более важно для экологического нормирования воздействия на че-

ловека и практической медицины, особенно в части экологической реабилитации человека, то первое имеет значение как перспективный ориентир для управленческой практики.

Все это даст возможность с ясным пониманием возможных последствий для окружающей среды и здоровья населения планировать социально-экономические мероприятия в регионе, а следовательно, обеспечит научно обоснованное управление устойчивым развитием регионов, а их реализация на территории Республики Крым позволит достигнуть максимально возможных медицинских, социальных и экономических эффектов развития Крымского региона, а также выработать и рекомендовать уникальный опыт экологизации региональной социально-экономической политики, который может быть использован и в других регионах Рос-

## Содержание окислов азота и серы, аммония в почвах Крымского полуострова (2008)

Таблица

Районы	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/кг	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг
Земли сельхоз. угодий				
Сакский район, с. Крымское, ОАО «Племзавод Крымский»	Фоновое содержание			
	7,25	—	—	4,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
	7,94 ± 0,12	260,87 ± 174,76	177,2 ± 62,76*	5,65 ± 1,1
Земли заповедного фонда				
Крымский природный заповедник	7,33 ± 0,65	< 240,0	64,22 ± 26,03	2,9 ± 0,65
Земли населенных пунктов				
Сакский район, пгт. Михайловка	Фоновое содержание			
	7,48	—	—	1,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
	7,66	< 240, 0	482,9 *	15,8
	Среднее фактическое значение ± SD			
7,76 ± 0,8	—	634,8 ± 337,52*	53,8 ± 13,83	
г. Симферополь, с. Фонтаны	Фоновое содержание			
	8,31	—	—	4,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
	8,01	768,0	351,7*	44,5
Красногвардейский р-н, с. Некрасово	Фоновое содержание			
	7,65	—	—	1,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
	8,01	191,5	112,4	12,9
г. Саки	Фоновое содержание			
	7,25	—	—	2,4
	Среднее фактическое значение ± SD			
	6,77	239,0	170,0*	5,5
Симферопольский р-н, АООО «Южная Холдинг»	Фоновое содержание			
	7,72	—	—	3,8
	Среднее фактическое значение ± SD			
	7,02 ± 0,5	321,25 ± 192,98	402,39 ± 66,32*	10,6 ± 12,94
г. Красноперекопск, КОАО «БРПМ»	Фоновое содержание			
	6,87	—	—	—
	Среднее фактическое значение ± SD			
	6,1	—	385,9*	—

\* Превышение ПДК.

сийской Федерации. Территориальная ограниченность Крымского полуострова в сочетании с высоким природным и техногенным разнообразием, рекреационной ценностью делает его особенно перспективным для разработки унифицированных подходов к изучению разнообразных аспектов этой проблемы и ее практическому решению.

Учитывая, что предпочитаемые сценарии экономического развития России предполагают превращение инновационных факторов в ведущий источник экономического роста, в рамках ведущихся исследований предполагается реализация инновационных подходов, заключающаяся в переходе от выявления территорий с наиболее неблагоприятными тенденциями в состоянии здоровья к оценке степени его экологической обусловленности, определения приоритетных факторов и уменьшения степени их влияния как путем реабилитационных мероприятий, так и посредством превентивных управленческих решений в сфере социально-экономического развития.

**Благодарности.** Научные результаты получены в том числе в ходе реализации программы академической мобильности на базе Южного федерального университета, ЦКП «Современная микроскопия» в рамках Сети академической мобильности «Развитие научных исследований в области экспериментальной медицины — РНИЭМ».

## Литература

1. Пугиева Т.Н. Экологическая безопасность в системе национальных приоритетов современной России. Дис ... канд. полит. наук. Ставрополь, 2008. 198 с.
2. Атлас «Состояние здоровья населения Автономной Республики Крым» / Евстафьева Е.В., Капенко С.А., Подвигин Ю.Н., Ефимов С.А., Хайтович А.Б., Лагодина С.Е., Михайлова Т.П., Гурьева В.Н. // Комитет по науке и региональному развитию при СМ АРК: Симферополь, 2001. 86 с.
3. Рахманин Ю.А. и др. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
4. Бельская Е.Н., Бразговка О.В., Судак Е.В. Методика расчета экологических рисков // Современные проблемы науки и образования. № 6. 2014.
5. Евстафьева Е.В. Оценка экологического риска для здоровья на территории Республики Крым // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 5. С. 30—36.
6. Евстафьева Е.В. Методологические основы и методологические подходы к экологическому нормированию техногенного воздействия на организм человека // Таврический медико-биологический вестник. 2001. Т. 4. № 4. С. 7—11.
7. Башкин В.Н. Биогеохимия полярных экосистем в зонах влияния газовой промышленности. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014.
8. Евстафьева Е.В. и др. Подходы к оценке риска от действия тяжелых металлов на наземные экосистемы на территории Республики Крым / Нараев Г.П., Сологуб Н.А., Карпенко С.А. // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. № 5. С. 6—15.
9. Руководство по методологиям и критериям моделирования и картирования критических нагрузок и уровней, влияния атмосферных загрязнений, а также рисков и трендов: Конвенция ЭКЕ ООН по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния. 2004. 307 с.
10. Евстафьева О.В., Залата О.О., Евстафьева І.А. Спосіб оцінки впливу біоелементів на функціональний стан центральної нервової системи // Патент на корисну модель № 64809 У опубл. 25.11.2011 р. Бюл. 22. 2011.
11. Евстафьева О.В., Залата О.О., Евстафьева І.А., Щьоголева М.Г. Спосіб оцінки впливу елементного дисбалансу на функціональні розлади нервової системи // Патент на корисну модель № 64810. Україна. МПК А61В5/103, А61В5/00 Опубл. 25.11.2011 р. Бюл. 22. 2011.
12. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека (Печальный опыт России). Новосибирск: СО РАМН, 2002. 230 с.
13. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2014 году. Симферополь: ДИАЙПИ, 2015. 184 с.

## Сведения об авторах

**Евстафьева Елена Владимировна:** заслуженный деятель науки и техники Автономной Республики Крым, доктор биологических наук РФ, доктор медицинских наук Украины, профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии и отдела экологических рисков Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского  
Количество публикаций: 350

Область научных интересов: экологическая физиология, экология человека, биогеохимия

*Контактная информация:*

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: + 7 (365) 255-48-50

E-mail: e.evstafeva@mail.ru

**Нараев Геннадий Павлович:** министр Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым

Количество публикаций: 4

Область научных интересов: экология

*Контактная информация:*

Адрес: 295022, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Кечкеметская, д. 198

Тел.: +7 (365) 227-24-29

E-mail: krimpriroda@home.cris.net

**Сологуб Наталья Александровна:** заместитель министра Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым

Количество публикаций: 8

Область научных интересов: экология

*Контактная информация:*

Адрес: 295022, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Кечкеметская, д. 198

Тел.: +7 (3652) 27-24-29

E-mail: krimpriroda@home.cris.net

**Карпенко Сергей Александрович:** кандидат географических наук, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 77

Область научных интересов: география, экология, геоинформационные системы

*Контактная информация:*

Адрес: 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект академика Вернадского, д. 4

Тел.: +7 (978) 766-93-87

E-mail: s\_karpenko@ra

**Белалов Вадим Вадимович:** ассистент кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 15

Область научных интересов: экологическая физиология, нейрофизиология

*Контактная информация:*

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (365) 255-48-50

E-mail: Vadym.bielalov@gmail.com

**Богданова Анна Михайловна:** аспирант кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 9

Область научных интересов: экологическая физиология, физиология висцеральных систем, нейрофизиология, физиология спорта

*Контактная информация:*

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (978) 884-733

E-mail: annuta2607@yandex.ru

**Тымченко Светлана Леонидовна:** кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 25

Область научных интересов: экологическая физиология, физиология висцеральных систем, нейрофизиология, физиология спорта, кардиология

*Контактная информация:*

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (978) 856-48-91

E-mail: e.evstafeva@mail.ru

**Евстафьева Ирина Андреевна:** кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры, факультет физической культуры и спорта, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 112

Область научных интересов: экологическая физиология

*Контактная информация:*

Адрес: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Студенческая, д. 13/29

Тел. +7 (978) 707-34-10

E-mail: e.evstafeva@mail.ru

УДК 551.493:543.31

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2016

# Канцерогенный риск загрязнения мышьяком водных экосистем

**В. Н. Башкин,**

ФГБУ науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Московская область, г. Пущино

**Р. В. Галиулин,****Р. А. Галиулина,**

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Московская область, г. Пущино

## Аннотация

Охарактеризована геоэкология г. Челябинска и проведена оценка загрязнения мышьяком его водных экосистем путем анализа содержания данного вещества методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в дождевой и поверхностной воде, гидрофите и донных отложениях. Результаты анализа показали, что содержание мышьяка в дождевой и поверхностной воде было хотя и ниже его предельно допустимой концентрации, но одного порядка, что однозначно указывает на значимый вклад атмосферных осадков в загрязнение данным веществом речной и озерной воды. При этом содержание мышьяка возрастало по ходу течения р. Миасс в воде в 1,5 раза, тростнике обыкновенном в 1,3 раза, а в донных отложениях в 2,1 раза, что свидетельствует о возрастании техногенной нагрузки на эту водную экосистему.

**Ключевые слова:** водные экосистемы, мышьяк, вода, гидрофит, донные отложения, канцерогенный риск.

## Содержание

Введение

1. Геоэкология г. Челябинска

2. Оценка загрязнения мышьяком водных экосистем г. Челябинска

Заключение

Литература

## Введение

Загрязнение мышьяком водных экосистем может происходить как с промышленными сточными водами, содержащими данное вещество, так и с атмосферными осадками, промывающими воздух, загрязненный выбросами в пирометаллургии и при сжигании угля и нефти, а также просачивающимися через отвалы не утилизируемых отходов, содержащих мышьяк [1]. В этой связи особое значение приобретают исследования загрязнения мышьяком водных экосистем, что важно для оценки риска воздействия данного вещества на человека через питьевую воду, а также воду, используемую для орошения садово-огородных участков и сельскохозяйственных угодий и мигрирующую через такие экологические цепи, как вода — растение — человек, вода — растение (фураж) — домашнее животное — человек и вода — домашнее животное — человек. Эпидемиологически доказана связь между воздействием мышьяка на человека и повышенной его заболеваемостью раком кожи, респираторной, лимфатической и кроветворной систем и желудочно-кишечного тракта. По данным [2, 3], именно мышьяк относится к числу приоритетных веществ, вносящих наибольший

вклад (более 50%) в формирование так называемого суммарного канцерогенного риска для населения различных регионов нашей страны через питьевую воду.

Подобного рода исследования особенно актуальны для городов Челябинской области, где в частности действуют предприятия топливно-энергетического комплекса, работающие на местных и частично привозных углях [4]. В данном регионе к числу наиболее характерных загрязняющих веществ окружающей среды отнесен именно мышьяк, источником которого являются выбросы теплоэнергетических установок, работающих на угле, а также горячие терриконы шахт Челябинского угольного бассейна, в частности в районе г. Копейска (рисунок) [5].

Цель настоящей работы заключалась в характеристике геоэкологии г. Челябинска и оценке загрязнения мышьяком его водных экосистем путем анализа содержания данного вещества в дождевой и поверхностной воде, гидрофите (водном растении) и донных отложениях.

## 1. Геоэкология г. Челябинска

Челябинск относится к промышленным центрам не только с высокой концентрацией энергетических и металлургических объектов в пределах границ города, но и с высоким уровнем его занятости отвалами техногенных отходов, являющихся источниками интенсивного загрязнения воздуха, вследствие пылеобразования и вторичного переноса аэрозолей, а также поверхностных и подземных вод в результате смыва, фильтрации и выщелачивания мышьяка из отвалов атмосферными осадками [5]. Так, разнос золы ветром с отвалов предприятий топливно-энергетического комплекса может значительно загрязнять окружающую среду содержащимся в золе мышьяком, среднее количество которого в золе углей Челябинского бассейна весьма значительно (106 мг/кг) [4].

Другим источником загрязнения мышьяком водных экосистем являются месторождения золото-мышьяковой формации, залегающие на небольшой глубине в западной части территории Челябинска и мышьяк которой выведен гипергенезом (физико-химическим преобразованием горных пород) на поверхность земли [6]. Периодическое

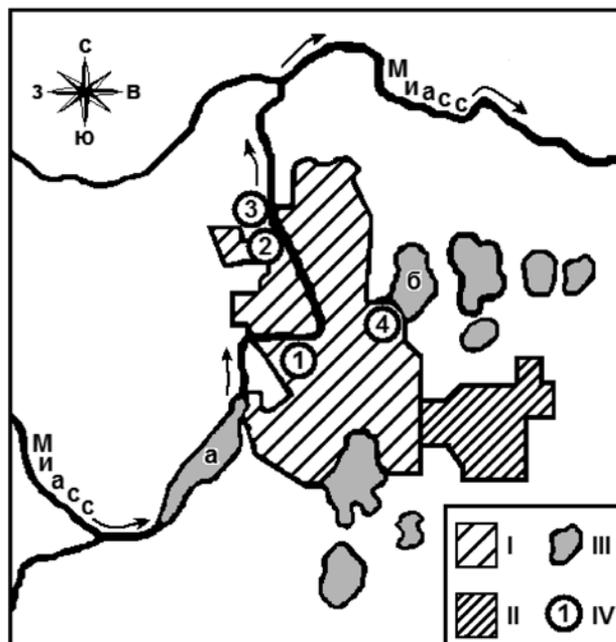


Рисунок. Карта-схема исследуемой территории [5]: I — г. Челябинск; II — г. Копейск; III — водные экосистемы: Шершневское водохранилище (а), оз. Первое (б) и другие озера; IV — места отбора проб дождевой и поверхностной воды, образцов гидрофита и донных отложений в Центральном (1), Металлургическом (2, 3) и Тракторозаводском (4) районах Челябинска

промывание последней атмосферными осадками способствует также загрязнению водных экосистем мышьяком.

Известно, что в состав одной группы водных экосистем Челябинска входит р. Миасс с проточным Шершневским водохранилищем как источником питьевого и промышленного водоснабжения, а участок реки ниже города является приемником сточных вод [5, 7]. Другая группа водных экосистем Челябинска представлена озерами, расположенными в городской черте и подверженными также техногенному загрязнению, так как в некоторые из них поступают сточные воды.

Недавние исследования, проведенные в Челябинске, показали, что основной вклад в суммарный канцерогенный риск для населения вносит мышьяк (81,4%) по сравнению с рядом других химических веществ (18,6%) [8]. Мышьяк является ведущим компонентом при его поступлении в ор-

ганизм человека через питьевую воду и продукты питания растительного и животного происхождения. Следует отметить, что канцерогенный риск мышьяка формируется вследствие так называемого кумулятивного воздействия, то есть длительного потребления питьевой воды или продуктов питания, загрязненных этим веществом в количествах ниже его предельно допустимой концентрации, что приводит к накоплению мышьяка в организме и злокачественным новообразованиям в нем [9].

## 2. Оценка загрязнения мышьяком водных экосистем г. Челябинска

Исследования проводили на репрезентативных участках территории Челябинска. С этой целью в районе оз. Первое отбирали пробу дождевой воды, а в р. Миасс и оз. Первое отбирали пробы воды с глубины до 20 см, а также образцы наземной биомассы тростника обыкновенного (*Phragmites communis*) и донных отложений из слоя 0—15 см. Пробы дождевой и поверхностной воды подкисляли  $\text{HNO}_3$  (осч), выпаривали досуха и остаток растворяли в 2М растворе  $\text{HNO}_3$ . В предварительно высушенные и тонко измельченные навески растений и донных отложений добавляли  $\text{HNO}_3$  и выдерживали в микроволновой печи MDS-2000 при давлении 160 psi (ед. фунт-силы/дюйм<sup>2</sup>) в течение 1 часа. Анализ содержания мышьяка в различных компонентах окружающей среды проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре Varian Spectr AA-250 Plus в режиме электротермической атомизации.

Результаты анализа показали, что содержание мышьяка в дождевой и поверхностной воде было хотя и ниже его предельно допустимой концентра-

ции (0,05 мг/л), но одного порядка, что однозначно указывает на значимый вклад атмосферных осадков в загрязнение данным веществом речной и озерной воды (таблица). При этом содержание мышьяка возрастало по ходу течения р. Миасс (от Центрального к Металлургическому району города) в воде в 1,5 раза, тростнике обыкновенном в 1,3 раза, а в донных отложениях в 2,1 раза, что свидетельствует о возрастании техногенной нагрузки на эту водную экосистему. Симптоматично, что согласно [8], наибольший канцерогенный риск при потреблении питьевой воды отмечается именно в Металлургическом районе города.

## Заключение

Таким образом, анализ геоэкологии г. Челябинска показал высокую вероятность загрязнения мышьяком его водных экосистем, а следовательно, канцерогенного воздействия данного вещества на человека через питьевую воду, а также речную и озерную воду, используемую для орошения садово-огородных участков и сельскохозяйственных угодий и мигрирующую через экологические цепи вода — растение — человек, вода — растение (фураж) — домашнее животное — человек и вода — домашнее животное — человек. Результаты оценки загрязнения мышьяком водных экосистем свидетельствуют о возрастании на них техногенной нагрузки. Несмотря на обнаружение мышьяка в поверхностной воде ниже его предельно допустимой концентрации, длительное использование такой воды для питьевых целей и орошения в конечном счете может привести к канцерогенному воздействию. Важной профилактической мерой по уменьшению данного риска является очистка питьевой воды от мышьяка, например, с помощью селективных гибридных адсорбентов или других приемлемых способов [10].

Содержание мышьяка в различных компонентах окружающей среды

Таблица

Компоненты	Содержание мышьяка
Дождевая вода	0,001 мг/л
Поверхностная вода	0,004 (0,003—0,006) мг/л
Тростник обыкновенный	1,6 (1,0—2,0) мг/кг
Донные отложения	33,7 (22,7—46,7) мг/кг

## Литература

1. Бандман А.Л., Волкова Н.В., Грехова Т.Д. и др. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V—VIII групп. Л.: Химия, 1989. 592 с.
2. Унгуриану Т.Н., Новиков С.М. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 1. С. 19—24.

3. Безгодов И. В., Ефимова Н. В., Кузьмина М. В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 2. С. 15—19.
4. Грибовский Г. П., Грибовский Ю. Г., Плохих Н. А. Биогеохимические провинции Урала и проблемы техногенеза // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. М.: Наука, 2003. С. 174—187.
5. Кононов А. Н., Нестеренко В. С., Мочалова С. А. О комплексном экологическом мониторинге г. Челябинска // Проблемы экологии Южного Урала. 1998. № 4. С. 8—20.
6. Плохих Н. А. Геохимические аномалии в городах Челябинской области // Проблемы экологии Южного Урала. 1996. № 4. С. 38—42.
7. Шадрина Л. Ф. Мониторинг загрязнения поверхностных вод // ИНФОР. Челябинск: Издательство Татьяны Лурье, 1999. № 3. С. 43—62.
8. Валеулина Н. Н., Уральшин А. Г., Брылина Н. А., Никифорова Е. В., Бекетов А. Л., Гречко Г. Ш. Опыт многосредовой оценки риска для здоровья с целью обеспечения безопасности населения г. Челябинска // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 2. С. 19—23.
9. Абдурахманов Г. М., Гасангаджиева А. Г., Даудова М. Г., Гаджиев А. А. Эколого-географическая оценка заболеваемости злокачественными новообразованиями детского населения Республики Дагестан // Экология человека. 2015. № 8. С. 16—25.
10. Нойман Ш. Очистка питьевой воды от мышьяка селективными гибридными адсорбентами // Вода: химия и экология. 2010. № 12. С. 18—22.

## Сведения об авторах

**Башкин Владимир Николаевич:** доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН)

Число публикаций: более 300

Область научных интересов: биогеохимия и геоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 73-02-81

E-mail: vladimir.bashkin@rambler.ru

**Галиулин Рауф Валиевич:** доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 421

Область научных интересов: геоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: galiulin-rauf@rambler.ru

**Галиулина Роза Адхамовна:** научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 250

Область научных интересов: геоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: rosa\_g@rambler.ru

УДК 551.493:549.75

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

# Канцерогенный риск загрязнения нитратами водных экосистем

**Р. В. Галиулин,**  
**Р. А. Галиулина,**  
Институт фундаментальных  
проблем биологии РАН,  
Московская область, г. Пущино  
**В. Н. Башкин,**  
ФГБУ науки Институт физико-  
химических и биологических  
проблем почвоведения РАН,  
Московская область, г. Пущино

## Аннотация

Оценено загрязнение нитратами водных экосистем г. Челябинска и его окрестностей путем анализа содержания данных веществ в подземной, поверхностной и дождевой воде, гидрофитах и донных отложениях. Содержание нитратов в подземной воде (из колодца и скважин) по сравнению с поверхностной водой (из р. Миасс, озер Первое и Смолино) было выше предельно допустимой концентрации (в 1,7—4,0 раза). Отмечено возрастание содержания нитратов в р. Миасс по ходу ее течения. Гидрофиты в зависимости от вида и места их обитания характеризовались различным содержанием нитратов.

**Ключевые слова:** водные экосистемы, нитраты, вода, гидрофиты, донные отложения, канцерогенный риск.

## Содержание

Введение  
1. Материалы и методы исследования  
2. Результаты и их обсуждение  
Заключение  
Литература

## Введение

К числу значимых источников поступления нитратов в водные экосистемы на урбанизированных территориях относятся промышленные и коммунально-бытовые сточные воды, а также аммиачно-нитратные и нитратные удобрения и навоз, используемые на прилегающих к этим территориям садово-огородных участках и сельскохозяйственных угодьях с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур [1, 2]. Другим источником поступления нитратов в водные экосистемы являются атмосферные осадки, загрязненные данными веществами в результате фотохимической трансформации окислов азота, поступающих в воздушную среду техногенными выбросами.

Риск негативного действия нитратов на человека определяется их способностью образовывать непосредственно в его организме канцерогенные N-нитрозамины (N-нитрозоамины) в результате реакции нитрозирования аминов, содержащихся в продуктах питания [1, 3—6]. Этот процесс в организме человека происходит после восстановления нитратов в нитриты, которые непосредственно участвуют в реакции нитрозирования. N-нитрозамины обладают широким спектром канцерогенного действия. Они могут способствовать возникновению злокачественных опухолей пищевода, желудка, печени, почек и мочевого пузыря через продукты метаболической активации данных соединений, протекающей под действием различных ферментов, расположенных в мембранах клетки.

Поэтому оказалось неслучайным установление положительной корреляции между загрязнением пахотных земель нитратными удобрениями и смертностью людей, например, от рака желудка [5, 6]. Данное обстоятельство можно объяснить хроническим поступлением нитратов через экологическую цепь почва — питьевая вода в организм человека с последующим их восстановлением в нитриты, взаимодействующих с аминами и приводящих к образованию канцерогенных N-нитрозаминов.

Проблема загрязнения нитратами водных экосистем особенно актуальна для Челябинска, характеризующегося высокой концентрацией промышленных и энергетических предприятий в пределах границ города. Известно, что в состав одной группы водных экосистем Челябинска входит р. Миасс с проточным Шершневским водохранилищем как источником питьевого и промышленного водоснабжения, а участок реки ниже города является приемником промышленных и коммунально-бытовых сточных вод (рисунок) [7, 8]. Другая группа водных экосистем Челябинска представлена озерами, расположенными в городской черте и также подверженными техногенному загрязнению, так как в некоторые из них поступают сточные воды промышленных и энергетических предприятий города. Подземные водоисточники представлены родниками, колодцами и скважинами, расположенными главным образом в окрестностях города, на прилегающих садово-огородных участках и сельскохозяйственных угодьях.

Цель работы заключалась в оценке загрязнения нитратами водных экосистем Челябинска и его окрестностей путем анализа их содержания в подземной, поверхностной и дождевой воде, гидрофитах (водных растениях) и донных отложениях.

## 1. Материалы и методы исследования

Для исследования загрязнения нитратами водных экосистем Челябинска и его окрестностей отобрали 5 проб воды из колодца и скважин, 2 — из родников, а также 13 проб воды, 4 образца донных отложений и 14 образцов гидрофитов из р. Миасс, озер Первое и Смолино. В районе оз. Первое отобрали также 1 пробу дождевой воды. В числе исследуемых образцов высших гидрофитов были тростник обыкновенный (*Phragmites communis*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), рдест гребенчатый

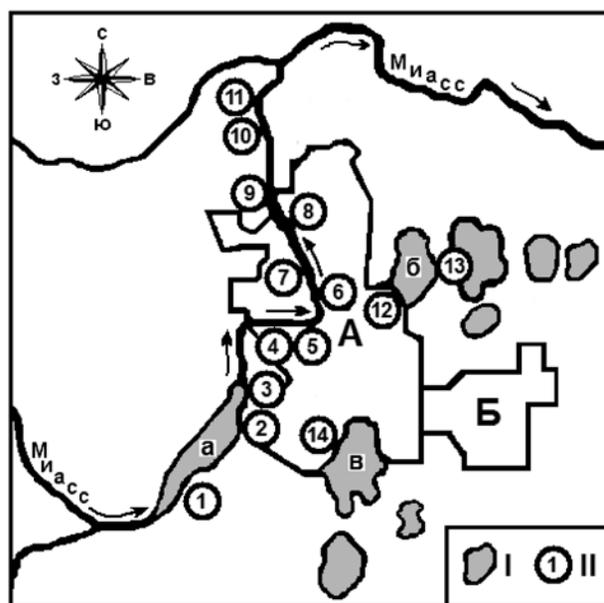


Рисунок. Карта-схема исследуемой территории [7]: А — г. Челябинск; Б — г. Копейск; I — водоемы: Шершневское водохранилище (а), озеро Первое (б), озеро Смолино (в) и другие озера; II — участки отбора: проб подземной воды (1, 4, 11), поверхностной воды (2, 3, 5—14) и дождевой воды (12), образцов гидрофитов (2, 3, 5, 6, 9—12) и донных отложений (5, 8, 9, 12)

(*Potamogeton pectinatus*), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*), элодея канадская (*Eloдея canadensis*), а из низших гидрофитов — нитчатая водоросль спирогира (*Spirogira*).

Перед анализом образцы гидрофитов и донных отложений высушивали при комнатной температуре, размалывали и просеивали. Содержание нитратов, выражаемых в виде нитратного азота ( $N-NO_3^-$ ), в пробах воды, образцах гидрофитов и донных отложений определяли по методике, описанной в работе [9]. Согласно данной методике первоначально анализировали содержание аммонийного азота фенолят-гипохлоритным методом, затем определяли сумму аммонийного и нитратного азота в присутствии цинковой пыли и раствора сульфата меди, используемых для восстановления нитратного азота в аммонийный азот. Содержание искомого нитратного азота вычисляли по разнице между суммой аммонийного и нитратного азота и аммонийного азота, которые определяли в соответствующих растворах спектрофотометрическим методом при длине волны 670 нм.

## 2. Результаты и их обсуждение

Анализ содержания нитратов в подземной воде показали, что во всех 5 водоисточниках наблюдалось превышение их предельно допустимой концентрации (ПДК) по нитратному азоту (10 мг/л) в пределах 1,7—4,0 раза (таблица). Следует отметить, что данный гигиенический норматив установлен по так называемому санитарно-токсикологическому показателю вредности, характеризующему эффект негативного действия нитратов на организм человека при их поступлении с питьевой водой. В воде родников содержание нитратов было ниже ПДК, однако по ходу течения р. Миасс наблюдалось их увеличение с 0,2 до 5,6 мг/л, т. е. в 28 раз.

Об актуальности контроля содержания нитратов в подземных водоисточниках свидетельствует факт проведения недавних аналогичных исследований в Иркутской области, где было установлено превышение ПДК нитратов в 5 раз, а в Республике Дагестан — в 3,7 раза [10, 11].

Между тем анализ содержания нитратов в воде р. Миасс показал, что здесь отмечается четко выраженная тенденция возрастания их содержания по ходу течения реки с 0,2 до 7,2 мг/л, т. е. в 36 раз, что согласуется с возрастанием количества данных веществ в воде родников. Содержание нитратов в гидрофитах, произрастающих в реке, зависело от места их обитания и вида растений. Среди гидрофитов максимальное количество нитратов (1370 мг/кг) обнаружено в спирогире из Шершневского водохранилища, что связано с особенностями развития этого вида низших гидрофитов. Так, если высшие гидрофиты начинают вегетировать с началом прогрева воды, то спирогира не вегетирует только при полном отсутствии света, что позволяет ей развиваться гораздо дольше, а сле-

довательно, продолжительнее накапливать нитраты, чем высшие гидрофиты. Однако за пределами Шершневского водохранилища, непосредственно в р. Миасс, содержание нитратов в спирогире среди других гидрофитов оказалось минимальным (24 мг/кг), т. е. происходило снижение накопления данных веществ в спирогире в 57 раз, что позволяет предположить о чувствительности этого низшего гидрофита к антропогенной нагрузке, усиливающейся по ходу течения реки. Аналогичное можно сказать о тростнике обыкновенном, содержание нитратов в котором по ходу течения р. Миасс снижалось от 228 до 76 мг/кг, т. е. в 3 раза. Содержание нитратов в донных отложениях на всем протяжении р. Миасс было практически одинаковым. При этом не исключается десорбция данных веществ, приводящая к вторичному загрязнению водной массы вследствие взмучивания донных отложений из-за ветрового воздействия, увеличения скорости потока, драгирования (при дноуглубительных работах), повышения рН или температуры воды под действием сточных вод промышленных или энергетических предприятий.

В целом содержание нитратов в гидрофитах было в 213 раз больше, чем в речной воде, что указывает на определенное участие некоторых видов растений в очищении воды и донных отложений от данных веществ. Так, по ходу течения реки содержание нитратов в рдесте гребенчатом и элодее канадской как в укорененных растениях с вегетативными органами, погруженными в воду, возрастало соответственно от 312 до 708 мг/кг (в 2,3 раза) и от 140 до 540 мг/кг (в 3,9 раза).

Содержание нитратов в воде озер Первое и Смолино и гидрофитах, произрастающих в оз. Первое, было соответственно в среднем в 4 и 8 раз ниже, чем в р. Миасс, но выше в донных отложениях в 2 раза. Содержание нитратов в различных гидрофитах (рдест гребенчатый, элодея канадская, тростник обыкновенный) оз. Первое с одной стороны было одного порядка, с другой стороны — в 105 раз выше, чем в самой озерной воде, что свидетельствует об участии данных гидрофитов в очищении воды от нитратов, так же как и в реке. Об определенном вкладе атмосферных осадков в загрязнение нитратами водных объектов свидетельствует содержание данных веществ в дождевой воде. Как оказалось, количество нитратов в дождевой воде совпадало со средним количеством нитратов в озерной воде.

Содержание нитратного азота ( $N-NO_3^-$ ) в различных природных компонентах Таблица

Компоненты	$N-NO_3^-$
Подземная вода (колодец, скважины)	25,0 (17,2—39,8) мг/л
Подземная вода (родники)	2,9 (0,2—5,6) мг/л
Вода р. Миасс	1,6 (0,2—7,2) мг/л
Гидрофиты р. Миасс	341 (24—1370) мг/кг
Донные отложения р. Миасс	2,3 (2,2—2,4) мг/кг
Вода озер Первое и Смолино	0,4 (0,1—0,8) мг/л
Гидрофиты оз. Первое	42 (24—56) мг/кг
Донные отложения оз. Первое	5,2 мг/кг
Дождевая вода в районе оз. Первое	0,4 мг/л

## Заключение

Таким образом, антропогенная нагрузка на водные экосистемы Челябинска и его окрестностей как следствие попадания в них промышленных и коммунально-бытовых сточных вод и атмосферных осадков, а также использования аммиачно-нитратных и нитратных удобрений и навоза на садово-огородных участках и сельскохозяйственных угодьях приводит к загрязнению нитратами подземной воды в количествах выше ПДК, а также возрастанию содержания данных веществ в р. Миасс по ходу ее течения. Важной профилактической мерой по уменьшению риска негативного действия нитратов на человека через образование канцерогенных N-нитрозаминов является осуществление систематического контроля содержания нитратов в питьевой воде в условиях использования источников децентрализованного водоснабжения в виде колодцев и скважин. В случае превышения ПДК данных веществ в питьевой воде необходимо подвергать ее очистке широко распространенными способами, например основанными на явлениях обратного осмоса или ионного обмена.

## Литература

- Соколов О.А., Семенов В.М., Агаев В.А. Нитраты в окружающей среде. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. 317 с.
- Murphy E.A. Nitrate in drinking water wells in Burlington and Mercer Counties, New Jersey // *Journal of Soil and Water Conservation*. 1992. V. 47. No 2. P. 183—187.
- Башкин В.Н. Агрогеохимия азота. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1987. 270 с.
- Костюковский Я.Л., Меламед Д.Б. Канцерогенные N-нитрозамины. Образование, свойства, анализ // *Успехи химии*. 1988. Т. LVII. Вып. 4. С. 625—655.
- Zaldivar R., Wetterstrand W.H. Nitrate nitrogen levels in drinking water of urban areas with high- and low-risk populations for stomach cancer: an environmental epidemiology study // *Zeitschrift fur Krebsforschung und Klinische Onkologie*. 1978. V. 92. P. 227—234.
- Zaldivar R. Nitrate fertilizers as environmental pollutants: positive correlations between nitrates ( $\text{NaNO}_3$  and  $\text{KNO}_3$ ) used per unit area and stomach cancer mortality rates // *Experientia*. 1977. V. 33. No 2. P. 264—265.
- Кононов А.Н., Нестеренко В.С., Мочалова С.А. О комплексном экологическом мониторинге г. Челябинска // *Проблемы экологии Южного Урала*. 1998. № 4. С. 8—20.
- Шадрин Л.Ф. Мониторинг загрязнения поверхностных вод // *ИНФОР*. Челябинск: Издательство Татьяны Лурье, 1999. № 3. С. 43—62.
- Бочкарев А.Н., Кудеяров В.Н. Определение нитратов в почве, воде и растениях // *Химия в сельском хозяйстве*. 1982. Т. XX. № 4. С. 49—51.
- Безогодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // *Гигиена и санитария*. 2015. Т. 94. № 2. С. 15—19.
- Абдурахманов Г.М., Гасангаджиева А.Г., Даудова М.Г., Гаджиев А.А. Эколого-географическая оценка заболеваемости злокачественными новообразованиями детского населения Республики Дагестан // *Экология человека*. 2015. № 8. С. 16—25.

## Сведения об авторах

**Галиулин Рауф Валиевич:** доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 421

Область научных интересов: геоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: galiulín-rauf@rambler.ru

**Галиулина Роза Адхамовна:** научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 250

Область научных интересов: геоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: rosa\_g@rambler.ru

**Башкин Владимир Николаевич:** доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН)

Число публикаций: более 300

Область научных интересов: биогеохимия и геоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 73-02-81

E-mail: vladimir.bashkin@rambler.ru

УДК 551.4.01/02

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

# Геоэкологическое районирование Сибири по опасным геоморфологическим процессам

**С. Б. Кузьмин,**  
Институт географии  
им. В. Б. Сочавы СО РАН,  
г. Иркутск

## Аннотация

Проведено геоэкологическое районирование Сибири по опасным геоморфологическим процессам по специально разработанной методике. В основу положены: 1) пространственные закономерности распределения основных морфоструктур и протекающих на них геоморфологических процессов; 2) территориальная организация хозяйства, которая резко меняется в связи с изменением всей системы территориально-производственных связей в России; 3) ближайшие перспективы социально-экономического развития отдельных районов Сибири и опасные геоморфологические процессы, которые в результате этого могут активизироваться или вновь возникнуть. Опасные геоморфологические процессы выделены по отношению к конкретным видам природопользования, которые преобладают в геоэкологических районах Сибири в настоящий момент или планируются в ближайшей перспективе (5—10 лет). На основе районирования возможна постановка конкретных задач по оптимизации экологического состояния рельефа и организации хозяйства. Геоэкологическое районирование Сибири в кругу задач, решаемых МЧС Российской Федерации, будет способствовать обоснованию и внедрению особой федеральной и региональной политики, обуславливать необходимость создания соответствующей правовой базы.

**Ключевые слова:** опасные геоморфологические процессы, природные и антропогенные факторы опасности, геоэкологическое районирование, Сибирь.

## Содержание

Введение

1. Процедура, объекты и методы исследований
2. Результаты и обсуждение

Заключение

Литература

## Введение

В последнее время в мире, как и в России, отмечается стремительный рост числа и масштабов стихийных бедствий и катастроф, материального и морального ущерба от них [1]. Это требует разработки новой стратегии национальной безопасности, новых унифицированных методик создания карт опасных природных процессов, которые позволили бы сопоставлять угрозы для отдельных территорий, округов и субъектов Российской Федерации (РФ). Эти тематические и интегральные карты должны служить основой для разработки федеральных и региональных нормативных документов, с учетом которых органы управления принимают решения по использованию территорий, по предупреждению и лик-

видации чрезвычайных ситуаций (ЧС), проведению мероприятий по управлению риском.

РФ является большим по площади государством, где расположены целые физико-географические зоны, провинции и области. Крупнейшим стратегически важным регионом России является Сибирь, которая в административно-территориальном отношении включает весь Сибирский федеральный округ, а также субъекты РФ из других федеральных округов: Уральского — Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ; Дальневосточного — Республика Саха (Якутия). Основные положения государственной политики по развитию Сибирского региона отражены в Распоряжении Правительства РФ от 05.07.2010 г. № 1120-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 года». Президент России 13.06.2013 г. направил Федеральному собранию РФ послание о бюджетной политике РФ в 2014—2016 гг., в котором особо подчеркнута роль сибирских регионов. В 2014—2015 гг. вопросы развития Сибири получили дополнительный стимул в обстановке введения рядом ведущих западных государств жестких экономических санкций в отношении РФ. В ответ в России разработан комплекс специальных мер по выходу из этой сложной экономической ситуации. Он отражен в Постановлении Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 330 о реализации государственной программы «Развитие внешнеэкономической деятельности». Программа направлена на усиление позиций РФ в мировой экономике на срок 2014—2018 гг. Эта новая позиция основана на развитии сибирских и дальневосточных регионов, что предписано Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 308 «Об утверждении государственной программы “Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона”».

Суровые природно-климатические условия Сибири влекут за собой масштабную активизацию опасных природных процессов при ее хозяйственном освоении. Это требует повышения качества прогноза этих процессов, усовершенствования знаний об их закономерностях для предотвращения стратегических просчетов в политике обеспечения экологической безопасности. Эти государственно-управленческие функции прописаны в Поста-

новлении Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 300 «О реализации государственной программы МЧС “Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах”». Оно в приоритетном порядке предусматривает проведение мероприятий, предусмотренных указами Президента РФ от 7 мая 2012 года № 598, 601, 603, 604, 606, и должна быть реализована до 2020 г.

Современные рельефообразующие процессы — землетрясения, оползни, сели, просадки и пучение грунтов и др. — являются главными факторами риска природопользования в городских поселениях и регионах активного хозяйственного освоения [2]. В связи с вышеизложенным *цель статьи* — изложить результаты геоэкологического районирования территории Сибири по опасным геоморфологическим процессам. При этом *задачами исследования* являются: 1) выбор адекватного исходного описания объектов исследований и методологии; 2) выбор конкретных методов классификации, районирования и картографирования; 3) содержательный анализ и интерпретация результатов комплексной геоэкологической оценки.

## 1. Процедура, объекты и методы исследований

В методологическом отношении при районировании важен следующий основополагающий постулат: геоморфологические процессы существуют в природе безотносительно к тому, как мы собираемся их ранжировать для изучения; опасными они становятся только по отношению к какому-либо конкретному виду природопользования, субъекту хозяйственной деятельности либо территориально-производственному комплексу в целом.

Главное практическое направление районирования состоит в усовершенствовании государственной системы борьбы с ЧС природного и природно-техногенного характера, в модернизации методов прогноза стихийных бедствий и катастроф. На этой основе возможны улучшение производственных отношений, рационализация и интенсификация способов производства материальных благ, пополнение и защита трудовых ресурсов, развитие гидроэнергетики и транспортной системы, экономическая специализация отдельных районов Сибири

и их последующая интеграция в общероссийский экономический процесс. Особую роль играют и социальные проблемы, вопросы гражданской обороны и защиты населения от ЧС.

Рельеф и геоморфологические процессы представляют собой базис для развития всей ландшафтно-природной ситуации в регионах, контролируют геохимический круговорот вещества, почвообразование, гидрологический режим, распределение биотических сообществ и т. д. [2]. Они определяют термодинамические отношения и формируют динамическое равновесие сложной геобιοантропоной системы через следующие свои функции: 1) модифицируют энергетический баланс территории через сложность, экспозицию и крутизну геоморфологических поверхностей; 2) управляют переносом вещества и энергии, фокусируя и концентрируя их в большей мере, нежели другие природные факторы; 3) являются субстратом органической жизни; 4) модифицируют развитие общества через способы хозяйствования, этническую самобытность, культуру; 5) формируют экологические ситуации [3]. Рельеф — это главный плацдарм, на котором разворачивается хозяйственная деятельность человека.

Современная структура природно-хозяйственного комплекса Сибири сложилась в результате коренных изменений в размещении и воспроизводстве производительных сил, произошедших в последние 15—20 лет. Это сформировало сугубо специфический, глубоко специализированный, интегрированный территориально-производственный комплекс со сложной структурой хозяйственных отраслей. Причины этих изменений связаны с обеспечением выхода России из мирового экономического кризиса 2008—2010 гг. и тяжелого санкционного давления Евросоюза и США в 2014—2015 гг. на основе создания в сибирских регионах особых экономических зон стабилизации. При этом природно-территориальные единицы хозяйства становятся объектами управленческих решений, а сами эти решения принимаются на различных административно-управленческих уровнях — федеральном, региональном, муниципальном. Поэтому необходимо обеспечить соответствующие методологическое единство, сплоченность и строгость при геоэкологическом районировании Сибири.

Районирование Сибири по опасным геоморфологическим процессам базируется на общих принципах геоэкологического районирования [4], но вводится ряд корректирующих моментов: отклик рельефа на антропогенное воздействие, возникающие при этом взаимосвязи в природно-антропогенных системах, их трансформация [5]. Геоэкологические районы представляют собой многокритериальные системы, образующие комплекс многоцелевого разноуровневого районирования территории. Он объединяет природные, природно-ресурсные и хозяйственные уровни организации рельефа, что накладывает определенные трудности в проведении границ между районами. Однозначного решения этого вопроса нет, т. к. случаи совмещения природных и хозяйственно-административных границ — скорее исключение, чем правило. Поэтому в качестве рубежей высокого ранга принимаются границы субъектов РФ, а границы более низкого ранга проводятся с учетом особенностей структуры рельефа.

Для каждого района устанавливаются главенствующие природные и антропогенные факторы, определяющие степень геоморфологической опасности. Также важно учитывать, какой вид природопользования является ведущим, поскольку от этого зависит, какие геоморфологические процессы будут опасными. В геоэкологических районах формируется такой специфический комплекс форм и элементов рельефа, который на основе специфики хозяйственно-отраслевой структуры способен создавать устойчивый набор повторяющихся экологических явлений. Поэтому геоэкологическое районирование по опасным геоморфологическим процессам должно обладать целостностью, общностью и комплексностью рельефообразующих и хозяйственных условий, пространственной и предметной иерархичностью и проявлением в их структуре как региональных, так и типологических свойств.

В основе районирования лежит принцип совмещения контуров районов, определяемых геоморфологическими и хозяйственными условиями, степенью вовлечения ландшафтов в хозяйственное использование, однотипностью антропогенных факторов воздействия на рельеф. Геоморфологические условия характеризуются, с одной стороны, зональными (широтное распределение солнечной радиации на земной поверхности, соотношение тепла

и влаги, смена времен года, атмосферная циркуляция и др.) и аazonальными (особенности гипсометрического положения, литологического состава горных пород, тектонических движений земной коры, соотношения суши и моря и др.) факторами морфогенеза. С другой стороны, в рельефе одновременно действуют процессы интеграции, связующие разнородные участки земли посредством циркуляции воздушных масс, водного стока, склонового перемещения твердого материала и т. п. в сложные территориальные системы — геоморфосистемы. Наиболее тесные и разносторонние связи наблюдаются между смежными участками рельефа (между склонами и подножиями гор, речными долинами, водосборами рек и т. п.). Поэтому по мере увеличения размеров и сложности элементов районирования теснота связей в геоморфосистемах ослабевает и степень пространственной однородности уменьшается.

Одним из основных принципов классификации опасных геоморфологических процессов является ее соответствие содержательному характеру задач районирования. В зависимости от числа исходных единиц различают одномерную и многомерную классификации [6]. Примером одномерной классификации (типологизации) является метод ведущего фактора [7]. Он учитывает фактор, определяющий все другие компоненты, и ему соответствует типологическое районирование, т. е. процедура разбиения объектов на типы все более высокого таксономического ранга. Многомерная классификация, в свою очередь, основана на последовательности одномерных классификаций. Сначала осуществляется типологическая группировка объектов районирования отдельно по каждому показателю, а затем формируются группы объектов путем последовательного наложения соответствующих одномерных классификаций (тематических слоев). Такая классификация и вытекающее из нее комплексное районирование осуществляются классическими методами наложения (сопоставления контуров) частных видов геоморфологического и природно-хозяйственного районирования. При этом линии совпадения или близкого расположения границ частных видов районирования принимаются за границы геоэкологических районов, что позволяет охватывать наиболее существенные черты и делает метод наложения действенным и верифицируемым [8].

Многоаспектная типологизация геоморфологических объектов по видам природопользования обеспечивает развернутое представление районов в результате построения мысленно-логических матриц природно-хозяйственных условий. Они являются неформальными моделями, а их уровням соответствуют нечисловые геоморфологические и хозяйственные показатели, которые не обязаны находиться в иерархической зависимости друг от друга. Выделение районов осуществляется путем объединения отдельных элементов разных уровней логических матриц или наложения одномерных группировок (тематических слоев), как это делается при интегральных эколого-хозяйственных оценках [9]. В дополнение использована многомерная классификация объектов, которая основана на качественных показателях их сходства/различия по всему комплексу геоморфологических процессов и видов природопользования, а также применении методов таксономии [10, 11]. Это позволяет уже в полной мере реализовать принцип комплексности с переходом к обобщению объектов районирования, представить данные в наглядной форме посредством ГИС-технологий.

В основе проведенного районирования лежит обоснованная классификация объектов (табл. 1). Но она всегда субъективна, т. к. направлена на достижение определенной цели. Цель не всегда может быть поставлена достаточно точно, что обуславливает трудность и неоднозначность формализованного представления сходства между объектами районирования. Сами классификации дискретны, т. к. в результате их использования генерируется нечисловая информация, формируются номинальные или ранговые показатели, которые могут иметь определенное конечное число значений — наименований классов. Поэтому результат районирования представляет собой синтетический обобщенный нечисловой показатель, значениями которого являются наименования соответствующих классов объектов [12].

Общие принципы геоэкологического районирования разработаны нами ранее [4, 13], но для Сибири возникла необходимость ввести корректировки: 1) использованы только те процессы, которые распространены в Сибири и представляют реальную опасность для природопользования; 2) ранги про-

## Классификация опасных геоморфологических процессов Сибири

Таблица 1

Типы	Классы	Группы	Отдельные процессы
Экзо-генные	Флювиальные и комплексные денудационные	Эрозионно-гравитационные	Эрозия на склонах, формирование ложбин стока и деллей, обвалы, осыпи, осовы
		Линейная эрозия	Донная и боковая эрозия рек
		Площадная эрозия	Плоскостной смыв, струйчатая эрозия, накопление делювия
			Плоскостной смыв в сочетании с морозным выветриванием
			Плоскостной смыв в сочетании с дефляцией
			Плоскостной смыв в сочетании с курумообразованием
Аллювиальные и пролювиальные	Формирование террас в речных долинах и конусов выноса в предгорных частях склонов		
Озерно-аллювиальный	Формирование озерных террас, заболачивание озер с формированием сапропелевых толщ		
Гравитационные		Гравитационные	Обвалы, осыпи
		Гидрогенно-гравитационные	Оползни, лавинообразование
		Гравитационно-дефляционные	Формирование обвалов и осыпей при активном влиянии выветривания и дефляции
Инфильтрационные		Карстовые	Карстообразование поверхностное и подземное
		Суффозионные	Формирование суффозионных полостей и воронок
Криогенные		Поверхностного течения	Солифлюкция, оплывины, крип, десерпция
		Термоэрозионные	Термоэрозия, пучение, мерзлотная трещиноватость
		Термокарстовые	Термокарст, режелация, полигональные грунты, аласы
		Термогравитационные	Курумообразование в сочетании с солифлюкцией, крипом, обвалами, селями, лавинами
Нивально-гляциальные		Нивальные	Нивальные в сочетании с солифлюкцией, селями и обвалами
		Гляциальные	Формирование экзарационных и аккумулятивных форм: кары, цирки, трюги, морены и др.
Эоловые		Аккумулятивные	Формирование дюн, барханов, перевеянных песков
		Дефляционные	Ветровая эрозия, формирование останцов обтачивания, котловин выдувания, бедлендов
Биогенно-хемогенные		Элювиальные	Засоление, формирование травертинов, гейзеритов и т. п.
		Болотообразование	Заболачивание, торфообразование
Береговые		Абразионные	Абразия
		Аккумулятивные	Формирование дельт, кос, баров и береговых валов и т. п.
		Термические	Термоабразия и ледовая абразия
Эндо-генные	Быстрые	Сейсмогенные	Формирование линейных деформаций грунтов, разрывы, валы, уступы, просадки и т. п. в результате землетрясений
		Тектонические	Формирование линейных форм рельефа в зонах активных разломов: уступы, эскарпы, предгорные прогибы и т. п.
	Медленные	Пликативные	Тектонический крип

Окончание табл. 1

Типы	Классы	Группы	Отдельные процессы
Антропогенные	Деструкция рельефа при разработке полезных ископаемых	Экспонированные	Карьеры, искусственные котловины, штольни, терриконы, россыпи и отвалы, хвостохранилища и т. п.
		Глубинные	Шахты, штреки, буровые скважины, разрывы горных пород при закачке отходов в глубокие горизонты земной коры, просадочно-декомпрессионные полости и т. п.
	Деструкция рельефа при распашке земель	Поверхностно-эрозионные	Плоскостной смыв и дефляция, оврагообразование, формирование бедлендов
		Поверхностно-аккумулятивные	Эоловая аккумуляция
Прочие технобилизационные		Эрозионно-аккумулятивные	Планировка и преобразование рельефа при строительстве площадных и линейных объектов
		Релаксационно-компенсационные	Наведенная сейсмичность

цессов определяются рельефом и хозяйственным освоением, уровнем консолидированности и развитости территориально-производственных комплексов; 3) классификация не строго генетическая, в ней использованы критерии, основанные на скорости, масштабах распространения, пространственной привязке опасных процессов; 4) пространственно-таксономическое соподчинение соблюдено до ранга группы процессов.

Определение классификационных рангов, масштаба и границ районов укладывается в рамки эколого-экономической теории анклава региона академика А. Г. Гранберга [14, 15]. Согласно этой теории изучение природных объектов имеет социально-экономический эффект только в случае анализа конкретного административно-территориального субъекта или единицы хозяйствования. Они представляют собой техногенную проекцию на природный регион и формируют своеобразную природно-антропогенную систему со специфическими экологическими, экономическими, социальными, правовыми и другими отношениями. Так реализуется принцип построения анклава региона — системной единицы, заключающей в себе специфику накладываемых волевым путем хозяйственных, демографических, законодательных и прочих факторов. Теория анклава региона позволяет проводить реалистичные границы между единицами геоэкологического районирования, поскольку в этом случае мы оперируем не просто геоморфологическими процессами как

природными явлениями, а их природно-хозяйственными аналогами, проекциями. Они включают и сам геоморфологический процесс, и характер его воздействия на конкретный вид природопользования.

Значит, под районом, независимо от его ранга, будем понимать такой участок земной поверхности, который, с одной стороны, относительно однороден по генетической взаимосвязанности разнокачественных геоморфологических условий, с другой — обладает устойчивым набором видов природопользования. Это определенный таксон территории, который наделен специфическим геоморфологическим и социально-экономическим содержанием. При этом рельеф рассматривается и как среда, видоизмененная в результате хозяйственной деятельности, и как источник ресурсов, плацдарм для дальнейшего развития хозяйства. Сложность элементов районирования требует для их описания использовать детерминированный, стохастический, нечеткий (размытый) подход. В соответствии с принципом дополнительности Бора необходимо учитывать фактор неполноты и неопределенности как объективное условие принятия обоснованных управленческих решений на основе предлагаемого районирования. Такие решения становятся возможными только после введения категории «цель». Вне ее состояние геоморфологических процессов по отношению к хозяйству не является хорошим или плохим, предпочтительным или неpreferируемым, опасным или неопасным. Оно начина-

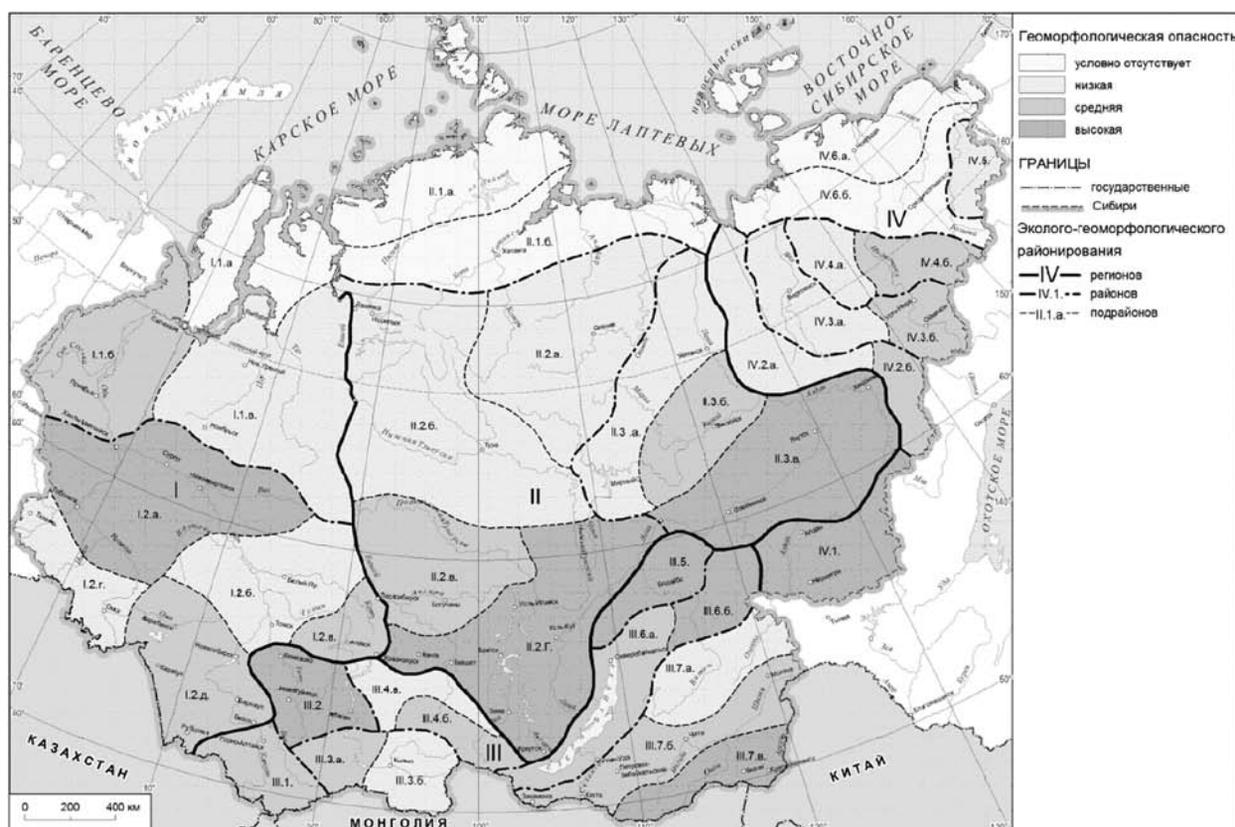


Рисунок. Карта геоэкологического районирования Сибири по опасным геоморфологическим процессам. Условные обозначения см. на карте, а наименования геоэкологических районов — в табл. 2

ет становиться таким лишь будучи вовлеченным в категориальные схемы ценностей, построенные субъектом — лицом или коллегиальным органом, принимающим административно-управленческое решение по развитию природопользования.

## 2. Результаты и обсуждение

Изложенные принципы легли в основу районирования Сибири по опасным геоморфологическим процессам (рисунок, табл. 2). Ее границы определены в рамках административных единиц федерального уровня. В территориальной системе РФ выделяются: 1) структура, образуемая в соответствии с экономическим районированием на основе территориального разделения труда, оно ведет к производственной специализации, обособлению экономических районов, развитию межрайонной кооперации, обмену продукцией и услугами, определяет основные закономерности и формы территориальной орга-

низации производства; 2) структура, отвечающая государственному устройству и определяющая совокупность равноправных субъектов РФ; 3) региональная структура, отражающая территориально-административное устройство каждого субъекта РФ; определяется спецификой расселения и сложностью централизованного управления социально-экономическими процессами; 4) районы для реализации региональных комплексных программ. Это вызывает сдвиги в территориальных пропорциях размещения производительных сил и формирование особых регионов.

В соответствии с этим делением определены три уровня районирования: 1) регион — соответствует структуре 1; 2) район — соответствует структурам 2 и 3; 3) подрайон — соответствует структуре 4. Такой подход использован нами ранее при территориальном размещении видов природопользования в процессе создания карты природно-хозяйственного

## Главные виды хозяйственной деятельности в геоэкологических районах Сибири

Таблица 2

Единицы эколого-геоморфологического районирования			Виды хозяйственной деятельности		
Регион	Район	Подрайон	Существующие	Планируемые	
I. Западно-Сибирская низменность	I.1. Северо-Западно-сибирский	I.1.a. Ямальский	Оленеводство, рыболовство, пушной промысел, морской транспорт	Нефтегазодобывающая, трубопроводный транспорт	
		I.1.б. Нижнеобский	Салехардский транспортный узел, оленеводство, пушной промысел, нефтегазодобыча	Нефтегазодобывающая, туризм	
		I.1.в. Тазовский	Газодобывающая, транспорт трубопроводный, железнодорожный, автомобильный, электроэнергетика, оленеводство	Нефтегазодобывающая, транспорт водный, трубопроводный	
	I.2. Южно-Западно-сибирский	I.2.a. Ханты-Мансийский	Нефтегазодобывающая, энергетика, лесопромысловая, трубопроводный, водный, железнодорожный, автотранспорт	Аграрно-промышленная, туризм	
		I.2.б. Чulyмо-Кетский	Нефтегазодобывающая, лесопромышленная, охото-рыболовно-промысловая	Аграрно-промысловая	
		I.2.в. Ачинский	Животноводство, деревообрабатывающая	Земледелие, химическая	
		I.2.г. Среднеиртышский	Нефтеперерабатывающая, химическая, машиностроение, аграрный комплекс	Горнодобывающая	
		I.2.д. Барабинский	Земледелие, животноводство, цветная металлургия, химическая, машиностроение	Горнодобывающая	
	II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири	II.1. Северо-сибирский	II.1.a. Таймырский	Пушной промысел, оленеводство, рыбный промысел	Топливо-горнорудная
			II.1.б. Хатангский	Пушной промысел, оленеводство	Газодобывающая
II.2. Средне-сибирский		II.2.a. Путорано-Тунгусский	Горнодобывающая, цветная металлургия, охотничий промысел, лесное хозяйство	Разработка месторождений нефти и газа	
		II.2.б. Анабаро-Оленекский	Охото-рыболовно-промысловая, геологоразведка, оленеводство	Горнорудная, горно-химическая	
		II.2.в. Ангаро-Тунгусский	Горнорудная, лесное хозяйство, охото-рыболовно-промысловая	Гидроэнергетика, нефтегазодобывающая	
		II.2.г. Ангаро-Ленский	Лесозаготовка, гидроэнергетика, деревообрабатывающая, цветная металлургия, угольная, скотоводство, земледелие, машиностроение, нефтеперерабатывающая, химическая	Высокоперспективная развивающаяся нефтегазодобывающая промышленность	
II.3. Якутский		II.3.a. Лено-Вилуйский	Оленеводство, алмазодобывающая, горнодобывающая	Нефтегазодобывающая	
		II.3.б. Вилуйский	Скотоводство, очаги земледелия, добывающей и обрабатывающей промышленности	Якутский газоперерабатывающий комплекс	
		II.3.в. Лено-Алданский	Оленеводство, охотничьи промыслы, лесная и горнорудная промышленность	Горнорудная и горнодобывающая	

Окончание табл. 2

Единицы эколого-геоморфологического районирования			Виды хозяйственной деятельности		
Регион	Район	Подрайон	Существующие	Планируемые	
III. Горы Южной Сибири	III.1. Горно-алтайский	—	Горнорудная, лесная	Рекреация	
	III.2. Кузбасский	—	Цветная и черная металлургия, угледобыча, химическая, тяжелое машиностроение	Аграрный комплекс	
	III.3. Саяно-Тувинский	III.3.а. Западно-Саянский	—	Молочно-мясное скотоводство, овцеводство, зерновое земледелие	Горнорудная промышленность
		III.3.б. Тувинский	—	Мясо-шерстное овцеводство, мясо-молочное скотоводство, охотничьи промыслы	Добыча полиметаллических руд, рекреация
	III.4. Восточно-Саянский	III.4.а. Предсаянский	—	Молочно-мясное скотоводство, овцеводство, земледелие	Горнодобывающая
		III.4.б. Горносаянский	—	Лесной промысел, скотоводство	Горнорудная, рекреация
	III.5. Байкало-Патомский	—	Лесные промыслы, горнодобывающая, в т. ч. золоторудная	Горнодобывающая	
	III.6. Прибайкальский	III.6.а. Байкальский	—	Охото-рыболовно-промысловая, рекреация, туризм, лесное хозяйство, скотоводство	Рекреация, туризм, сельское хозяйство
		III.6.б. Чаро-Витимский	—	Лесные промыслы, оленеводство, очаги горнодобывающей промышленности	Горнорудная промышленность
	III.7. Забайкальский	III.7.а. Верхневитимский	—	Лесные промыслы, очаги горнорудной и деревообрабатывающей промышленности	Долинное земледелие, животноводство
		III.7.б. Шилко-Хилонский	—	Лесное и сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность, машиностроение, горнорудная, пригородное сельское хозяйство	Горнодобывающая, лесоперерабатывающая, лесохимическая
		III.7.в. Онон-Аргунский	—	Овцеводство, скотоводство, обширные очаги горнодобывающей промышленности	Туризм, земледелие
	IV. Горы и равнины Северо-Востока Сибири	IV.1. Становой	—	Оленеводство, лесные промыслы, горнорудная, пригородное сельское хозяйство	Металлургические комбинаты
IV.2. Верхояно-Улаханский		IV.2.а. Верхоянский	—	Пушной промысел	Горнодобывающая
		IV.2.б. Улаханский	—	Редкие очаги горнодобывающей промышленности	Горнорудная
IV.3. Яно-Оймяконский		IV.3.а. Янский	—	Оленеводство, коневодство	Дальнейшее развитие
		IV.3.б. Верхнеиндигирский	—	Оленеводство, пушной промысел	Угольная промышленность
IV.4. Черский		IV.4.а. Западно-черский	—	Редкие очаги золотодобычи	Горнодобывающая
		IV.4.б. Восточно-черский	—	Редкие очаги горнорудной промышленности	Горнодобывающая
IV.5. Юкагиранский		—	—	Очаги горнорудной промышленности	Олово- и золотодобывающая
IV.6. Яно-Колымский		IV.6.а. Алазейский	—	Промыслы пушного и морского зверя, рыбные промыслы	Дальнейшее развитие
		IV.6.б. Нижнеиндигирский	—	Оленеводство, пушной промысел	Дальнейшее развитие

районирования Сибири [16], т. к. природно-хозяйственный процесс невозможно изучать без выделения территории его воздействия. Природно-хозяйственные районы формируются исторически, в них складываются устойчивые системы ведения хозяйства, производственные отрасли экономики имеют в основе местные природные ресурсы, а сферы действия региональных межотраслевых комплексов охватывают территории, обеспеченные этими ресурсами. Природно-хозяйственный район имеет собственную отрасль специализации, обусловленную экономико-географическими факторами, образуется и развивается на основе общественного территориального разделения труда, создания специализированных производств.

Для районирования Сибири по опасным геоморфологическим процессам границы природно-хозяйственных районов будут иметь важное (хотя и не детерминирующее) значение, т. к. выделяют главные территориально-производственные комплексы и специфику их хозяйственной структуры, для которых геоморфологические процессы могут представлять опасность. Поэтому необходим комплексный прогнозный сценарий развития опасных геоморфологических процессов по отношению к конкретным видам природопользования для превентивных мер в отношении ЧС природного и природно-техногенного характера.

Регионы и районы выделены на морфоструктурной основе. Для подрайонов дополнительно учитывался класс геоморфологических процессов по их генезису. Опасные геоморфологические процессы выделялись по их реально существующему или возможному в ближайшей перспективе (5—10 лет) негативному воздействию на главные виды хозяйственной деятельности в единицах районирования (см. табл. 2). Ведущими критериями при оценке по природно-геоморфологическому фактору являлись основные характеристики рельефа (высота, расчлененность) и преобладающие по площади и интенсивности рельефообразующие процессы. Опасность по антропогенному фактору обуславливается преобразованием рельефа в результате хозяйственной деятельности и характеризуется площадью нарушенных земель и глубиной (масштабом) их трансформации особенно при таких видах антропогенной деятельности, как добыча полезных

ископаемых, гидроэнергетика, горно-перерабатывающая промышленность, транспортное освоение, сельское хозяйство, лесозаготовки.

Большинство отраслей экономики Сибири имеет широкое площадное распространение. Они как сами активно воздействуют на рельеф, так и подвергаются столь же активному воздействию со стороны геоморфологических процессов, и к ним применяется специальный региональный подход [17]. Но многие отрасли экономики, такие как машиностроение, металлургия, химическая и легкая промышленность, концентрируются в крупных городах Сибири. Предприятия этих отраслей функционируют на землях, уже распланированных при строительстве, где уже проведена оценка опасных процессов, учтено их распространение, сила и масштаб проявления в соответствии со специальными методиками [18—20 и др.]. Поэтому города в статье не анализируются. Опасные геоморфологические процессы определены и методически согласованы со специальными нормативными документами: СНиП 22-01-95 «Геофизика опасных природных воздействий»; СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства»; СНиП 22-02-2003 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов», а также на основе регламентов МЧС России. Рассмотрим единицы районирования на предмет развития в них базовых видов хозяйственной деятельности и опасных геоморфологических процессов, а также региональные особенности их функционирования на примере только одного региона Сибири.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.1. Северосибирский район. II.1.а. Таймырский подрайон.* В промышленном отношении подрайон практически не освоен, представлено традиционное природопользование коренных северных народов Сибири. В планах экономического развития Арктического шельфа России значится формирование на Таймыре топливно-энергетического хозяйства, разведаны месторождения углеводородов и оловорудоносные россыпи касситерита. В 2014 г. компания «Роснефть» совместно с Exxon-Mobile разведала на шельфе Карского моря богатые месторождения нефти. Эти перспективы связаны с активным развитием Северного морского судоходства и Усть-Енисейского транспортно-промышленного узла

(Дудинка, Норильск), который расположен уже за пределами подрайона. Основными опасными геоморфологическими процессами могут стать абразионные, термо- и ледово-абразионные, в горах Бырранга это комплексные гравитационно-мерзлотные с активной солифлюкцией и криогенным крипом, а в окрестностях оз. Таймыр — термокарстовые. Густая гидросеть в горах Бырранга, глубоко расчлененный рельеф, достаточное атмосферное увлажнение сопровождаются активным развитием эрозионных и гравитационных процессов (обвалы, осыпи, оползни), плоскостным смывом, струйчатой эрозией, высокоподвижными делювиальными и коллювиальными плащами.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.1. Северосибирский район. II.1.б. Хатангский подрайон.* Подрайон во многом аналогичен предыдущему, но отличается спецификой собственно опасных геоморфологических процессов на Северосибирской низменности, которая лишь местами осложнена небольшими горными поднятиями: кряжи Чекановского и Прончищева, гряда Хара-Таас. Поэтому реальную геоморфологическую опасность для хозяйственной инфраструктуры могут представлять главным образом береговые абразионные и ледово-абразионные процессы в эстуарии р. Хатанги, а также аккумулятивные — в дельте р. Лены. Также очень широкое развитие в подрайоне получил весь комплекс опасных криогенных процессов и явлений, особенно в обводненных грунтах в сочетании с биогенно-хемогенным болотообразованием. Поднятия, увалы и кряжи изрезаны речными долинами с активной эрозией, оврагообразованием, плоскостным смывом, морозным выветриванием по склонам, солифлюкцией, криогенным крипом, развиты подвижные курумы.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.2. Среднесибирский район. II.2.а. Путорано-Тунгусский подрайон.* Подрайон имеет два основных направления развития хозяйства: горнодобывающая промышленность и цветная металлургия — на севере (Норильский промышленный узел), лесное хозяйство и охотничьи промыслы — на юге. В перспективе намечается разработка месторождений нефти и газа на Сибирской платформе. Территория подрайона занята Среднесибирским плоскогорьем, где развиты преимущественно флювиальные

и комплексные денудационные процессы. Опасность среди них могут представлять глубинная и боковая эрозия, оврагообразование, плоскостной смыв и струйчатая эрозия, которые в условиях переувлажненных грунтов формируют динамически неустойчивые делювиальные покровы. В северо-западной части подрайона, на правобережье р. Енисей активно проявлен термокарст, а на пойменно-долинных участках — термоэрозия. На возвышенных участках рельефа, таких как плато Путорана, Сыверма, часть Центральнотунгусского плато, развито морозное выветривание, а на водоразделах — комплекс нивальных форм рельефа.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.2. Среднесибирский район. II.2.б. Анабаро-Оленекский подрайон.* Подрайон в хозяйственном отношении слабо освоен; представлены в основном охото-рыболовно-промысловые отрасли, геологоразведка, традиционное оленеводство. В перспективе намечается развитие горнорудной, горнодобывающей и горно-химической отраслей промышленности, ориентированных на обеспечение сырьем южных районов Сибири. На значительной части территории подрайона, особенно в нижних частях бассейнов рек Анабар и Оленек, развиты криогенные процессы, в основном солифлюкция и криогенный крип, осложненные очагами термокарста. Возвышенные участки Анабарского и Вилюйского плато подвержены опасным эрозионно-денудационным процессам, таким как активная глубинная и боковая эрозия, плоскостной смыв и струйчатая эрозия на переувлажненных сезонно-мерзлых грунтах, оврагообразование.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.2. Среднесибирский район. II.2.в. Ангаро-Тунгусский подрайон.* Кроме традиционного природопользования и охотничьих промыслов главной отраслью хозяйства является лесная промышленность, которая выступает в качестве сырьевой базы для развития лесоперерабатывающей и лесохимической промышленности в более южном Ангаро-Ленском подрайоне. Территорию полностью занимают Енисейский кряж и Центральнотунгусское плато. Климат менее суровый, чем в предыдущем подрайоне, поэтому комплекс криогенных процессов не представляет существенной опасности для развития существующих отраслей хозяйства. Но флювиальные

и комплексные денудационные процессы следует учитывать. Основное беспокойство вызывает кумулятивный эффект, возникающий от плоскостного смыва на мощных, сильно обводненных делювиальных грунтах в очагах их активного морозного выветривания и сезонно-мерзлого пучения. Таких очагов в подрайоне достаточно много. Кроме того, в долине р. Ангары, особенно вдоль ее правого берега, активно развиваются эрозионные процессы, а на левом, более пологом берегу — оврагообразование. На Енисейском кряже рельеф глубоко расчленен, и здесь активно развиваются опасные обвальнo-осыпные процессы, подвижные курумы.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.2. Среднесибирский район. II.2.г. Ангаро-Ленский подрайон.* Это один из самых развитых и многообразных в хозяйственном отношении подрайонов Сибири. Его северная часть — это территория развития крупного лесопромышленного комплекса: лесодобыча, первичная и вторичная деревообработка, лесохимическая, целлюлозно-бумажная промышленности; развита цветная металлургия. На Енисейском и Ангарском кряжах, на юге Центральнотунгусского и Приленского плато преобладают эрозия, плоскостной смыв, комплексная денудация. На водохранилищах опасность представляют береговые процессы: оползни, размывы берегов, просадки грунта, пльвуны; здесь инструментально зарегистрированы случаи наведенной сейсмичности, которая является дополнительным источником энергии для развития опасных процессов. В центральной части широко представлен горнодобывающий комплекс: эксплуатируемые месторождения нефти и газа с сопровождающей их инфраструктурой, трубопроводами. Из-за резко континентального климата опасность представляет широкий комплекс криогенных процессов. Масштабное развитие карбонатных пород в бассейнах Ангары, Лены, Киренги предопределяет опасность инфильтрационных карстовых процессов, суффозии. По долинам рек встречаются очаги биогенно-хемогенного заболачивания. На юге Иркутско-Черемховской равнины, Онотской возвышенности, в бассейне р. Куды развито сельское хозяйство, на юго-западе расположены крупные карьеры по добыче бурых углей — Иркутско-Черемховский угольный разрез, на самом юге — Иркутский промышленный узел с высоко-

технологичными отраслями хозяйства: цветная металлургия, нефтепереработка, нефтехимия, машиностроение, химическая промышленность и др. Одновременно картина развития опасных геоморфологических процессов здесь самая разнообразная. Имеют место активные флювиальные эрозионные процессы, дефляция, оврагообразование, инфильтрационные карстовые процессы, суффозия, заболачивание, плоскостной размыв, оползни, сильно развиты антропогенно спровоцированные опасные геоморфологические процессы. В крупных городах Иркутской области — Иркутске, Ангарске, Усолье-Сибирском, Черемхово, Шелехове — активно проявлена техногенная суффозия, которая сопровождается глубокими просадками грунта.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.3. Якутский район. II.3.а. Лено-Вилюйский подрайон.* Северо-восточные территории, тяготеющие к нижнему течению р. Лены, являются местами традиционного природопользования северных народов Сибири. Здесь развиты активные криогенные процессы, такие как солифлюкция, термокарст, бугры пучения, гидролакколиты, а также биогенно-хемогенные и аллювиальные процессы заболачивания, но опасности для этих видов хозяйства они не представляют в силу высокой степени их адаптивности. На юго-западе подрайона развита горнорудная промышленность, главным образом алмазодобывающая. И здесь по окраинным частям Центральнотунгусского, Анабарского и Приленского плато широко развиты флювиальные и комплексные денудационные процессы. Прежде всего это плоскостной смыв в сочетании со струйчатой эрозией, морозным выветриванием и накоплением подвижных делювиальных плащей. Следует отметить опасные геоморфологические процессы, развивающиеся вдоль берегов Вилюйского водохранилища. Встречаются очаги активной эрозии в долинах рек.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.3. Якутский район. II.3.б. Вилюйский подрайон.* Подрайон включает ареалы развития традиционного природопользования саха-якутов с характерным для них скотоводством (наиболее широко представлено коневодство), встречаются очаги земледелия, добывающей и обрабатывающей промышленности. Началась разработка газовых месторождений с перспективой создания Якутского газоперерабатыва-

ющего комбината. Значительная часть территории на северо-востоке Центральноякутской равнины в междуречье Лены и Вилюя низменная, заболоченная, но встречаются обширные очаги активной эоловой седиментации, дефляции. Лишь в самой юго-западной части подрайона, на окраинах Приленского плато, развиты флювиальные процессы, преимущественно в виде плоскостного смыва, а по долине самой р. Вилюй активно протекает боковая и глубинная эрозия. Тем не менее в связи с общим сравнительно низким уровнем хозяйственного освоения опасность геоморфологических процессов в подрайоне невелика.

*II. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. II.3. Якутский район. II.3.в. Лено-Алданский подрайон.* По всему северу подрайона развито традиционное природопользование: оленеводство, мясо-молочное скотоводство. В юго-восточной части Центральноякутской равнины преобладают опасные процессы заболачивания, долинной аккумуляции, плоскостного смыва в нижней части бассейна р. Амга. На западе подрайона развиты в основном охотничьи промыслы и лесная промышленность, для которых опасность представляют криогенные и комплексные денудационные процессы. На юго-востоке подрайона развивается и имеет большие перспективы горнодобывающая и горнорудная промышленность. Здесь на Алданском плато по долинам рек доминируют опасные мерзлотные процессы в виде солифлюкции и криогенного крипа, а по водоразделам и склонам распространены опасные флювиальные процессы линейной и плоскостной эрозии, делювиального смыва, оврагообразования в комплексе с морозным выветриванием.

## Заключение

В заключение еще раз отметим, что все опасные геоморфологические процессы на карте районирования выделены по отношению к конкретным видам хозяйственной деятельности, которые преобладают в настоящий момент или планируются в ближайшей перспективе. Если в будущем изменятся набор, содержание и структура природопользования, соответственно изменятся спектр и структура опасных геоморфологических процессов, степень и масштабы их негативного воздействия, возможно, активизируются или появятся новые.

Проведенное районирование Сибири отвечает нуждам общегосударственной политики РФ, поскольку в современных политических и социально-экономических условиях совершенствование внутригосударственного управления экономикой немислимо без регионального самоуправления. Единицы районирования Сибири не являются изолированными от всего народно-хозяйственного комплекса РФ, а представляют собой органичную его часть, тесно связанную с другими подобными структурами обменом производимой продукции, товарно-денежными, экономическими, социальными, общественно-политическими и другими отношениями. Выделенные районы законодательно не закреплены, но сосредоточивают в себе полноценную статистическую информацию по геоэкологическим проблемам Сибири.

Районирование Сибири по опасным геоморфологическим процессам в круге задач, решаемых МЧС РФ, будет способствовать обоснованию и внедрению особой федеральной и региональной политики по предупреждению и ликвидации ЧС природного и природно-техногенного характера, обуславливает необходимость создания соответствующей правовой базы. В устойчивом административно-государственном механизме защита от опасных процессов происходит упорядоченно и обоснованно. Для достижения такого состояния структурам МЧС совместно с административно-управленческим аппаратом необходимо решать ряд многокритериальных задач, поскольку они затрагивают интересы как регионов, так и страны в целом. Но развитие регионов не происходит изолированно от смежных областей. Эта ситуация заложена в их экономической и природной общности, географических закономерностях и явлениях не только на отдельных территориях, но и в природных зонах в целом.

Для Сибирского региона особенно актуально то обстоятельство, что в условиях рыночных отношений и высокой конкуренции, активно протекающего в стране импортозамещения новые черты приобретает такой важный районообразующий фактор, как территориальная комплексность хозяйства. Главными ее показателями становятся четкое соответствие хозяйства (природопользования) региона его природным и экономическим условиям, рациональное сочетание хозяйственных отраслей

на базе ведущих специализирующих производств и их территориальной концентрации, сходство отраслевой структуры. Но при этом важными требованиями комплексного развития регионов наряду с охраной природы и природных ресурсов становятся эффективно функционирующая система защиты населения и хозяйства от стихийных бедствий и катастроф, профилактика ЧС природного и природно-техногенного характера. Проведенное геоэкологическое районирование Сибири по опасным геоморфологическим процессам будет способствовать выполнению этого требования.

## Литература

1. Порфирьев Б.Н. Экономика природных катастроф // Вестник РАН. 2016. Т. 86. № 1. С. 3—17.
2. Акимов В.А., Воробьев Ю.Л., Фалеев М.И. и др. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. М.: Абрис, 2012. 592 с.
3. Ласточкин А.Н. Общая теория геосистем. СПб.: Лема, 2011. 980 с.
4. Черванев И.Г., Боков В.А. Развитие представлений о саморегулировании и самоорганизации рельефа // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 14—19.
5. Кузьмин С.Б. Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск: ГЕО, 2009. 195 с.
6. Кузьмин С.Б., Шаманова С.И. Районирование Иркутской области по опасным геоморфологическим процессам и их синергетическое моделирование // Известия РГО. 2014. Т. 146. № 2. С. 9—21.
7. Тикуннов В.С. Классификации в географии. Смоленск: Изд-во Смоленского госуниверситета, 1997. 367 с.
8. Мильков Ф.Н., Михно В.Б., Федотов В.И. и др. Эколого-географические районы Воронежской области. Воронеж: Изд-во Воронежского госуниверситета, 1996. 216 с.
9. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981. 560 с.
10. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А. Информационная экология. СПб.: Нордмед-Издат, 1998. 208 с.
11. Елисеева И.И., Рукавишников В.О. Группировка, корреляция, распознавание образов. М.: Статистика, 1977. 144 с.
12. Енюков И.С. Методы, алгоритмы, программы многомерного статистического анализа. М.: Финансы и статистика, 1986. 232 с.
13. Умывакин В.М. Интегральная эколого-хозяйственная оценка и управление земельными ресурсами в регионе. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного педагогического университета, 2002. 178 с.
14. Кузьмин С.Б. Классификация опасных морфогенетических процессов Иркутской области // Известия РГО. 2006. Т. 138. Вып. 3. С. 64—70.
15. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. М.: ГУВШЭ, 2000. 495 с.
16. Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Многорегиональные системы: экономико-математическое исследование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 370 с.
17. Абалаков А.Д., Кузьмин С.Б., Базарова Н.Б., Новикова Л.С. Природно-хозяйственное районирование Сибири // Известия ИГУ. 2013. Серия: Науки о Земле. Т. 6. № 2. С. 17—34.
18. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Региональные карты природных и природно-техногенных опасностей и карты геоморфологического риска // Прикладная геоэкология. М.: ИЛСАН, 1999. Вып. 3. С. 150—154.
19. Курбатова А.С., Мягков С.М., Шныпарков А.Л. Природный риск для городов России. М.: НИИПИ экологии городов, 1997. 240 с.
20. Лихачева Э.А., Просунцова Н.С., Локшин Г.П. Критерии эколого-геоморфологической оценки городской территории // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1998. Вып. 6. С. 3—16.
21. Кузьмин С.Б., Шаманова С.И. Принципы оценки эколого-геоморфологического дискомфорта урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2010. № 3. С. 30—34.

## Сведения об авторе

**Кузьмин Сергей Борисович:** доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН

Число публикаций: 180, монографий — 10

Область научных интересов: геоэкология, геоморфология, ландшафтоведение, природопользование, охрана природных ресурсов

*Контактная информация:*

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

Тел.: +7 (914) 872-04-56

E-mail: kuzmin@irigs.irk.ru

УДК 911.52:528.94

# Анализ и картографирование чувствительности и экологической устойчивости геосистем для информационного обеспечения географического прогноза (на примере бассейна оз. Байкал)<sup>1</sup>

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

**Т. И. Кузнецова,**  
Институт географии  
им. В. Б. Сочавы СО РАН,  
г. Иркутск

## Аннотация

Работа выполнена в лаборатории картографии, геоинформатики и дистанционных методов Института географии им. В.Б. Сочавы (г. Иркутск) в рамках электронного Экологического атласа развития бассейна озера Байкал. Решается фундаментальная научная проблема, касающаяся создания обзорных электронных карт состояния природной среды территорий двух суверенных государств — России и Монголии — для информационного обеспечения разработки стратегии развития крупного региона и прогнозирования экологических последствий на основе представлений о функционировании и динамике геосистем сибирской школы географов.

Разработана специализированная классификация геосистем, в которой наряду с морфотипическими отражены их функциональные и динамические характеристики, позволяющие оценить чувствительность и экологическую устойчивость и обеспечить переход от инвентаризационного этапа исследования к прогнозу будущего состояния геосистем. Проведен картографический анализ структуры геосистем уровня геомов и создан блок электронных карт: базовая карта «Геосистемы бассейна озера Байкал» и производные от нее карты «Чувствительность» и «Экологическая устойчивость» геосистем бассейна оз. Байкал масштаба 1:5 000 000, которые могут быть использованы для обеспечения информационной поддержки решения экологических проблем крупного региона.

**Ключевые слова:** бассейн озера Байкал, геосистемы, интенсивность функционирования, динамические категории, чувствительность, экологическая устойчивость, электронное картографирование.

## Содержание

Введение  
1. Материалы и методы  
2. Результаты исследования  
Заключение  
Литература

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 16-05-00902 и Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» по договору 172014/РГО-РФФИ от 13 июля 2015 г.

## Введение

Известно, что электронные региональные атласы разрабатываются для справочно-информационного обеспечения анализа состояния природных, природно-хозяйственных и социальных систем. Исходными материалами для их создания чаще всего служат непосредственно эмпирические данные. Более сложные задачи, касающиеся выработки стратегии развития крупных регионов и географического прогноза его последствий, требуют создания специализированных карт комплексного геосистемного содержания. Помощью таких карт рациональнее осуществлять решение практических задач создания программно-целевых картографических информационных систем (КИС), так как в дальнейшем уже не требуется процедура абстрагирования и выделения наиболее существенного из массы географических данных. В этом плане электронные карты состояния геосистем, чувствительности и экологической устойчивости, характеризующие соотношение параметров их структуры и функционирования, являются базовой основой для географического прогноза возможных изменений природы вследствие ее спонтанного развития или внешнего воздействия [1].

Как показывает картографический анализ, существующие в настоящее время обзорные традиционные и электронные карты геосистем бассейна озера Байкал в рамках территорий двух суверенных государств — России и Монголии — содержат преимущественно их морфотипические характеристики [2, 3], поэтому способны отобразить лишь наиболее представительные комплексы природных условий, которыми характеризуется инвентаризационный диапазон эколого-географических ситуаций крупного региона, и не могут обеспечить возможности оценки их изменений.

В связи с этим целью исследования стала разработка научных основ создания обзорной электронной картографической информационной системы (КИС) «Состояние геосистем бассейна оз. Байкал». Ее назначение — показать разнокачественность природной структуры крупного региона в плане возможностей ее изменения в результате спонтанного развития или внешнего, в том числе антропогенного, воздействия.

Для этих целей решались следующие задачи: 1 — разработать содержание специализированной

КИС; 2 — разработать принципы специализированной классификации геосистем; 3 — разработать содержание базовой карты КИС: «Геосистемы бассейна озера Байкал»; 4 — провести картографический анализ закономерностей пространственной дифференциации геосистем и создать производные карты «Чувствительность» и «Экологическая устойчивость» геосистем бассейна оз. Байкал; 5 — провести анализ дифференциации геосистем по степени их чувствительности и экологической устойчивости к внешнему воздействию.

## 1. Материалы и методы

В исследовании чувствительности и экологической устойчивости геосистем бассейна оз. Байкал была использована научная концепция об интегральном функционировании и его модификациях, разработанная А. А. Григорьевым и М. И. Будыко [4] и дополненная впоследствии многими исследованиями географических закономерностей структуры и функционирования геосистем [5, 6].

Информационную основу исследования составили: «Корреляционная карта эколого-фитоценологических комплексов Азиатской России» (м-ба 1:7 500 000), разработанная И. И. Брукс с соавторами [7]; система ландшафтов России, разработанная А. Г. Исаченко для «Эколого-географической карты Российской Федерации» (м-ба 1:4 000 000) [8], а также ряд монографий и статей [9—11], в которых приводятся систематизированные данные с представлением зональных типов ландшафтов, их тепло-, влагообеспеченности и биологической продуктивности растительного компонента. Они широко использовались для эколого-фитоценологической индикации состояния геосистем.

Для корректировки многочисленных разномастных материалов использовались специально принятые обобщенные подразделения геосистем, разработанные на основе карт: «Физико-географическое районирование» (м-ба 1:8 000 000) и «Ландшафты юга Восточной Сибири» (м-ба 1:1 500 000) [12], «Природные ландшафты Байкальского региона и их использование» [13], «Ландшафты бассейна оз. Байкал» (м-ба 1:5 000 000) [2], серии карт «Ландшафтная среда бассейна оз. Байкал» (м-ба 1:5 000 000) [3]. Наряду с этим использовались карты ландшафтов, климатического и природного рай-

онирования Национального атласа Монгольской Народной Республики (м-ба 1:3 000 000) [14].

Объектами рассмотрения служат таксоны регионально-типологической классификации геосистем В.Б. Сочавы [6]. Основной классификационной единицей является геом как ячейка между подразделениями природной среды региональной и топологической размерности. Его характеристики наиболее полно учитывают общее состояние физико-географических процессов и биологическую продуктивность геосистем, которые на основе ряда интерпретационных исследований увязываются с чувствительностью и экологической устойчивостью геосистем как степенью их общей реакции на оказываемое воздействие.

Для перевода геосистемных характеристик в структуру качественных экологических оценок чувствительности геосистем использовалась разработанная ранее методика исследования, основу которой составляет многоаспектный многоуровневый геосистемный анализ [15, 16]. Он позволяет изучить организацию природной структуры региона, определить методами эколого-фитоценотической индикации состояние геосистем выбранного таксономического уровня [13, с. 21—23], провести декомпозицию разработанной базовой комплексной карты геосистем, созданной на основе специализированной классификации, включающей типологический, функциональный и динамический ряды их характеристик, в соответствии с основной целью картографирования.

## 2. Результаты исследования

На первом этапе исследования была разработана специализированная классификация геосистем бассейна оз. Байкал (подписи к рис. 1). Для ее построения изначально были установлены конкретный уровень проработки материала и основной таксономический тип геосистем, относительно которого определялось динамическое качество всех других геосистем. В целом классификация выглядит неизбежно громоздкой, потому что наряду с морфотипическими содержит функциональные и структурно-динамические характеристики геосистем.

*Морфотипические характеристики геосистем.* Морфотипические характеристики геосистем отражены в названиях геомов и их классификацион-

ных объединений (подгруппы геомов — группы геомов — подклассы геомов — классы геомов — типы природной среды — свиты типов природной среды) (см. подписи к рис. 1). Они позволяют отобразить наиболее представительные комплексы природных условий, которыми описывается возможный инвентаризационный диапазон экологических ситуаций исследуемого региона и которые наиболее отвечают задачам исследования чувствительности геосистем. В классификации содержатся характеристики растительного компонента геосистем, которые имеют индикационное значение при оценке их состояний, и характеристики местоположения геосистем, которые индицируют основные интеграционные ландшафтообразующие процессы.

*Интенсивность функционирования и чувствительность геосистем.* Эти характеристики наиболее полно характеризуют свойство саморегуляции геосистем «как часть сложного процесса восстановления нарушенной структуры или способность удерживать эту структуру на некоторый промежуток времени в определенных границах» [6, с. 71]. Они могут использоваться в качестве интегрального показателя чувствительности или инерционной устойчивости геосистем. Она имеет наибольшую взаимосвязь с типами геосистем и соотносится с тепло- и влагообеспеченностью их местоположений по принципу оптимальности, а также с биологической продуктивностью наземного растительного компонента по принципу максимума: чем больше, тем лучше. Поэтому менее чувствительными к антропогенному воздействию являются геосистемы оптимальных условий развития с высокой биологической продуктивностью, более чувствительными — редуцированных условий развития с низкой биологической продуктивностью (см. подписи к рис. 1).

На основе характеристик функционирования североазиатские геосистемы были подразделены на подгруппы природных условий — экстремального, редуцированного, ограниченного и оптимального развития, а также псевдотаежные и подтаежные геосистемы. Для геосистем редуцированного развития характерны умеренно холодные умеренно влажные и влажные местоположения, для геосистем ограниченного развития — умеренно теплые

влажные местоположения, а для геосистем оптимального развития — теплые влажные или умеренно влажные местоположения, подтаежные (травяные) геосистемы развиваются в условиях теплых недостаточно влажных местоположений (см. подписи к рис. 1). Степные геосистемы подразделены в зависимости от влагообеспеченности их местоположений на засушливые, сухие и очень сухие. В легенде карты представлены числовые значения тепло- и влагообеспеченности местоположений, значения биологической продуктивности растительности.

*Динамические категории и экологическая устойчивость геосистем.* Динамические категории геосистем (см. подписи к рис. 1), отраженные в легенде карты, обеспечивают прогнозирование состояния геосистем в будущем, так как они характеризуют степень уравновешенности внешней и внутренней сред геосистем, от которой зависит способность их быстрого восстановления, т. е. экологическая устойчивость. Относительные значения устойчивости определялись на основе геосистемного анализа с использованием в качестве фонового фактора характеристики природных условий тех геохор, в пределах которых они были выделены.

Так, например, все лесные геомы были выделены в рамках физико-географических областей. Территория бассейна оз. Байкал относится к Северной Азии (геохоре) и двум физико-географическим областям — Байкало-Джунджурской горно-таежной и Южно-Сибирской горной. Граница с ультраконтинентальной Центрально-Азиатской пустынно-степной областью нами проведена согласно В.Б. Сочаве южнее района исследования, по карте растительности Национального атласа Монгольской Народной Республики [14, с. 73] «по крайним северным пределам проникновения пустынно-степных типично центральноазиатских (гобийских) ландшафтов» [17, с. 15].

В пределах Южно-Сибирской области выделены также островные лугово-степные геосистемы (криофитно-разнотравные, разнотравно-крупнозлаковые и злаковые), сформировавшиеся в условиях подгорных и долинных местоположений и связанные с особенностями рельефа, континентальностью климата (низкими зимними температурами,

малым количеством твердых осадков и сравнительно небольшим количеством осадков, выпадающих в летние месяцы года). Они распространены преимущественно среди подтаежных светлохвойных массивов на карбонатных, сульфатных и соленосных отложениях и имеют относительно высокую продуктивность и значительное разнообразие составляющих их подсистем.

Исследование центральноазиатских (дауро-монгольских) геосистем проводилось в пределах групп провинций Южно-Сибирской физико-географической области, которые выделялись с учетом схем физико-географического районирования [18, 19, 20]. В состав первой горной Западнобайкальско-Хангайско-Хэнтэйской, или Хангайско-Даурской, группы провинций были включены: Селенгинско-Орхонская (с территорией Монголии) котловинно-среднегорная остепненная, Хилокско-Чикойская горнотаежно-котловинная остепненная и Оннон-Хэнтэйская (с территорией Монголии) котловинно-горнотаежная остепненная провинции.

Во вторую, Монгольскую, группу провинций вошли две провинции — Среднехалхаско-Монгольская и Восточно-Монгольская (с Онон-Аргунской на территории России) — степные возвышенных равнин. Северный склон Хангайского хребта в отличие от других авторов был включен нами в единую Западнобайкальско-Хангайско-Хэнтэйскую группу провинций в силу сходных с этой территорией ландшафтно-климатических закономерностей [14, с. 58].

По мере усиления неравнозначности отклонения внутри- и внешеструктурных характеристик структурно-геомерные модели были подразделены на категории экологической стабильности (устойчивости) геосистем: коренные (К) — наиболее стабильные; мнимокоренные (М) — стабильные; серийные (С) — менее стабильные; переходные (П) — условно стабильные; (УД) — устойчиво длительнопроизводные разной степени антропогенной нарушенности. В коренных (инвариантных) геосистемах воплощен их природный потенциал, определяющий наблюдаемые в природе переменные состояния и те производные структуры, которые можно создать с целью оптимизации природной обстановки или стимуляции воспроизводства ресурсов.

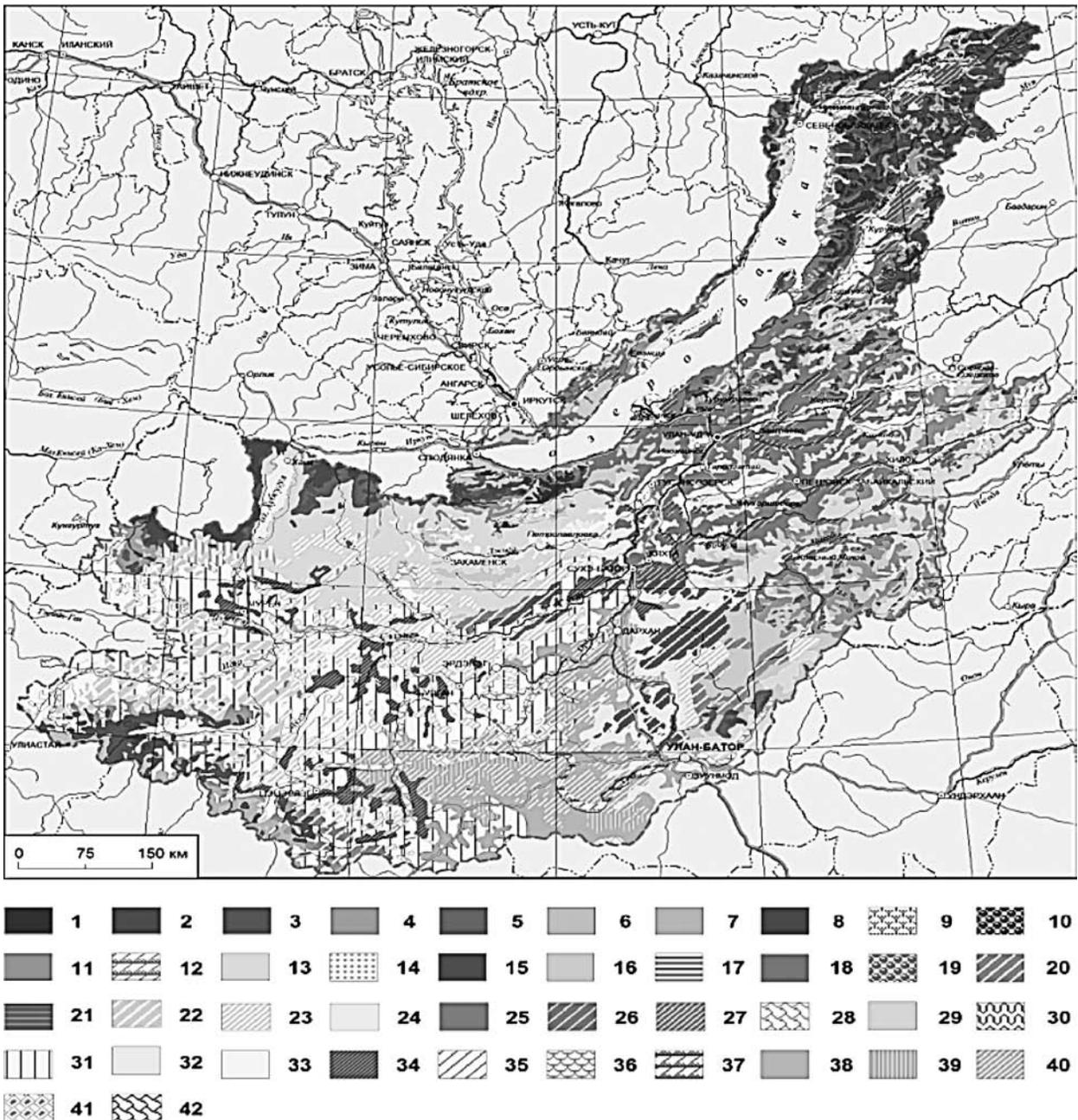


Рис. 1. Базовая карта «Геосистемы бассейна озера Байкал»

Природные структуры, их интегральная интенсивность функционирования и экологическая устойчивость.

А. АРКТО-БОРЕАЛЬНЫЕ СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ. А1. Гольцовые и подгольцовые восточносибирские и южносибирские экстремальных условий развития: низко- и среднепродуктивные, очень холодные — холодные, очень влажные — влажные. 1. Гольцовые альпинотипные (П). 2. Гольцовые криопетрофитные курумов и скал (С). 3. Гольцовые плоских поверхностей тундровые (К). 4. Подгольцовые кустарниковые (М, С). 5. Подгольцовые лиственнично-редколесные (М, С). 6. Подгольцовые темнохвойно-редколесные (М, С). А2. Лугово-тундровые южносибирские среднепродуктивные холодных влажных — умеренно влажных контрастных тепловых условий 7. Подгольцовые (субальпинотипные) луговые алтае-саян-

ского типа (М). 8. Высокогорные кобрезиевые (М). 9. Высокогорные остепненно-луговые (мелкозлаково-кобрезиевые), переходные к центральноазиатскому типу (П). А3. *Таежные светлохвойные байкало-джугджурские средне-высокопродуктивные влажные разных тепловых условий*. 10. Горнотаежные лиственничные редуцированного развития (К). 11. Межгорных понижений и долин таежные лиственничные редуцированного развития (М, С). 12. Межгорных понижений и долин таежные темнохвойные редуцированного развития (М, С). 13. Горнотаежные лиственничные ограниченного развития (К). 14. Межгорных понижений и долин таежные лиственничные ограниченного развития (М, С). 15. Горнотаежные лиственничные оптимального развития (М). 16. Подгорные и межгорных понижений таежные лиственничные оптимального развития (М, С). А4. *Таежные темнохвойные южносибирские средне-высокопродуктивные влажные разных тепловых условий*. 17. Горнотаежные темнохвойные редуцированного развития (М). 18. Горнотаежные темнохвойные ограниченного развития (К). 19. Подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные ограниченного развития (М, С). 20. Горнотаежные темнохвойные оптимального развития (П). 21. Подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные оптимального развития (П). А5. *Таежные светлохвойные южносибирские средне-высокопродуктивные контрастных тепловых условий*. 22. Горнотаежные лиственничные и кедрово-лиственничные ограниченного развития (К). 23. Подгорные и межгорных понижений таежные кедрово-лиственничные ограниченного развития (М, С). 24. Горнотаежные лиственничные сухомшистые оптимального развития (псевдотаежные, переходные к подтаежным) (П).

**Б. СЕМИАРИДНЫЕ. СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ.** Б1. *Подтаежные байкало-джугджурские повышено продуктивные теплых и недостаточно влажных условий*. 25. Горные подтаежные лиственничные (М). 26. Подгорные подтаежные лиственничные (М, УД). Б2. *Подтаежные южносибирские повышено продуктивные теплых и недостаточно влажных условий*. 27. Горно-таежные сосновые (К). 28. Горные подтаежные сосновые (М, П). 29. Подгорные подтаежные сосновые (боровых плато и долин) (С, П). Б3. *Остепненных лугов и лугово-степные долинные и низинные южносибирские средне-высокопродуктивные теплых недостаточно влажных условий*. 30. Подгорные (равнин и террас) лугово-болотные, осоково-злаковые, злаково-разнотравные закустаренные в сочетании с лиственничными лесами (С, УД). 31. Подгорные (равнин и террас) аллювиальных отложений кустарниково-осоковые в сочетании с еловыми лесами (С, УД).

**В. АРИДНЫЕ ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЕ (ДАУРО-МОНГОЛЬСКИЕ) СТЕПНЫЕ.** В1. *Горностепные хангайско-даурские (разнотравно-дерновиннозлаковые и дерновинноразнотравные) низко- и среднепродуктивные теплых сухих условий*. 32. Горностепные типчаковые (К). 33. Горностепные мятликовые (М). 34. Горностепные тонконоговые (М). 35. Межгорных понижений степные типчаковые (мерзлотные) (М). 36. Подгорные степные пижмово-тырсовые (П). 37. Подгорные и межгорных понижений степные вострещово-тырсовые (П). 38. Долинные степные в составе лугово-болотных, лугово-кустарниковых серий (С, УД). В2. *Степные высоких равнин, денудационных плато и плоских котловин среднехалхасско-монгольские (дерновиннозлаковые) низкопродуктивные очень теплых очень сухих условий*. 39. Межгорных равнин тырсовые (К). 40. Межгорных равнин карагановые (М). 41. Долинные солонцеватые в сочетании с осоковыми болотами и ивняками (С). 42. Бессточных депрессий и побережий озер солончаковые и солончаковато-луговые (переходные к гобийскому типу) (П).

**Примечание.** Биологическая продуктивность — годовой прирост, выраженный в весе сухой массы органического вещества надземной и подземной частей растений (ц/га сухой массы): минимальная (менее 20 ц/га), низкая (20—40 ц/га), средняя (40—60 ц/га), повышенная (60—80 ц/га), высокая (более 80 ц/га).

Теплообеспеченность (сумма биологически активных температур воздуха: сумма среднесуточных температур за период с температурами выше 10 °С): холодные (600—800 °С), умеренно холодные (800—1200 °С), умеренно теплые (1200—1600 °С), теплые (1600—2000 °С), очень теплые (более 2000 °С).

Влагообеспеченность (радиационный индекс сухости по М.И. Будыко): избыточно влажные (менее 0,5), влажные (0,5—1,0), умеренно влажные (1,0—1,5), недостаточно влажные (1,5—2,0), сухие (2,0—2,5), очень сухие (более 2,5) [11].

Динамические категории и экологическая устойчивость геосистем: К — коренные — наиболее стабильные; М — мнимокоренные — стабильные; С — серийные — менее стабильные; П — переходные — условно стабильные; УД — устойчиво длительнопроизводные разной степени антропогенной нарушенности.

*Дифференциация геосистем по степени их чувствительности и экологической устойчивости.* По результатам исследования составлена обзорная карта «Чувствительность геосистем бассейна оз. Байкал» (рис. 2). В первую группу «*максимально чувствительные очень нестабильные*» (1—9, 32—42) вошли североазиатские гольцовые тундровые и альпинотипные, высокогорные остепненно-луговые, подгольцовые кустарниковые, лиственнично-редколесные, каменноберезовые и темнохвойно-редколесные геосистемы холодных, часто избыточно влажных, местообитаний с минимальной или низкой продуктивностью наземной растительности. Их формирование обусловлено большими значениями абсолютной высоты над уровнем моря и связанной с ней относительно умеренной континентальностью климата, приходом солнечной радиации и прогреванием почвы, ветровым режимом и степенью увлажнения.

Для самых высоких отметок Прихубсугуля (около 3400 м), Хангая (более 4000 м), Восточного Саяна (около 3500 м), а также Байкальского и Баргузинского хребтов с отметками высот более 2800 м характерно наличие гольцовых альпинотипных нивально-гляциальных геосистем южносибирского (алтае-саянского) типа, созданных под воздействием снежников и ледников. Здесь развиты скальные и обвально-осыпные склоны, солифлюкционные процессы; преобладают альпинотипные луга, луговые тундры и пустоши на мерзлотных и холодных горно-луговых почвах.

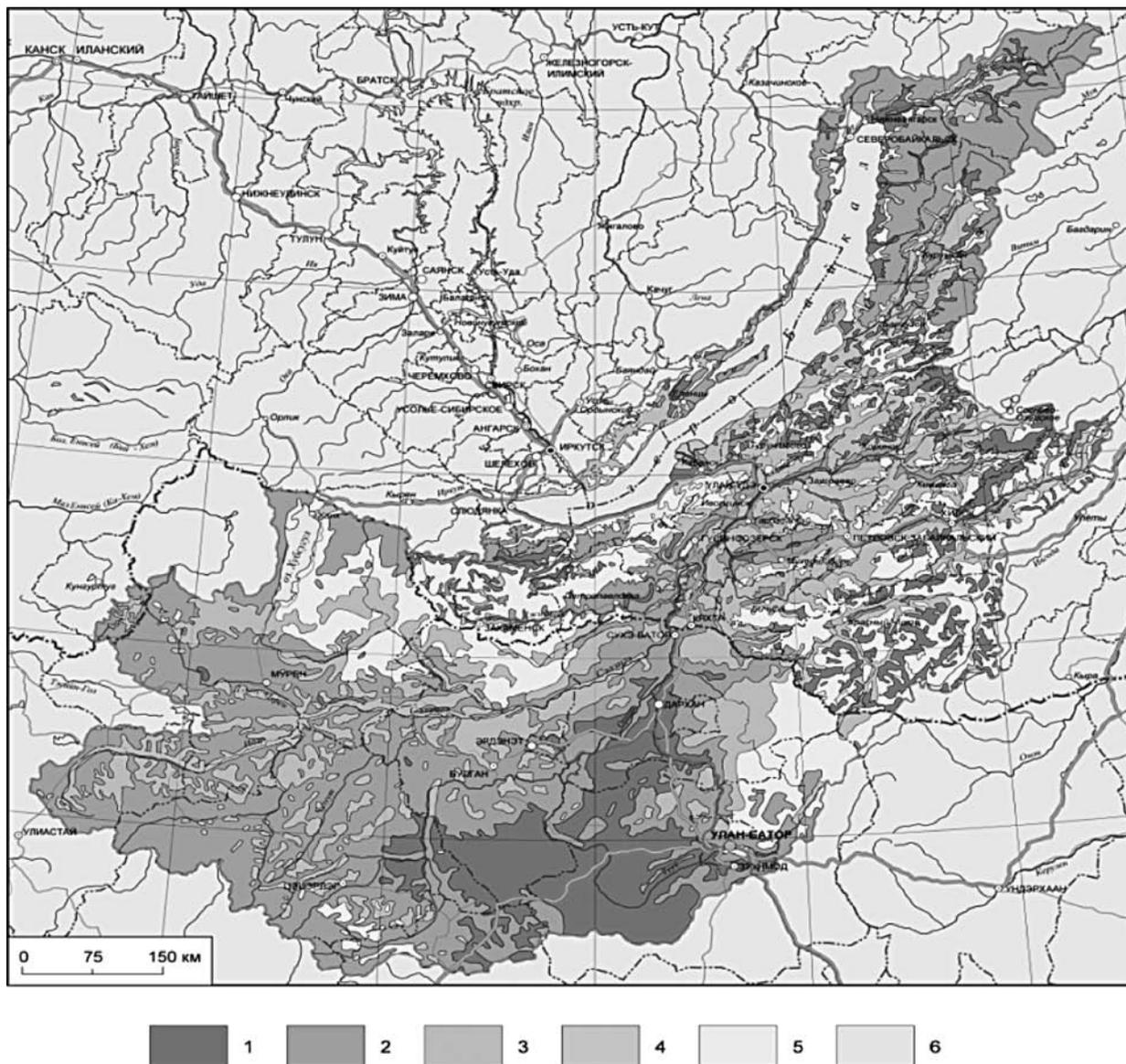
В окружении оз. Байкал наибольшие площади занимают гольцово-тундровые геосистемы байкало-джугджурского (восточносибирского) типа (преимущественно лишайниковые, мохово-лишайниковые, кустарничковые). В высокогорьях Прихубсугуля очень сильны позиции луговых высокогорных геосистем южносибирского типа: субальпинотипных луговых (алтае-саянских) с фрагментами кобрезиевых лугов на дерновых и глеевых горно-луговых почвах. На северном склоне Хангая гольцовые геосистемы, приуроченные к плоским вершинам и пологим склонам, представлены кустарниковыми и кустарничковыми тундрами с фрагментами криофитно-травяных (кобрезиевики, осочники) лугов, которые чередуются с высокогорными криофитно-разнотравными-дерновиннозлаковыми степями.

Подгольцово-редколесные геосистемы Прихубсугуля, Прибайкалья, Забайкалья и северного склона Хангая представлены южносибирскими и восточносибирскими преимущественно лиственничными и темнохвойными геосистемами (с кедровостланиковыми, ерниковыми, ерnikово-моховыми, овсяницево-моховыми или кобрезиевыми вариантами наземной растительности). На вершинах Хэнтэя преимущество имеют подгольцовые темнохвойно-редколесные кедровые кустарничково-зеленомошные и кедровые с лиственницей ерnikово-моховые и ерnikово-кустарничково-моховые геосистемы.

В экологическом плане все они выполняют средоформирующую функцию. Особенно велика их снего- и водосборная роль. Обеспечивая трансформацию воды, ее регулирование, перевод во внутрпочвенный сток, эти геосистемы несут большие гидрологические нагрузки. В целом, характеризуясь значительным недостатком тепла, слабо развитыми почвами, они отличаются высокой чувствительностью к внешнему воздействию и очень медленным восстановлением.

В эту же группу вошли горные степные западно-забайкальско-хангайско-хэнтэйские даурского типа геосистемы, в том числе склоновые и пологосклоновые разнотравно-дерновиннозлаковые и дерновиноразнотравные среднепродуктивные теплых сухих условий, а также подгорные караганово-злаковые, террас и шлейфов литофильные мелкодерновиннозлаковые, днищ котловин и долинные мерзлотные лугово-степные, лугово-болотные, солонцеватые низкопродуктивные геосистемы. Они формируются в условиях ультраконтинентального климата с выраженной цикличностью увлажнения и закономерным чередованием влажных и засушливых периодов лета. Их типологические закономерности и особенности определяются также крутизной и структурно-литологическими особенностями склонов (размером камней и щебня, содержанием в субстрате мелкозема, характером материнской горной породы и пр.).

Сюда же были отнесены геосистемы высоких равнин и денудационных останцов среднеалхасско-монгольские гемикриофильные (полухолодные) степные. Это преимущественно сухие степи, распространенные часто на мерзлотных и глубо-



*Рис. 2. Производная карта «Экологическая устойчивость и чувствительность геосистем бассейна озера Байкал»*

Степень чувствительности и экологической устойчивости геосистем бассейна оз. Байкал.

1. Максимально чувствительные очень нестабильные. 1—9 — очень значительный дефицит тепла и избыток влаги, низко- и среднепродуктивные; 39—42 — очень значительный дефицит влаги, минимально и низкопродуктивные. 2. Очень чувствительные нестабильные. 10—12, 17 — значительный дефицит тепла избыток влаги, низко- и среднепродуктивные; 32—38 — значительный дефицит влаги, низко- и среднепродуктивные. 3. Средней чувствительности условно стабильные. 25—31 — некоторый дефицит влаги, повышенная продуктивность. 4. Чувствительные относительно стабильные. 15, 16 — теплые влажные средне- и повышено продуктивные. 5. Менее чувствительные наиболее стабильные. 13, 14, 18, 19, 22, 23 — оптимальное соотношение тепла и влаги, средняя или повышенная продуктивность. 6. Малочувствительные стабильные. 20—21 — умеренно теплые с некоторым избытком влаги, высокопродуктивные.

копромерзающих каштановых почвах. Они представлены травяно-степными пижмовыми плоских поверхностей геосистемами, пологосклоновыми тырсово-пижмовыми, кроме этого, плакорными разнотравно-тырсовыми, пологосклоновыми змеяково-вострещовыми и караганово-тырсовыми вариантами. В большинстве своем они распаханы, поэтому коренная растительность здесь сильно изменена: сформировались устойчиво длительнопроизводные геосистемы. По долинам рек и в низинах распространены галофитно-луговые, ирисово-луговые, солончаковато-луговые и прочие геосистемы низкой и минимальной продуктивности.

Все сухостепные геосистемы выполняют важную средостабилизирующую водозащитную функцию, хотя их роль в регулировании стока сравнительно невелика. Вместе с этим в условиях большого испарения влаги растительный компонент этих геосистем обеспечивает сохранение существующего природного равновесия, изменение которого может привести к нарушению существующего режима увлажнения, дальнейшей аридизации почвенно-растительного покрова и, как следствие, структуры геосистем. Сухость степей весной и в первой половине лета создает большую пожароопасность. Растительность степей на песках и каменистых шлейфах в условиях сухих и очень сухих местообитаний наряду с водорегулирующей функцией выполняет почвозащитную и закрепляющую пески функцию.

К категории «*очень чувствительные нестабильные*» (10—12, 17, 24, 29) отнесены горнотаежные геосистемы редуцированных условий развития, формирующиеся преимущественно на вершинных участках или вогнутых поверхностях склонов, а также склонах северной экспозиции. Они отличаются невысоким уровнем теплообеспеченности и высокой влажностью местообитаний. Менее влажные из них — это крутосклоновые темнохвойные кустарничково-мохово-лишайниковые и рододендроновые геосистемы. При этом темнохвойные пихтово-кедровые, лиственнично-елово-кедровые и кедровые геосистемы сопровождаются преимущественно подлеском из кедрового стланика, а лиственничные — из ерника.

Типологические закономерности геосистем межгорных понижений и долин условий редуциро-

ванного развития определены сочетанием инверсионного климатического фона, склоново-подгорного типа увлажнения, структурно-литологических факторов и особого режима прогревания почвогрунтов. Для их растительного компонента наиболее характерен смешаннокустарничковый тип подлеска. Все эти геосистемы чувствительны к воздействию, имеют большое мерзлотозащитное и водорегулирующее значение, выполняя функцию стабилизации экологической ситуации.

К этой же группе принадлежат сосновые боровые геосистемы с сильно остепненным разнотравным травостоем, которые развиваются на сухих песчаных почвах дюн или пологих склонов. Антропогенное воздействие, связанное с уничтожением здесь растительности без ее планомерного восстановления, может привести к развитию эоловых процессов.

Сюда же были отнесены псевдотаежные лиственничные геосистемы (разнотравно-ретидиевые, бруснично-ретидиевые, осочково-ретидиевые), формирующиеся преимущественно в резко континентальных местных условиях среднегорий Хангая и Прихубсугулья. По классификации геосистем В.С. Михеева [20] эти геосистемы относятся к переходному от южносибирского к центральноазиатскому подклассу горно-таежных лиственничных геосистем. По внешнему облику они схожи с лиственничной зеленомошной тайгой, однако резко отличаются рядом признаков: травяно-кустарничковый ярус сложен из тундрово-альпийских, лугово-лесных и лесостепных видов, в моховом покрове доминирует сухой мох. В почвенном покрове этих геосистем распространены горные лесные мерзлотные грубогумусные почвы. Характерна слабая устойчивость этих геосистем к внешнему, в том числе антропогенному, воздействию. При пожарах или сплошных рубках эти геосистемы плохо восстанавливаются и часто сменяются степями.

В группу геосистем «*средней чувствительности условно стабильные*» (25—28, 30, 31) вошли подтаежные темнохвойные южносибирского типа и подтаежные лиственничные кустарничково-травяные, травяные и остепненные геосистемы байкало-джугджурского типа. Для их местоположений характерны теплые и недостаточно влажные усло-

вия и повышенная биологическая продуктивность. Это наиболее освоенные и преобразованные человеческой деятельностью и лесными пожарами территории, находящиеся на разной стадии восстановления. В исследуемом районе подтаежные геосистемы байкало-джугджурского типа представлены в верховьях р. Уды, в долине р. Джида и на юге восточного побережья оз. Байкал. Горные южносибирские подтаежные геосистемы распространены в Прихубсугулье, в горах Хэнтэя и восточного Хангая.

В силу недостаточного увлажнения геосистемы, особенно склоновых местоположений, могут быть подвержены аридизации их почвенно-растительного компонента в условиях лесосведения. В поздневесенний и раннелетний периоды (до стадии формирования травяного растительного покрова) эти геосистемы очень пожароопасны.

Сюда же были отнесены североазиатские длинные лугово-степные и остепненных лугов геосистемы южносибирского типа в составе лугово-кустарниково-лесных (лиственничных) серий аллювиальных равнин, распространенные в Прихубсугулье, в долинах рек — притоков р. Селенги, на склонах долины р. Эгийн-Гол, р. Хухэ-Гол и пр. В ограниченном количестве разнотравные степные геосистемы представлены в районе впадения Орхона в Селенгу. В целом их местоположения характеризуются ограниченным количеством осадков. Биологическая продуктивность растительного компонента этих геосистем значительно меньше, чем подтаежных, она колеблется между средней и низкой. Антропогенные воздействия здесь могут привести к изменению гидрологического режима в сторону иссушения и, как следствие, нарушению структуры геосистем. Поэтому особенно возрастает их водозащитная и почвозащитная роль. Протаивание мерзлотных почвогрунтов геосистем байкало-джугджурского типа может, наоборот, способствовать заболачиванию местоположений. Для всех геосистем этой группы характерны разнообразные хозяйственные функции, поэтому они имеют большое техногенно-барьерное значение.

К категории «*чувствительные относительно стабильные*» (13, 14, 15, 16) отнесены геосистемы байкало-джугджурского типа ограниченного и оптимального развития, формирующиеся преимуще-

ственно в условиях распространения мерзлотных почвогрунтов. В целом для них характерна экологическая функция стабилизации. При лесосведении здесь может увеличиваться глубина протаивания почвогрунтов, которая, особенно в условиях местоположений плоских водоразделов, межгорных понижений и долин, ведет к накоплению влаги и появлению избыточного увлажнения. В геосистемах подгорных местоположений переувлажнение обусловлено еще и дополнительным поступлением вод со склонов. В лиственничных геосистемах при проявлении избыточного почвенно-грунтового увлажнения возможно появление влажных ерников, восстановление которых в лесные угодья происходит очень медленно.

К группе «*менее чувствительные наиболее стабильные*» (18, 19, 22, 23) были отнесены все горно-таежные геосистемы условий ограниченного развития южносибирского типа. Как показал геосистемный анализ, это наиболее организованные в структурном отношении системы, выполняющие средостабилизирующую экологическую функцию (см. рис. 2). В данном регионе они находятся на территориальном пределе своего распространения, но тем не менее они экологически устойчивы и, как правило, быстро восстанавливаются после внешнего воздействия. В целом для этих преимущественно «моховых» геосистем характерна функция стабилизации (водорегулирование). В условиях континентального климата их моховая подушка обеспечивает существование особого типа экологических условий. Для сохранения моховой тайги необходимо осуществлять постоянный контроль ее состояния, соблюдать правила эксплуатации лесов и проводить мероприятия по предотвращению лесных пожаров.

В группу «*малочувствительные стабильные*» (20, 21) определены геосистемы оптимальных условий развития южносибирского типа — умеренно теплых или теплых и избыточно влажных местообитаний повышено и высокопродуктивные: горнотаежные темнохвойные и подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные. Они формируются на наветренных местоположениях Хамар-Дабана и Баргузинского хребта и имеют наивысший потенциал биологической продуктивности наземной растительности. Эти «травяные» геоси-

стемы выполняют средозащитную почво- и водорегулирующую функции и требуют особого подхода при их использовании. После пожаров и рубок в лесах этих местоположений лиственная фаза очень хорошо выражена и может длиться до 150 лет, кедровая фаза в развитии древостоя наступает лишь к 200—220 годам [10]. Если не способствовать восстановлению этих геосистем, то велика вероятность их изменений.

## Заключение

Разработанная специализированная классификация геосистем бассейна оз. Байкал позволила представить природу крупного региона как иерархию соподчиненных регионально-типологических подразделений. Функциональная трактовка геосистем обеспечила анализ и картографическое отображение чувствительности геосистем, когда через модификации функциональной структуры потенциально определяются возможные изменения геосистем. Динамические категории геосистем, характеризующие степень уравновешенности их внешней и внутренней сред, обеспечили прогнозирование способности их быстрого восстановления. Таким образом, картографический комплексный геосистемный анализ состояния природной среды, выполненный на столь обширной территории, обеспечил переход от функционального этапа исследования к прогнозу развития географических ситуаций.

Карты созданной КИС послужат далее базовой основой создания постоянно действующей цифровой инфраструктуры пространственных тематических данных, доступных для использования через Интернет.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев В.С. Ландшафтный синтез географических знаний. Новосибирск: Наука, 2001. 216 с.
2. Батуев А.Р., Лопаткин Д.А. Обоснование и картографирование территориальной структуры экологического каркаса региона // Известия Иркутского университета. Серия: Науки о Земле. 2008. Т. 1. № 1. С. 56—75.
3. Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с.
4. Григорьев А.А., Бudyко М.И. Связь балансов тепла и влаги с интенсивностью географических процессов // Докл. АН СССР. 1965. Т. 162. № 1. С. 151—154.
5. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
6. Сочава В.Б. Теоретическая и прикладная география. Избранные труды. Новосибирск: Наука, 2005. 288 с.
7. Эколого-фитоценоотические комплексы Азиатской России. Опыт картографирования / Ред. академик В.Б. Сочава. Иркутск: Изд-во ИГ Сибири и Дальнего Востока, 1977. 69 с.
8. Эколого-географическая карта Российской Федерации, масштаб 1: 4000000. М.: ФСГК, 1996. 4 л.
9. Назимова Д.И., Ермаков Н.Б., Андреева Н.М., Степанов Н.В. Концептуальная модель структурного разнообразия зональных классов лесных экосистем Северной Евразии // Сибирский экологический журнал. 2004. № 5. С. 745—755.
10. Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 215 с.
11. Волкова Е.А. Зонально-поясные закономерности распределения растительности Монголии // Известия РГО. 1992. Т. 124, вып. 6. С. 10—15.
12. Физико-географическое районирование. Карта-врезка / Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта. М. 1:1 500 000 / Михеев В.С., Ряшин В.А. М.: ГУГК, 1977.
13. Кузнецова Т.И., Батуев А.Р., Бардаш А.В. Карта «Природные ландшафты Байкальского региона и их использование»: назначение, структура, содержание // Геодезия и картография. 2009. № 9. С. 18—28.
14. Монгольская Народная Республика. Национальный атлас. Улан-Батор—М.: Изд-во ГУГК СССР, 1990. 144 с.
15. Кузнецова Т.И., Плюснин В.М. Методология информационного обеспечения анализа экологических рисков // Проблемы анализа риска. 2012. Т. 9. № 5. С. 47—62.
16. Кузнецова Т.И., Бычков И.В., Батуев А.Р., Плюснин В.М., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е. Структурно-типологические характеристики и экологический потенциал геосистем Байкальского региона // География и природ. ресурсы. 2011. № 4. С. 20—28.
17. Сочава В.Б., Тимофеев Д.А. Физико-географические области Северной Азии // Доклады Института

- географии Сибири и Дальнего Востока. 1968. № 19. С. 3—19.
18. Степи Евразии / Отв. ред. Е.И. Лавренко. Л.: Наука, 1991. 146 с.
19. Галанин А.В., Беликович А.В., Храпко О.В. Флора Даурии. Т. I. Владивосток: Дальнаука, 2008. 184 с.
20. Атлас озера Хубсугул. Монгольская Народная Республика / Гл. ред. к. г. н. Б.А. Богоявленский. М.: ГУКиК, 1989. 118 с.

## Сведения об авторе

**Кузнецова Татьяна Ивановна:** кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии им. В.Б. Сочавы (СО РАН)

Количество публикаций: 80, в том числе 5 коллективных монографий

Область научных интересов: геоэкология, охрана природной среды, геосистемный анализ, геоинформационное картографирование

*Контактная информация*

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 1

Тел.: +7 (395-2) 42-79-97

E-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru

УДК 504.5:912.43:911.52

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

# Роль ландшафтно-оценочных карт в региональном анализе экологических рисков

**Ю. М. Семенов,**  
Институт географии  
им. В. Б. Сочавы СО РАН,  
г. Иркутск

## Аннотация

Показаны возможности использования ландшафтно-оценочного картографирования для анализа экологических рисков. Рассмотрены основные подходы к построению ландшафтно-оценочных карт и региональные особенности ландшафтно-оценочного картографирования.

**Ключевые слова:** экологические риски, ландшафтно-оценочное картографирование, ландшафтная основа, ландшафтное планирование.

## Содержание

Введение

1. Комплексная физическая география и картографирование геосистем
2. Ландшафтное и ландшафтно-оценочное картографирование
3. Опыт ландшафтно-оценочного картографирования на юге Сибири

Заключение

Литература

## Введение

В российской географической науке накоплен большой опыт эколого-географических исследований, но его вклад в решение задач экологической политики весьма невелик, так как для обеспечения конкретных потребителей информацией об организации, механизмах природной, антропогенной трансформации, возможностях и ограничениях в использовании геосистем и их компонентов необходима разработка алгоритмов ее перевода в форму, приемлемую для этих потребителей. Поэтому основной задачей современной комплексной физической географии в формировании региональной экологической политики является разработка концепции и методической базы выявления ландшафтно-экологических условий дифференциации природопользования, методов использования географической информации для анализа экологических рисков, оценки антропогенных нарушений окружающей среды и обоснования способов их компенсации. Ландшафтно-оценочное картографирование является одним из инструментов анализа экологических рисков.

В Институте географии им. В. Б. Сочавы (ИГ СО РАН) ведутся работы по созданию ландшафтно-оценочной карты азиатской части России масштаба 1:2 500 000 для целей территориального планирования и эколого-географического обоснования создания крупных хозяйственных объектов [1—4]. При составлении ее листов используются системно-иерархический подход к выявлению соподчинения ландшафтных таксонов и эволюционно-динамическая

трактовка картируемых единиц, а легенды карт строятся с учетом позиционирования территории и типологического спектра региональных геосистем в планетарной системе. Оценочная функция карты реализуется с использованием инструментария ландшафтного планирования в категориях чувствительности к ведущим процессам трансформации природной среды для разных типов земель и их значимости с учетом доминирующих экологических функций и существующего природоохранного законодательства.

## 1. Комплексная физическая география и картографирование геосистем

«Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года» [5] предполагают научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях устойчивого развития и обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности. В географической науке наиболее близким к решению таких задач разделом является комплексная физическая география, которая использует сведения о компонентах геосистем, полученные в результате исследований с участием специалистов-смежников при лидирующей роли ландшафтного подхода, для последующего ландшафтного синтеза в целях формирования экологически ориентированной политики развития регионов, планирования устойчивого территориального развития и минимизации экологических рисков [6, 7].

Методологической базой современной комплексной физической географии служит учение о геосистемах В. Б. Сочавы [8], принципы которого разрабатывались с учетом их применения при преобразовании природы, рациональном использовании и расширенном воспроизводстве природных ресурсов. К числу основных проблем учения, которые характеризовали направления развития физической географии, были отнесены исследование природных предпосылок формирования территориально-производственных комплексов, обоснование рационального использования природных ресурсов с учетом их восстановления и обогащения, разработка физико-географических основ охраны

и оптимизации природной среды для жизни и труда человека, географическая экспертиза проектов комплексного использования и охраны географической среды [8].

Картографические произведения служат одними из результирующих документов географических исследований, являясь источниками накопления новых знаний о территории, средством представления и изучения территориальных структур. Особое значение как для исследования территорий, так и прикладное имеют универсальные ландшафтные карты [8—13]. По своей сущности картографирование геосистем не совпадает с картографированием отдельных компонентов природной среды, где основной задачей является отражение локальных особенностей, возникающих в результате пространственной дифференциации крупных компонентных образований. При картографировании же геосистем необходимо в первую очередь учитывать другую сторону общего физико-географического процесса — интеграцию отдельных компонентов в локальные геосистемы [13]. Ландшафтная карта, на которой зафиксированы результаты полевых исследований, обобщений и интерпретации других картографических материалов, служит, как выразился в свое время В. Б. Сочава, натурной моделью геосистемы. Задача ландшафтного картографирования заключается в исследовании и обобщении физико-географической информации о дифференциации географической оболочки на разных иерархических уровнях, выявлении разнообразия и структурно-динамических свойств геосистем, а также решении многих прикладных задач [13]. Важным моментом в картографировании геосистем Сибири явилось опубликование созданной В. С. Михеевым и В. А. Ряшиным под руководством В. Б. Сочавы ландшафтной типологической карты юга Восточной Сибири [14], на которой совокупность картируемых геоморфов подчинена геосистемам планетарной размерности, а также показаны динамические категории групп фаций. За последующие годы подтвердились корректность и перспективность принципов и методов, на которых базировалось создание этой карты, выявилась возможность использования заложенной в ее легенду классификации и отображенной дифференциации геосистем при построении карт современного состояния геосистем.

Прикладная география была заявлена в качестве одного из приоритетов еще в первые годы существования ИГ СО РАН, а сам основоположник учения о геосистемах фактически не делил физическую географию на фундаментальную (теоретическую) и прикладную (практическую). По мнению В.Б. Сочавы [8], прикладное значение имеют все результаты изучения связей между компонентами геосистем, подвергающихся антропогенным воздействиям, поэтому знание этих связей необходимо при проектировании и планировании рационального использования ресурсов, при вторжении в спонтанное развитие природы в порядке сотворчества с ней, при разного рода строительстве и в особенности для целей прогнозирования. Функционально-геомерная модель территории содержит информацию, имеющую практическое значение, так как сочетание и конфигурация различных угодий связаны с фаціальным составом ландшафта и существует свой оптимум функционально-геомерных отношений для различных практических целей (агронOMICеских, рекреационных и пр.) [8].

Поэтому ландшафтные карты служат лучшей основой для построения карт оценки возможностей использования геосистем, так как многие оцениваемые природные функции уже отражены в легендах ландшафтных карт. Плодотворность такого подхода прекрасно показал А.Г. Исаченко [15, 16], предложивший оценивать на ландшафтной основе пригодность земель для того или иного вида использования, когда объектом оценки выступает природный комплекс (ландшафт, геосистема), а субъектом — вид использования. К настоящему времени накоплен значительный опыт ландшафтно-оценочного картографирования с позиций использования земель в сельском хозяйстве, промышленном строительстве и рекреации. Максимальный учет природной обстановки в ландшафтно-оценочных работах достигается созданием серий карт оценки геосистем [17].

## 2. Ландшафтное и ландшафтно-оценочное картографирование

Картографирование геосистем в ИГ СО РАН традиционно является одним из основных направлений научной деятельности. Ландшафтно-типологический подход к картографированию структуры

геосистем основывается на представлениях о геосистемах топологического уровня. Иерархическая классификация фаций (элементарных геосистем) представляет логическую операцию, отличную от типизации по видам, родам и другим категориям урочищ, местностей и ландшафтов. Каждая фация как элементарное общее по отношению к единичному состоит из многих геосистем, на картах крупного масштаба представленных самостоятельными выделами. Наиболее существенные признаки нескольких фаций дают основание объединить их в самостоятельную таксономическую категорию — группу фаций, на следующем этапе генерализации отбираются уже немногие признаки групп фаций, гомогенные для класса фаций, а затем признаки классов фаций — для геома. Таким образом производится интеграция ландшафтных фаций по структурным и структурно-динамическим показателям. Однако критерий гомогенности при обобщении фаций можно использовать только в известных пределах, так как гомогенность сопряжена с историей развития географической среды и проявляется только при определенных современных физико-географических условиях. Поэтому построение иерархии фаций с учетом гомогенности правомерно лишь в рамках природных (ландшафтных) областей [12, 13]. Так, вся представленная на карте «Ландшафты юга Восточной Сибири» [14] совокупность групп фаций объединена в классы фаций, геома и их группы, подчиненные крупным геохорам — региональным геосистемам.

На основе использования заложенной в легенду этой карты классификации составлялись многие ландшафтные карты, при этом были рассмотрены сопутствующие вопросы дифференциации, интеграции, динамики, эволюции и антропогенной трансформации геосистем, а также пути и методы их картографического показа. Сотрудниками нынешней лаборатории физической географии и биогеографии ландшафтное картографирование всегда рассматривалось как отображение существующей организации геосистем в целях анализа, оценки антропогенного воздействия на геосистемы планирования рационального природопользования [17—20], поэтому наряду с развитием методики отображения дифференциации геосистем были предложены подходы к экстраполяции динамических трендов геосистем,

выявленных в результате стационарных исследований природных режимов [21, 22].

Решение проблем выявления и картографирования организации геосистем проводилось путем развития идей и направлений, заложенных в основах учения о геосистемах. Так, были созданы методология и основы методики выявления ландшафтного разнообразия, обоснована теоретико-методологическая база и апробирован методический аппарат ландшафтного анализа горных территорий, разработана концепция регионального представления динамики геосистем южной тайги, составлена серия разномасштабных карт геосистем, характеризующих современную структуру Средне-сибирской, Южносибирской и Байкало-Джугдзурской физико-географических областей, выявлены тенденции развития геосистем, установлены изменения структуры геосистем в горах Прибайкалья. Для создания теоретического обоснования и разработки методических приемов выявления и отображения ландшафтного разнообразия на примере региональных исследований в Сибири были разработаны принципы и методы классификации геосистем и оценки ландшафтного разнообразия территорий; обоснован выбор критериев разделения природных геосистем, их антропогенных модификаций и геотехнических систем; проведено определение ландшафтно-геохимических, ландшафтно-геофизических и биогеоценологических показателей современного состояния и тенденций динамики таежных, подтаежных, лесостепных и степных геосистем; продолжено развитие методики экстраполяции данных стационарных исследований на окружающие территории с использованием методов электронного картографирования ландшафтного разнообразия [23].

Таким образом, анализ и картографическое отображение территориальной организации геосистем по-прежнему остаются в числе главных задач современной физической географии. Они решаются методами ландшафтоведения, включая полевые прямые съемки, и отраслевых географических дисциплин с последующей геосистемной интеграцией данных, а основные сведения о территории получаются на основе дешифрирования космоснимков. Однако на современном этапе для обеспечения географических прогнозов и решения вопросов управ-

ления в системе «природа — общество» уже недостаточно знаний о современном состоянии структуры, динамики и эволюции геосистем, механизмах их природной и антропогенной трансформации. Для реализации инновационных проектов природопользования необходимо создание ландшафтно-оценочных карт нового типа (инновационного назначения) на базе синтеза подходов комплексной физической географии и ландшафтного планирования, когда сведения о геосистемах, полученные при комплексных физико-географических исследованиях, интерпретируются с позиций прикладной географии и рационального природопользования. Тенденции развития хозяйства страны, включающие проекты, охватывающие крупные регионы, в том числе Азиатскую Россию в целом, также требуют единого комплексного представления организации территории.

### **3. Опыт ландшафтно-оценочного картографирования на юге Сибири**

С самого начала работ по созданию ландшафтно-оценочной карты азиатской части России, предназначенной для целей территориального планирования и эколого-географического обоснования создания крупных хозяйственных объектов [2, 7], проводились исследования, направленные на создание ее ландшафтно-картографической основы [24—27].

Выявление структурно-функциональной организации ландшафтов определенной территории подразумевает познание закономерностей строения геосистем (ландшафтной структуры). Оно осуществляется методами ландшафтоведения, включая полевые съемки, и отраслевых географических дисциплин с последующей интерпретацией результатов изучения с позиций прикладной географии и рационального природопользования. Основные сведения о территории получают на основе дешифрирования космоснимков. Обзорное мелкомасштабное ландшафтно-типологическое картографирование, опирающееся на мелкомасштабные тематические материалы (так называемый подход сверху), предполагает прорисовку контуров таксонов, насыщенных закономерным содержанием геосистем топологического уровня. В связи с этим при построении карт более крупного масштаба мозаика

и рисунок контуров обычно меняются. При изменении рисовки контуров содержание легенды тоже может изменяться за счет появления дополнительных таксонов, так как таксоны легенды на карте показывают территории с доминированием определенного типа геосистем или сочетаний типов, что является сквозным принципом ландшафтно-типологического картографирования для любого масштаба [2, 4].

Выделение, рисовка контуров и построение легенд карт геосистем проводятся для последующих операций их оценки и последующей оптимальной привязки проектов природопользования, поэтому строгая классификационная принадлежность конкретных геосистем к соответствующим классам фаций и геомам не всегда является основополагающим критерием при определении места конкретных выделов в легенде картографической ландшафтной основы. В геохорах с особо сложным рельефом из-за мелкоконтурности (дробности), мозаичности и серийности геомеров приходится прибегать к показу на нижних уровнях ландшафтной структуры горных территорий не только типологических единиц, но и их конкретных хорологических сочетаний с учетом геохимической латеральной сопряженности, то есть используется совмещение типологического и регионального подходов [7, 35].

Опыт сравнения составленных разными авторами на различные территории Средней и Южной Сибири ландшафтных обзорных мелкомасштабных карт и крупномасштабных карт ключевых участков показал, что задача перестроения карты одного масштаба в карту другого масштаба означает практически новую прорисовку контуров, хотя часто некоторые границы, лишь в общем виде соответствующие прежней карте, могут детализироваться современными доступными дистанционными данными. Поэтому задача построения карты на всю территорию Сибири с использованием существующих мелкомасштабных карт ее различных регионов должна предусматривать картографическую проработку [2, 25, 27].

На базе вышеизложенных представлений была разработана концепция обновления ландшафтной информации для территории Сибири [26], создано обоснование методов выявления и отображения

структурно-функциональной организации ландшафтов, включающее концепцию выявления и разграничения геосистем разных таксономических уровней, обоснование методов отображения ландшафтной иерархии с учетом современного состояния геосистем в условиях антропогенных нагрузок [7, 24, 26, 27], выполнено ландшафтно-типологическое картографирование региональных полигонов и подготовлена ландшафтная основа для построения ландшафтно-оценочных карт на ряд территорий Западно-Сибирской равнины, котловин юга Средней Сибири, гор Прибайкалья и Забайкалья [28—35]. Рисовка контуров уточнялась с учетом однородности ландшафтных структур и положения критических границ на спектрально-зональных снимках Landsat, а позиционирование осуществлялось в среде Mapinfo. Для реализации оценочной функции базовой ландшафтной карты нужно сохранить экологическую интерпретацию названий таксонов геосистем [4].

Построение ландшафтно-оценочных карт базируется на регионально-оценочной концепции современной ландшафтной структуры и ее устойчивости при различных видах освоения, которая реализуется при регионально-типологическом подходе к картографированию районов юга Средней Сибири на основе интеграции пространственной информации различных видов. Реализация инновационных проектов природопользования предполагает создание ландшафтно-оценочных карт нового типа (инновационного назначения) на базе синтеза подходов комплексной физической географии и ландшафтного планирования, когда сведения о геосистемах, полученные при комплексных физико-географических исследованиях, интерпретируются с позиций прикладной географии и рационального природопользования. Оценочная функция карты реализуется с использованием инструментария ландшафтного планирования: значение определяется с учетом доминирующих экологических функций, потребностей отдельных субъектов природопользования (для целей охраны природы, лесного, сельского хозяйства, промышленного строительства, рекреации и т. д.) и существующего природоохранного законодательства, а чувствительность к ведущим процессам трансформации природной среды для разных типов земель — как способность

изменять структурно-динамические свойства под воздействием комплекса агентов антропогенного воздействия и возможных природных катастрофических процессов [2—4, 7, 36—38]. Разработанная А. Г. Исаченко [15, 16] методика ландшафтно-оценочного картографирования, предполагающая оценивание ландшафтов (выделов ландшафтной карты) как объектов использования тем или иным субъектом — видом использования — была несколько модернизирована. В частности, было предложено комплексировать оценки для выбора оптимального вида предполагаемого использования [17, 18] и применять ландшафтно-оценочное картографирование совместно с приемами ландшафтного планирования при функциональном зонировании земель [39, 40].

## Заключение

Разработка концепции и методической базы выявления ландшафтно-экологических условий дифференциации природопользования, методов использования географической информации для анализа экологических рисков, оценки антропогенных нарушений окружающей среды и обоснования способов их компенсации является основной задачей современной комплексной физической географии в формировании региональной экологической политики. Несмотря на попытки внедрить ландшафтное планирование как инструмент обоснования путей землепользования в Российской Федерации, оно не смогло стать сектором или хотя бы средством экологизации территориального планирования и спроса на его документы не наблюдается. Поэтому имеет смысл пока не создавать полноценные ландшафтные программы и планы, а использовать возможности метода ландшафтного планирования при разработке других справочных и плановых документов. К их числу относятся и ландшафтно-оценочные карты, которые предлагается составлять для субъектов Федерации и муниципальных образований. Разномасштабное отображение дифференциации значения и чувствительности геосистем с применением комплексирования методов объектно-субъектного ландшафтно-оценочного картографирования, ландшафтного планирования и картографирования территориальной дифференциации стоимости экосистемных услуг на геосистемной основе позволит выявить простран-

ственное распределение потенциала геосистем на разных уровнях ландшафтной структуры. Это позволит выйти на пространственное планирование оптимизации землепользования, разработки возможных вариантов комплекса мероприятий по предупреждению или минимизации экологических рисков и обоснования способов их компенсации. Таким образом, ландшафтно-оценочное картографирование должно служить одним из важнейших инструментов анализа экологических рисков.

## Литература

1. Семенов Ю. М., Суворов Е. Г. Геосистемы и комплексная физическая география // География и природные ресурсы. 2007. № 3. С. 11—19.
2. Суворов Е. Г., Семенов Ю. М., Новицкая Н. И. Ландшафтно-оценочная карта азиатской части России: принципы и методические аспекты составления // География и природные ресурсы. 2009. № 4. С. 5—10.
3. Семенов Ю. М. Ландшафтно-географическое обеспечение экологической политики природопользования в регионах Сибири // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 16—21.
4. Ландшафтно-оценочное картографирование как инструмент региональной экологической политики природопользования / Ю. М. Семенов, Е. Г. Суворов, Е. И. Кузьменко, Г. И. Лысанова, Л. Н. Семенова, М. В. Цыганкова // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии / Ред. А. Н. Витченко, Г. И. Марцинкевич, Б. П. Власов, Н. В. Гагина, В. М. Яцухно. Минск: Изд. центр БГУ, 2014. С. 58—60.
5. Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30.04.2012) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/15177>.
6. Семенов Ю. М. Роль комплексной физической географии в территориальном планировании и обеспечении экологической безопасности // Региональная политика России в современных социально-экономических условиях: географические аспекты / Ред. Л. М. Корытный. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2009. С. 27—29.
7. Опыт ландшафтного планирования и ландшафтно-оценочного картографирования горных территорий / Ю. М. Семенов, Е. Г. Суворов, Г. И. Лысанова, Л. Н. Семенова, А. В. Шитов // Экологическое планирование и управление. 2013. № 2 (15). С. 23—30, 98—100.

8. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
9. Исаченко А.Г. Физико-географическое картирование. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1961. Ч. 3. 268 с.
10. Сочава В.Б. Главнейшие направления исследований в области физической географии Сибири и Дальнего Востока // Проблемы географии Сибири и Дальнего Востока (итоги I научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока) / Ред. В.Б. Сочава. Иркутск: Ирк. кн. изд-во, 1960. С. 11—20.
11. Сочава В.Б. Исходные положения типизации таежных земель на ландшафтно-географической основе // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. 1962. Вып. 2. С. 14—23.
12. Сочава В.Б., Михеев В.С., Ряшин В.А. Обзорное ландшафтное картографирование на основе интеграции элементарных геосистем // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. 1965. Вып. 10. С. 9—23.
13. Сочава В.Б. Теоретические предпосылки картографирования среды обитания // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. 1973. Вып. 40. С. 3—15.
14. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта. М 1: 1 500 000 / В.С. Михеев, В.А. Ряшин при участии Н.Г. Богоявленской, С.Д. Ветровой, Л.С. Дмитриенко, Т.И. Житлухиной, О.П. Космаковой, А.М. Кротовой, Д.А. Смирновой / Ред. В.Б. Сочава. М.: ГУГК, 1977.
15. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. М.: Мысль, 1980. 264 с.
16. Исаченко А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. Л.: Наука, 1980. 222 с.
17. Семенов Ю.М. Ландшафтно-геохимический синтез и организация геосистем. Новосибирск: Наука, 1991. 145 с.
18. Семенов Ю.М. Ландшафтное картографирование в целях рационального природопользования // География и природные ресурсы. 1985. № 2. С. 22—28.
19. Семенов Ю.М., Пурдик Л.Н. Опыт ландшафтного картографирования южных регионов Сибири // Региональные ландшафтно-геохимические исследования / Ред. Е.Г. Нечаева, В.А. Снытко. Иркутск: Изд. ИГ СО АН СССР, 1986. С. 86—98.
20. Лысанова Г.И. Ландшафтный анализ агроприродного потенциала геосистем. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2001. 188 с.
21. Семенов Ю.М. Опыт пространственно-временной экстраполяции динамических трендов геосистем // География и природные ресурсы. 1995. № 1. С. 15—23.
22. Суворов Е.Г. О региональном представлении динамики геосистем южной тайги // География и природные ресурсы. 2001. № 3. С. 17—23.
23. Ландшафтное разнообразие: пути, методы и некоторые результаты изучения / Ю.М. Семенов, В.А. Снытко, Е.Г. Суворов, В.М. Плюсин, И.Н. Биличенко, М.В. Загорская // География и природные ресурсы. 2004. № 3. С. 5—12.
24. Геокосмический системный фундамент единого социально-экономического пространства северных регионов России: цель, принципы, первый опыт и проект пятилетнего плана создания ландшафтно-картографической основы / А.М. Амирханов, В.В. Асмус, А.В. Беляев, А.Н. Качур, Д.М. Марьинских, В.М. Родин, В.П. Савиных, Ю.М. Семенов, А.И. Чистобаев, В.В. Шварев // Ландшафтное планирование для России: итоги и перспективы / Ред. А.Н. Антипов, Ю.М. Семенов. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2006. С. 190—195.
25. Семенов Ю.М., Суворов Е.Г. Ландшафтная карта Азиатской России как картографическая основа трансрегионального полигона ГКСФ // Кавказ. геогр. журнал. 2008. № 9. С. 85—89.
26. Suvorov E.G., Semenov Yu.M., Antipov A.N. Concept of landscape information renovation for Siberia area // Landscape Analysis for Sustainable Development. Theory and Applications of Landscape Science in Russia / Edit. K.N. Dyakonov, N.S. Kasimov, A.V. Khoroshev, A.V. Kushlin. Moscow: Alex Publisher, 2007. Pp. 76—80.
27. Суворов Е.Г., Новицкая Н.И. Методологические аспекты ландшафтного картографирования юга Средней Сибири // Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных / Ред. В.М. Плюсин, Л.М. Корытный, А.Р. Батуев. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2010. Т. 2. С. 40—41.
28. Кузьменко Е.И. Динамическая классификация геосистем для картографирования Ханты-Мансийского округа и прогнозирования экологических рисков в его нефтегазоносных районах // География и природные ресурсы. 2006. № 4. С. 115—123.
29. Кузьменко Е.И. Структурно-динамическое картографирование ландшафтов на примере Казымского плато (Западная Сибирь) // География и природные ресурсы. 2010. № 1. С. 143—149.
30. Лысанова Г.И., Семенов Ю.М., Сороковой А.А. Геосистемы бассейна верхнего Енисея // География и природные ресурсы. 2011. № 4. С. 92—99.

31. Ландшафтная структура котловин Южной Сибири / Г.И. Лысанова, Ю.М. Семенов, А.А. Сороковой, А.И. Шеховцов // Географические факторы регионального развития Азиатской России / Ред. П.Я. Бакланов, Е.И. Болотин, С.А. Лозовская, А.В. Мошков. Владивосток: Изд. ТИГ ДВО РАН, 2013. С. 58—62.
32. Кузьменко Е.И., Максютов Ш., Владимиров И.Н. Использование ландшафтной карты для оценки продуктивности геосистем южной тайги Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 143—151.
33. Геосистемы Республики Тыва / Г.И. Лысанова, Ю.М. Семенов, А.И. Шеховцов, А.А. Сороковой // География и природные ресурсы. 2013. № 3. С. 181—184.
34. Суворов Е.Г., Китов А.Д. Ландшафтная структура юго-восточной части Восточного Саяна // География и природные ресурсы. 2013. № 4. С. 107—114.
35. Лысанова Г.И., Семенов Ю.М. Картографирование геосистем Северного Алтая // Материалы XV совещания географов Сибири и Дальнего Востока (Улан-Удэ, 10—13 сентября 2015 г.) / Ред. Т.И. Заборцева, Т.И. Коновалова, Л.М. Корытный, В.М. Плюснин. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2015. С. 109—110.
36. Семенова Л.Н., Семенов Ю.М. Миграционная способность тяжелых металлов в почвах как индикатор чувствительности геосистем // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 26—33.
37. Суворов Е.Г., Новицкая Н.И. К оценке устойчивости геосистем юга Средней Сибири // Динамика геосистем и оптимизация природопользования / Ред. В.М. Плюснин, Ю.М. Семенов. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2010. С. 212—214.
38. Семенов Ю.М., Лысанова Г.И. Ландшафтное картографирование как основа территориальной дифференциации стоимости экосистемных услуг // Геодезия и картография. 2015. № 1. С. 37—45.
39. Загорская М.В. Геосистемы Приольхонья как объекты оптимизации землепользования: кандидатская диссертация. Иркутск, 2003. 194 с.
40. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ольхонский район / Ю.М. Семенов, А.Н. Антипов, В.В. Буфал и др. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2004. 147 с.

### Сведения об авторе

**Семенов Юрий Михайлович:** доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения РАН (ИГ СО РАН)

Число публикаций: около 450, в том числе 32 монографии и 2 учебных издания

Область научных интересов: физическая география, география почв, геохимия ландшафтов, ландшафтное планирование

*Контактная информация:*

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 1

Тел: +7 (3952) 42-56-93

Email: semenov@irigs.irk.ru

УДК 502.55

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

# Применение методологии анализа риска для прогнозирования воздействия на окружающую среду объектов накопленного экологического ущерба

**Т. Н. Швецова-Шиловская,**  
**А. А. Афанасьева,**  
**Т. В. Громова,**  
**А. В. Кошелев,**  
**Д. И. Назаренко,**  
**А. Ю. Орлов,**  
ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии» (ФГУП «ГосНИИОХТ»), г. Москва

## Аннотация

В результате нерациональной хозяйственной деятельности в настоящее время на территории Российской Федерации сформировалось большое количество объектов накопленного экологического ущерба. По различным оценкам общая площадь загрязненных территорий составляет десятки тысяч гектаров. Сконцентрированные на загрязненных территориях токсичные химические вещества являются постоянным источником антропогенного воздействия на компоненты природной среды (почву, поверхностные и грунтовые воды, атмосферный воздух), что может приводить к значительному ухудшению экологической ситуации.

Для оценки опасности данных объектов для окружающей среды предлагается использовать методологию анализа риска.

На основании предлагаемой методологии выполнен прогноз неблагоприятного воздействия загрязненной территории бывшего химического производства (ФГУП «Производственное объединение Красноярский химический комбинат «Енисей») на окружающую среду и здоровье населения.

**Ключевые слова:** загрязнение окружающей среды, математическое моделирование, методология анализа риска, накопленный экологический ущерб, токсичные химические вещества.

## Содержание

Введение

1. Методические подходы к оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами
2. Прогнозирование воздействия на окружающую среду и здоровье населения объекта накопленного экологического ущерба

Заключение

Литература

## Введение

В настоящее время большую экологическую проблему в Российской Федерации представляет значительное количество территорий, загрязненных в процессе хозяйственной деятельности человека. Это территории бывших химических производств, заброшенные полигоны хранения промышленных и бытовых отходов, склады пришедших в негодность ядохимикатов и т. п., являющиеся объектами накопленного экологического ущерба [1].

В рамках научно-исследовательской работы был организован сбор информации по объектам накопленного экологического ущерба, расположенным в различных регионах Российской Федерации. Всего было рассмотрено 176 объектов, из которых 38% составляют промышленные предприятия, прекратившие хозяйственную деятельность (рис. 1).

Данные мониторинга окружающей природной среды в районах расположения объектов накопленного ущерба свидетельствуют о том, что почвенный слой на таких территориях в значительной степени загрязнен токсичными химическими веществами (ТХВ).

Загрязненные территории являются потенциальным источником негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье населения. Сконцентрированные на территориях таких объектов токсичные химические вещества способны с течением времени выщелачиваться в грунтовые воды, попадать в атмосферный воздух в результате ветровой эрозии и распространяться на значительные расстояния, что может привести к дальнейшему ухудшению экологической ситуации [2—3].



Рис. 1. Объекты накопленного экологического ущерба, расположенные на территории Российской Федерации, %

## 1. Методические подходы к оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами

В настоящее время существует ряд нормативных документов, в которых предлагаются подходы для оценки степени опасности почв, загрязненных ТХВ. Данные подходы основаны на сравнении фактической концентрации токсичного вещества с фоновыми значениями и определении коэффициентов концентрации ТХВ и показателя суммарного загрязнения почвы [4—6].

Суммарный показатель химического загрязнения ( $Z_c$ ) характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых территорий вредными веществами.  $Z_c$  предлагается использовать в качестве индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения [6].

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов — загрязнителей и выражается формулой [6]:

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1), \quad (1)$$

где  $n$  — число определяемых веществ;  $K_{ci}$  — коэффициент концентрации  $i$ -го вещества.

Коэффициент концентрации химического вещества ( $K_c$ ) определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве ( $C_i$ ) к региональному фоновому ( $C_{\phi i}$ ) [6]:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi i}}. \quad (2)$$

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) [6]

Таблица 1

Категории загрязнения почв	Величина $Z_c$	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16—32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32—128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение числа токсикозов беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Для оценки воздействия загрязненных почв на здоровье населения предлагается использовать шкалу опасности загрязнения почв, представленную в табл. 1.

С помощью подхода, предложенного в [6], можно оценить воздействие ТХВ на население, проживающее в очаге загрязнения или в непосредственной близости от него. Однако, как показывает опыт, почвенные загрязнители способны распространяться на значительные расстояния вместе с подвижными средами (грунтовыми водами, атмосферным воздухом) и оказывать негативное воздействие на здоровье населения, проживающего в десятках и сотнях километров от очага загрязнения.

Более точно оценить воздействие ТХВ, источником которых являются загрязненные территории, на окружающую среду и здоровье населения можно с помощью методологии анализа риска, которая включает математическое моделирование распространения токсичных химических веществ в окружающей среде.

Моделирование распространения токсичных химических веществ в окружающей среде — это процесс количественного определения концентраций химических соединений в окружающей среде путем теоретических вычислений с использованием математических моделей различной сложности. Располагая значениями концентраций веществ в разных природных средах, можно оценить воздействие токсичных химических веществ на окружающую среду и здоровье населения.

Для получения надежных результатов математического моделирования очень важно как можно точнее идентифицировать ТХВ, определить значения концентраций в почве, оценить площадь и глущину загрязнения [7].

При определении концентраций тяжелых металлов в пробах почвы необходимо оценить не только валовое содержание металлов, но и содержание их подвижных форм, для того чтобы охарактеризовать миграцию тяжелых металлов из почвы.

## 2. Прогнозирование воздействия на окружающую среду и здоровье населения объекта накопленного экологического ущерба

Одной из территорий, загрязненных в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека, является территория бывшего химического производства ФГУП «Производственное объединение Красноярский химический комбинат «Енисей» (ФГУП «ПО КХК «Енисей»).

На данной территории были проведены инженерно-экологические изыскания, выполнены отбор и лабораторные исследования проб грунта.

Результаты, полученные в ходе выполнения работ по комплексному обследованию территории ФГУП «ПО КХК «Енисей», свидетельствуют о том, что в почве на территории предприятия присутствуют бенз(а)пирен, тяжелые металлы и мышьяк в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы.

Оценить воздействие данных ТХВ на здоровье населения в соответствии с подходом, предлагаемым в нормативных документах [4—6], не представляется возможным, поскольку очаг загрязнения (территория ФГУП «ПО КХК «Енисей») расположен на значительном расстоянии от мест проживания людей.

В связи с этим для веществ, сконцентрированных на данной территории, было проведено моделирование распространения в окружающей среде, для того чтобы оценить их возможное неблагоприятное воздействие на здоровье населения.

Распространенным подходом к моделированию распространения почвенных загрязнителей в окружающей природной среде является использование камерных моделей, основанных на концепции фугитивности [8—9], например динамической многосредней модели, предложенной в [10].

Данная математическая модель разработана для прогнозирования распространения ТХВ от полигонов захоронения токсичных отходов. Она позволяет оценить распределение токсичных химических веществ в компонентах природной среды (атмосферном воздухе, почве, поверхностных и грунтовых водах). Преимущество использования многосредней модели состоит в том, что она дает полную картину распространения химического вещества в окружающей среде и ее можно использовать для прогнозирования распространения различных типов веществ [11]. Данная модель рекомендована к использованию Агентством по окружающей среде США (EPA) [10] и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) [9].

В соответствии с динамической многосредней моделью [10] природная среда разбивается на отдельные камеры. В качестве камер рассматриваются ограниченные части атмосферы, почвы, поверхностных вод и т. д. Математическая модель для описания распространения ТХВ имеет вид [10]:

$$\begin{aligned} \frac{dN_i(t)}{dt} = & -R_i N_i(t) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m T_{ij} N_i(t) + \\ & + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m T_{ji} N_j(t) + S_i(t) - T_{io} N_i(t), \\ N_i(0) = & N_i^0, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $N_i^0$  — количество вещества в  $i$ -й камере в начальный момент времени, моль;

$N_i(t)$  — изменяющееся во времени количество вещества в  $i$ -й камере, моль;

$R_i$  — константа скорости деградации химического вещества по реакции первого порядка в  $i$ -й камере, 1/сут;

$T_{ij}$  — константа скорости переноса вещества из  $i$ -й камеры в  $j$ -ю камеру, 1/сут;

$T_{ji}$  — константа скорости переноса вещества из  $j$ -й камеры в  $i$ -ю камеру, 1/сут;

$T_{io}$  — константа скорости переноса вещества из  $i$ -й камеры в точку вне рассматриваемой области, 1/сут;

$S_i(t)$  — функция источника для химического вещества в  $i$ -й камере, моль/сут;

$m$  — общее число камер.

С помощью данной математической модели и на основе информации по содержанию ТХВ в грунте на территории ФГУП «ПО КХК «Енисей» были спрогнозированы средние значения концентраций ТХВ в атмосферном воздухе и грунтовых водах.

Проведенные расчеты показали, что прогнозные значения концентраций ТХВ в атмосферном воздухе незначительны и намного меньше предельно допустимых концентраций.

Прогнозные значения средних концентраций ТХВ в грунтовых водах, которые могут быть достигнуты через 10 лет в случае постоянного негативного воздействия источника загрязнения, показаны в табл. 2. Также представлено сравнение полученных концентраций ТХВ с предельно допустимыми концентрациями веществ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв).

Долгосрочный прогноз распространения ТХВ с территории ФГУП «ПО КХК «Енисей» показывает, что в случае непринятия мер по изоляции источников загрязнения в течение 10 лет средние концентрации бенз(а)пирена, мышьяка и тяжелых металлов в грунтовой воде могут значительно превысить допустимые нормы.

На рис. 2 представлена динамика изменения концентрации ТХВ в грунтовых водах с течением времени.

Как видно из рис. 2, постоянное негативное воздействие источника загрязнения приведет в накоплению бенз(а)пирена, мышьяка и тяжелых металлов в грунтовых водах в концентрациях, пре-

Прогнозируемые значения средних концентраций токсичных химических веществ в грунтовых водах

Таблица 2

№	Вещество	Средняя концентрация, мг/л	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	Кратность превышения ПДК <sub>в</sub>
1	Бенз(а)пирен	$3,19 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-5}$	32,0
2	Свинец	0,28	0,01	28,0
3	Мышьяк	$3,6 \times 10^{-2}$	0,01	3,6
4	Цинк	2,8	1,00	2,8
5	Медь	0,36	1,0	0,36

вышающих гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций. Бенз(а)пирен, свинец и мышьяк относятся к канцерогенным веществам.

Была проведена оценка риска возникновения заболеваний у населения, возможных в результате потребления воды, содержащей ТХВ.

Расчет значений канцерогенных и неканцерогенных рисков осуществлялся с помощью разработанного информационно-аналитического комплекса и на основе методики оценки риска для здоровья населения, рекомендованной к применению Глав-

ным государственным санитарным врачом Российской Федерации [11, 12].

Оценка канцерогенного риска (CR) проводилась по следующему выражению [12]:

$$CR = LADD \times SF, \quad (4)$$

где  $LADD$  — среднесуточная доза вещества в течение жизни, мг/(кг×сут);

$SF$  — фактор канцерогенного потенциала, (мг/кг×сут)<sup>-1</sup>.

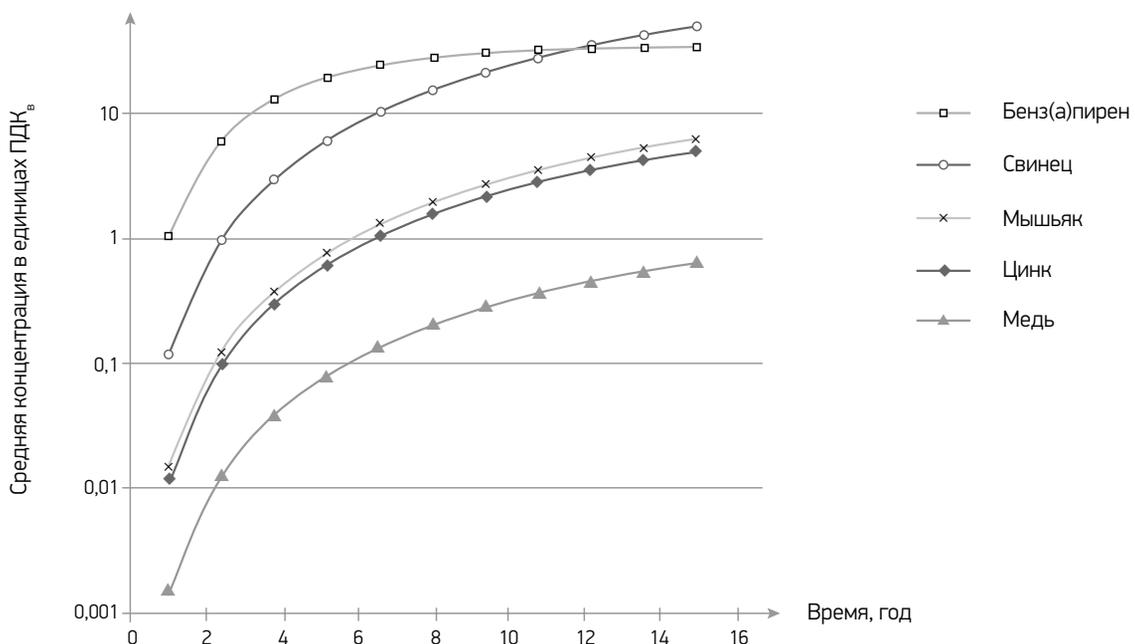


Рис. 2. Зависимость прогнозируемой средней концентрации токсичных химических веществ (в единицах ПДК<sub>в</sub>) в грунтовых водах от времени

Значения неканцерогенных и канцерогенных рисков

Таблица 3

№	Вещество	Неканцерогенный риск	Канцерогенный риск
1	Бенз(а)пирен	0,16	$2,57 \times 10E^{-5}$
2	Свинец	2,19	$1,55 \times 10^{-4}$
3	Мышьяк	3,65	$7,05 \times 10^{-4}$
4	Цинк	0,26	—
5	Медь	0,52	—

Величина приемлемого канцерогенного риска, принятая в различных странах, находится в диапазоне  $10^{-4}$  —  $10^{-6}$  [11].

Неканцерогенный риск характеризуется величиной коэффициента опасности  $HQ$ , который оценивается следующим образом [12]:

$$HQ = \frac{AD}{RfD}, \quad (5)$$

где  $HQ$  — коэффициент опасности;  $AD$  — среднесуточная доза вещества за период воздействия, мг/кг×сут;  $RfD$  — референтная (безопасная) доза, мг/кг×сут.

Для неканцерогенных рисков приемлемым уровнем считается значение, равное или меньшее 1,0 [12].

В табл. 3 представлены значения канцерогенных и неканцерогенных рисков для здоровья населения при воздействии ТХВ, источником которых является территория бывшего химического производства.

Как видно из табл. 3, канцерогенные риски от воздействия ТХВ находятся на приемлемом уровне.

Значения неканцерогенных рисков для здоровья населения при воздействии мышьяка и свинца намного превышают допустимые значения. Данные ТХВ способны оказывать воздействие на нервную, сердечно-сосудистую и кровеносную системы организма, желудочно-кишечный тракт. Свинец обладает гонадотропным, эмбриотоксическим и тератогенным действием.

Проведенные исследования показали, что ТХВ с территории предприятия способны вымываться из почвы в результате воздействия атмосферных

осадков, таяния снегов и пр., загрязнять грунтовые воды и вызывать возникновение неблагоприятных эффектов для здоровья у населения, проживающего в радиусе до 10 км от источника загрязнения.

## Заключение

Существующие нормативно-методические документы не позволяют в полной мере оценить опасность, исходящую от территорий бывших химических производств, загрязненных токсичными химическими веществами.

Для оценки неблагоприятного воздействия таких территорий на окружающую среду и здоровье населения предлагается использовать методологию анализа риска, которая позволяет учесть возможность попадания ТХВ из почвы в смежные природные среды (атмосферный воздух, грунтовые воды), прогнозировать распространение ТХВ в этих средах и оценивать риск возникновения заболеваний у населения, контактирующего с загрязненными ТХВ природными средами в процессе жизнедеятельности.

## Литература

1. Методические рекомендации по проведению инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба, утв. приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 25 апреля 2012 г. № 193.
2. Комплексное моделирование и прогнозирование распространения загрязняющих веществ в зоне влияния ОАО «Средне-Волжский завод химикатов» / В.Б. Кондратьев, М.В. Корольков, Д.И. Назаренко, А.А. Афанасьева, Т.Н. Швецова-Шиловская, С.В. Юрманова // Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 1. С. 32—36.

3. Методические подходы к ранжированию опасных химических объектов для определения перечня приоритетных мер по снижению химической опасности / Т.Н. Швецова-Шиловская, О.В. Полехина, Е.Н. Глухан, А.А. Афанасьева, М.В. Корольков, А.Ю. Орлов, В.А. Потапкин // Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 9. С. 14—20.
4. СанПиН 4266-87. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, 1987.
5. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 16 с.
6. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Методические указания.
7. ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы.
8. Mackay D. Paterson and Shiu W.Y. Generic Models for Evaluating the Regional Fate of Chemicals. Chemosphere. 1992. V. 24, № 6. P. 695—717.
9. Программа ООН по окружающей среде. Подпрограмма по химическим веществам. Женева: Глобальный экологический фонд, 2002. 155 с.
10. Caltox A. Multimedia Total-Exposure Model for Hazardous-Waste Sites. Part II: The Dynamic Multimedia Transport and Transformation Model. Sacramento: Environmental Protection Agency, 1993. 98 p.
11. Онищенко Г.Г., Новиков С.М. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 408 с.
12. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

## Сведения об авторах

**Швецова-Шиловская Татьяна Николаевна:** доктор технических наук, профессор, начальник отделения ФГУП «ГосНИИ органической химии и технологии»

Количество публикаций: более 50, в том числе 7 книг

Область научных интересов: кинетика сложных химических реакций и планирование эксперимента, математическое моделирование распространения токсичных химических веществ в окружающей среде; методология оценки аварийного риска на опасных химических объектах

*Контактная информация:*

Адрес: 111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 23

Тел.: +7 (495) 673-75-55

E-mail: dir@gosniokht.ru

**Афанасьева Александра Алексеевна:** кандидат технических наук, начальник отдела ФГУП «ГосНИИ органической химии и технологии»

Количество публикаций: 11 статей

Область научных интересов: математическое моделирование распространения токсичных химических веществ в окружающей среде, методология анализа риска для здоровья

*Контактная информация:*

Адрес: 111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 23

Тел.: +7 (495) 673-78-24

E-mail: dir@gosniokht.ru, alex.afanaseva@mail.ru

**Громова Татьяна Владимировна:** доктор технических наук, начальник отдела ФГУП «ГосНИИ органической химии и технологии»

Количество публикаций: 21 статья

Область научных интересов: теория надежности сложных химико-технологических систем, создание информационно-аналитических систем управления промышленной безопасностью

*Контактная информация:*

Адрес: 111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 23

Тел.: +7 (495) 673-50-10

E-mail: dir@gosniokht.ru

**Кошелев Алексей Васильевич:** кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «ГосНИИ органической химии и технологии»

Количество публикаций: 45 статей

Область научных интересов: химическая технология и экология

*Контактная информация:*

Адрес: 111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 23

Тел.: +7 (495) 673-75-30

E-mail: dir@gosniokht.ru

**Назаренко Денис Игоревич:** кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «ГосНИИ органической химии и технологии»

Количество публикаций: 12 статей

Область научных интересов: математическое моделирование распространения токсичных химических веществ в окружающей среде, методология анализа аварийного риска

*Контактная информация:*

Адрес: 111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 23

Тел.: +7 (495) 673-78-24

E-mail: dir@gosniokht.ru

**Орлов Александр Юрьевич:** начальник отдела ФГУП «ГосНИИ органической химии и технологии»

Количество публикаций: более 5

Область научных интересов: создание прогнозно-аналитических систем, математических моделей и методик управления риском

*Контактная информация:*

Адрес: 111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 23

Тел.: +7 (495) 673-78-24

E-mail: dir@gosniokht.ru

УДК 502.36

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

# Анализ геозоологических рисков и рейтингов как фактор повышения инвестиционной привлекательности предприятий

**О. П. Трубицина,**  
ФГАОУ ВО «Северный  
(Арктический)  
федеральный университет  
имени М. В. Ломоносова»,  
г. Архангельск

**В. Н. Башкин,**  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,  
ФГБУ науки Институт  
физико-химических  
и биологических проблем  
почвоведения РАН,  
Московская обл.,  
г. Пушкино

## Аннотация

Статья посвящена вопросам повышения инвестиционной привлекательности предприятий с помощью анализа геозоологических рисков (ГЭР) и рейтингов. Авторы раскрывают необходимость использования данных подходов в связи с современным инвестиционным климатом в России. Особое внимание уделяется экологическим рейтингам как элементам развития системы ответственности бизнеса. Также авторы предлагают использование концепции анализа ГЭР на примере предприятий нефтегазодобывающей отрасли в Российской Арктике. Главное достоинство данной концепции с точки зрения инвестирования — обеспечение возможности принятия наиболее эффективного инвестиционного управленческого решения на основе количественной оценки величины ГЭР, определения вероятности их наступления, особенно в районах с низкой информационной обеспеченностью и высокой степенью неопределенности.

**Ключевые слова:** геозоологический риск, экологический рейтинг, инвестиционная привлекательность предприятия, нефтегазодобывающая промышленность, Арктика.

## Содержание

Введение

1. Экологические рейтинги как элементы развития системы экологической ответственности бизнеса
2. Анализ геозоологического риска (на примере предприятий нефтегазодобывающей отрасли в Российской Арктике)

Заключение

Литература

## Введение

Общеизвестно мировое стремление к устойчивому развитию. Согласно Конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД) [1], для достижения намеченной цели необходимо «реформирование международной системы управления инвестициями». Глобальные потоки прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в мире сократились на 8% в 2014 году, до 1,26 трлн долларов. Однако этот показатель в разных странах изменяется неравномерно. Так, на фоне роста ПИИ в Европе на 36% по сравнению с предыдущим годом в России отмечается его

снижение на 70%, что связывают с региональными конфликтами, введением санкций в отношении Российской Федерации и снижением цен на сырьевые товары [1].

Активизация инвестиционной деятельности в сложившейся ситуации в России является важным инструментом повышения экономической активности в стране, интегрирования в мировую экономику и международный финансовый рынок [2].

К наиболее привлекательным видам экономической деятельности для инвестирования иностранные партнеры относят те, которые связаны с эксплуатацией природных ресурсов и имеют хороший экспортный потенциал (в том числе нефтегазовая отрасль) [3]. В связи с этим анализ ГЭР и добровольное предоставление отчетности в рамках развития системы экологической ответственности бизнеса являются важными факторами повышения инвестиционной привлекательности предприятий данной отрасли.

Статья сфокусирована на определенных элементах в подходах, применяемых при оценке внешней составляющей инвестиционной привлекательности предприятия, а именно: 1) применение готовых результатов оценки, предоставляемых рейтинговыми агентствами, ведущими журналами и т. п.; 2) заключение вывода на основе анализа ГЭР (на примере предприятий нефтегазодобывающей отрасли в Российской Арктике).

## **1. Экологические рейтинги как элементы развития системы экологической ответственности бизнеса**

Количественная оценка инвестиционной привлекательности предприятия предполагает, что среди предложенных параметров экологическая составляющая занимает отдельное место и оценивается, главным образом, с точки зрения платежей за нарушение экологического законодательства. Расчет предполагает определение обобщающего коэффициента как отношение платежей за экологические нарушения к чистой прибыли. Предпочтительные значения данного показателя должны быть равны нулю. Однако необходимо учитывать и природоохранную деятельность предприятия, его заботу об охране окружающей среды в рамках реализации

краткосрочного и долгосрочного стратегического планирования. Механизм взаимодействия экономического и экологического элементов порождает новые идеи относительно стоимостной оценки и интернализации, то есть учета в экономической отчетности предприятий внешних воздействий на окружающую среду.

Перед расчетом показателей инвестиционной привлекательности отдельного предприятия часто осуществляется расчет показателей привлекательности целой отрасли, в которую входит предприятие. При этом оценивается совокупность различных объективных признаков, свойств, средств и возможностей отрасли, обуславливающих платежеспособный спрос на капиталобразующие инвестиции конкретной области [4].

Механизм влияния экологических оценок на рынок, заинтересованный в финансовых результатах, заключается в предоставлении возможности объективной оценки технологического уровня производства. В настоящее время в России идет активное становление рынка нового вида услуг — представления информации об экологических аспектах деятельности компаний и предприятий. Восполнение дефицита объективной информации в данной области позволит эффективнее использовать экологические критерии на рынках инвестиций, оборудования, товаров и услуг [5].

В рамках развития системы экологической ответственности бизнеса для выявления лучших с точки зрения инвестиционной привлекательности в конце 1990-х годов стали развиваться экологические рейтинги. Так, в 1997 г. была создана Глобальная инициатива по отчетности (GRI — Global Reporting Initiative), реализующая принцип «триединства» экономической, социальной и экологической сторон деятельности компании. Это международный стандарт отчетности для добровольного применения организациями, отчитывающимися по устойчивому развитию. Однако в отличие от сертификатов соответствия стандартам ISO серии 14000, которые являются почти обязательными для компаний, претендующих на серьезные рыночные позиции, инициатива GRI в большей степени направлена на укрепление доверия инвесторов к компаниям, представившим отчеты, улучшение их деловой репутации и снижение издержек за счет выявления

новых возможностей бизнеса. GRI пока не получила развития в России, но, например, участие во Всемирном совете бизнеса по устойчивому развитию (WBCSD) рассматривается крупнейшими российскими корпорациями как существенный элемент повышения своего влияния на мировом рынке [4].

В качестве международного показателя, оценивающего деятельность бизнеса в области устойчивого развития, с сентября 1999 г. публикуется индекс Доу-Джонса — DJSI (Dow Jones Sustainability Indexes), насчитывающий в целом 3470 компаний-участников по данным 2015 г. [6], преследующих цели устойчивого развития, и оценивающий результаты их деятельности. Рейтинг составляется на основании оценки различных показателей экономической, экологической и социальной деятельности, стремясь к реализации данных аспектов в равной степени [4]. Что касается экологической составляющей, то ключевым изменением в 2015 г. по сравнению с предшествующим годом является «смещение внимания на результативность (производительность) системы экологического менеджмента (СЭМ)» [6], являющейся частью системы менеджмента, направленной на управление экологическими аспектами, выполнение обязательных требований и учет рисков и возможностей [7].

Предприятие должно уметь получать ожидаемые результаты от внедренной СЭМ, предотвращать или снижать нежелательные последствия, а также обеспечивать постоянное улучшение. Оно может гарантировать это, определив риски и возможности, связанные с экологическими аспектами, обязательствами соблюдения, другими факторами или потребностями и ожиданиями заинтересованных сторон, в том числе инвесторов.

Хотя риски и возможности, а также действия по их обработке должны быть определены, стандартом ISO 14001:2015 не установлены требования по формальному управлению рисками или документированному процессу управления рисками. Выбор методов, которыми организация будет определять риски и возможности, зависит от организации. Эти методы могут быть простой качественной оценкой или же более сложными с количественными показателями, в зависимости от контекста, в котором действует организация. Выявленные риски и возможности являются исходными данными для пла-

нирования, установления экологических целей [7] и ориентиров для инвесторов.

Таким образом, важным итогом введения экологических рейтингов стала реализация на практике принципа приоритетного привлечения инвестиций в компании, в наибольшей степени отвечающие критериям устойчивого развития. Интерес инвесторов (как институциональных, так и частных) к рейтинговым индексам растет, вследствие чего сами компании рассматривают их как стимул для постоянного улучшения внутренней среды.

## **2. Анализ геоэкологического риска (на примере предприятий нефтегазодобывающей отрасли в Российской Арктике)**

С точки зрения привлечения инвестиций в предприятия, связанные с эксплуатацией природных ресурсов, показатели ГЭР определяются как риски, возникающие в системе «промышленность — окружающая среда», связанные с взаимообусловленным воздействием объектов промышленности на окружающую среду и окружающей среды на объекты промышленности [13]. Оценка ГЭР отражает характер и силу взаимодействия данных взаимообусловленных отношений антропогенных и природных факторов, что способствует их учету для принятия эффективного инвестиционного управленческого решения.

В течение последних нескольких лет наблюдается рост активности нефтегазовой промышленности в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ). При этом угроза ГЭР растет соответственно, что приводит к формированию «импактных зон» и «горячих точек» с высоким уровнем химического загрязнения окружающей среды и трансформации естественного геохимического фона, деградацией морской биоты, растительного покрова, почв и грунтов, неуправляемым развитием процессов эрозии, криогенеза, карстообразования на обширных площадях, внедрением загрязняющих веществ в цепи питания, повышенной заболеваемостью населения, загрязнением воздуха соединениями стронция, тяжелыми металлами (особенно ртутью), нефтепродуктами и т. д. [8].

Расширение проектов разработок нефти и газа, особенно на морском шельфе, может изменить эко-

логическую ситуацию в худшую сторону, в частности от образующихся кислотообразующих загрязняющих веществ в ходе реализации программ по добыче углеводородов. В связи с этим, а также с учетом трансграничного загрязнения (циркумполярного переноса загрязняющих веществ с запада) в АЗРФ необходим мониторинг кислотных выпадений как компонент единой системы экологического мониторинга. Его проведение должно сопровождаться количественной оценкой ГЭР подкисления и эвтрофирования наземных и морских экосистем на основе международных подходов по расчету критических нагрузок (КН) с использованием уже наработанных международных методических подходов [9—11] и результатов проведенных исследований, часть из которых цитирована в источниках [9—27].

С точки зрения данной концепции согласно [14—16], ГЭР определяется как двухмерный показатель, характеризующий вероятность развития негативных изменений в состоянии экосистем как реципиентов воздействия и величины таких изменений. Количественная оценка ГЭР основана на расчете и пространственном анализе превышений КН поллютанта  $X$  ( $Ex(X)$ ) в границах зоны влияния промышленного объекта. Превышения КН отражают соотношение между величиной экспозиции (величиной актуальной или прогнозируемой нагрузки поллютанта) и безопасным уровнем воздействия

(величиной КН поллютанта). Величину воздействия на экосистемы предлагается рассчитывать как процент, который занимают выделы с превышениями КН, от общей площади рассматриваемой группы выделов [14—16].

Расчет ГЭР кислотообразующих выпадений предлагается осуществлять с помощью вероятностного моделирования величин превышений КН на основе метода Монте-Карло, описанного в работах [14—16]. В отличие от традиционного расчета превышений КН входными данными для модельных расчетов служат не единичные значения биогеохимических параметров (значения по умолчанию или средние значения), а массивы их значений. Массивы входных данных могут быть подготовлены как на основе данных полевых исследований, так и по результатам анализа объектов-аналогов [16].

Выполнение анализа ГЭР включает этапы оценки риска и управление им [26]. Схема анализа ГЭР кислотообразующих выпадений в зонах влияния объектов нефтегазовой промышленности в Российской Арктике продемонстрирована на рисунке. Алгоритм реализации данной схемы подробно описан в работе [14].

При проведении оценки ГЭР на основе КН кислотообразующих поллютантов изначально предлагается следовать формальной процедуре оценки рисков. Она начинается с этапа идентификации



Рисунок. Схема анализа ГЭР кислотообразующих выпадений в зонах влияния объектов нефтегазовой промышленности в Российской Арктике (составлена по материалам [14])

источников выбросов, определения сценариев техногенного состояния, поллютантов предприятия (в т. ч. кислотообразующих), круга потенциальных реципиентов воздействия [14—16].

Далее следует этап оценки экспозиции и эффектов, где необходимо провести количественную оценку воздействий на основе имеющейся информации о факторах опасности и реципиентах [16]. Оценка экспозиции должна включать детальную характеристику реципиентов с установлением фонового и расчетом прогнозируемого уровня нагрузки приоритетными загрязняющими веществами — величины выпадений загрязняющих веществ (г/га в год или экв/га в год). На этапе оценки эффектов следует провести картографирование и расчет величин КН приоритетных загрязняющих веществ, характеризующий максимально допустимый уровень нагрузки на выделенные реципиенты [14—16]. Этап характеристики риска включает в себя расчеты показателей ГЭР по разным группам эффектов, реципиентов и сценариев экспозиции [17]. Каждый этап оценки ГЭР должен завершаться описанием источников неопределенности и оценкой достоверности расчетов, а в завершение всех этапов оценки ГЭР необходимо проанализировать неопределенности и достоверности полученных результатов [14].

Управление ГЭР кислотообразующих выпадений в зонах влияния нефтегазовой промышленности является процедурой принятия решений по достижению приемлемых уровней суммарного ГЭР, связанного с действующими или проектируемыми промышленными объектами. В данной процедуре учитывается оценка ГЭР кислотообразующих выпадений, а также технологические и экологические возможности его предупреждения, уменьшения, мониторинг, реагирование, обмен информацией и др.

В принципах управления ГЭР должны быть заложены стратегические и тактические цели. В стратегических целях должно быть выражено стремление к достижению максимально возможного уровня благосостояния общества в целом, а в тактических — стремление к увеличению безопасности всех групп живых организмов Арктики.

## Заключение

Конечная цель присвоения экологических рейтингов заключается в повышении инвестиционной привлекательности предприятий на фоне развития системы экологической ответственности бизнеса. Исключительно высокий уровень экорейтинга является признаком низких экологических рисков деятельности. По материалам [29] «экорейтинг показывает, что одной лишь СЭМ, даже подтвержденной сертификатом ISO, предприятию недостаточно для того, чтобы стать экологически ответственным. Утвержденные принципы экологической политики нужно еще и претворить в жизнь, то есть постепенно снижать уровень негативного воздействия на окружающую среду». В связи с этим и с учетом современного инвестиционного климата в России, а также последних тенденций «смещения внимания на результативность (производительность) СЭМ» [6] анализ ГЭР особенно важен с точки зрения установления исходных данных для стратегического и тактического планирования, а также для установления экологических целей и ориентиров для инвесторов.

Предложенная концепция анализа ГЭР на примере предприятий, относящихся к наиболее привлекательным видам экономической деятельности для инвестирования иностранными партнерами, позволяет провести количественную оценку не только величины прогнозируемых изменений в состоянии экосистем, но и вероятности их наступления. В ней заложена возможность детальной характеристики экосистем как объектов техногенного воздействия. Кроме того, учитываются тесные взаимосвязи между отдельными компонентами наземных и водных экосистем, а также естественная изменчивость параметров, характеризующих состояние этих компонентов. Результаты анализа ГЭР целесообразно использовать при принятии инвестиционного управленческого решения для проектов нефтегазовой промышленности, располагаемых в таких районах с низкой информационной обеспеченностью и высокой степенью неопределенности, как Арктический регион [16].

## Литература

1. Global Investment Trade Monitoring. Embargo, Report of United National Conference on Trade and Development, No. 18, 29 January 2015, 17:00 GMT (12:00 New York, 18:00 Geneva).
2. Стрижова Ю.С. Иностранные инвестиции в российской экономике // Вопросы экономики и управления. 2015. № 1 (01). С. 9—11.
3. Официальный сайт «Федеральная служба государственной статистики» — поступление иностранных инвестиций по видам экономической деятельности. URL: [www.gks.ru](http://www.gks.ru) (дата обращения: 05.02.2016).
4. Трубицина О.П. Инвестиционная привлекательность экологически ориентированных предприятий // Актуальные проблемы современного бизнеса. Материалы заочной международной научно-практической конференции. Архангельск, 2014. С. 82—85.
5. Авраменко А.А., Зунин С.В., Вишняков Я.Д. Проблемы рейтинговой оценки инвестиционной привлекательности предприятий с учетом экологической составляющей // Российское предпринимательство. 2006. № 4 (76). С. 96—101.
6. DJSI 2015. Review Results. September 2015, RobecoSAM, 32 pp. URL: <http://www.sustainability-indices.com/images/review-presentation-2015.pdf> (дата обращения: 05.02.2016).
7. Международный стандарт ISO 14001:2015. Системы экологического менеджмента — Требования и руководство по применению. Третья редакция 2015-09-15. Перевод А. Горбунова. 2015. 46 с.
8. Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (Расширенное резюме). Отв. редактор Б.А. Моргунов. М.: Научный мир, 2011. С. 103
9. Башкин В.Н., Припутина И.В. Управление экологическими рисками при эмиссии поллютантов. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2010. 185 с.
10. Припутина И.В., Башкин В.Н. Экологические риски в связи с техногенным загрязнением окружающей среды: анализ подходов и методов оценки // Проблемы анализа риска. 2012. № 5. С. 12—25.
11. UBA, 2004 // Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. Chapter 5.5. электронный ресурс: URL: [www.icpmapping.org](http://www.icpmapping.org) (дата обращения: 29.01.2016).
12. Bashkin V.N. Modern Biogeochemistry. Environmental risk assessment. Springer, 2006, 400 p. (English Ed., Chinese Ed., 2009).
13. Башкин В.Н. Биогеохимия полярных экосистем в зонах влияния газовой промышленности. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014. 302 с.
14. Bashkin V.N., Trubitsina O.P., Pripulina I.V. (2016). Evaluation of geo-environmental risks in the impacted zones of oil and gas industry in the Russian Arctic. In: Bashkin V.N. (Ed) Biogeochemical Technologies for Managing Environmental Pollution in Polar Ecosystems, NY: Springer (in press).
15. Bashkin, V.N., & Pripulina, I.V. (2015). (Geo) Ecological Risk Assessment in Gas Industry Development Scenarios. The Open Ecology Journal, 8, 65—68.
16. Башкин В.Н., Трубицина О.П., Припутина И.В. Оценка геоэкологических рисков в зонах влияния нефтяной и газовой промышленности в Российской Арктике // Север и Арктика. 2015. № 19. С. 92—98.
17. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2007. 360 с.
18. Трубицина О.П. Глобально-региональные кислотные выпадения // Экология Северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы международной конференции. Архангельск, 2002. Т. 1. С. 399—403.
19. Трубицина О.П., Шварцман Ю.Г. Геоэкологическое состояние атмосферного воздуха и осадков на Севере Русской равнины // Вестник Архангельского государственного технического университета, 2007. Вып. 70. С. 151—163.
20. Трубицина О.П. Нагрузки кислотных выпадений на Севере Русской равнины // Вестник САФУ. Серия «Естественные науки». 2013. № 4. С. 44—49.
21. Trubitsina, O. (2015) Ecological Monitoring of Acid Deposition in the Arctic Region. The Open Ecology Journal, 8, 21—31.
22. Markelov V.A., Andreev O.P., Kobylkin D.N., Arabsky A.K., Arno A.B., Tsybulsky P.G., Bashkin V.N., Kazak A.S., Galiulin R.V. Gas industry sustainable development. M.: Nedra. 2013. 211 pp.
23. Башкин В.Н., Арно О.Б., Арабский А.К., Барсуков П.А., Припутина И.В., Галиулин Р.В. Ретроспектива и прогноз геоэкологической ситуации на газоконденсатных месторождениях Крайнего Севера. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2012, 280 с.

24. Демидова О. А. Разработка методов оценки экосистемных рисков в зонах воздействия выбросов на объектах газовой промышленности. Дисс. канд. техн. наук. М.: ВНИИГАЗ, 2007.
25. Louvar J. T., Louvar B. D. Prentice Hall. Health and environment risk analysis. Fundamentals and applications. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1998, 678 p.
26. Eduljee G. (1999). Risk Assessment. In: Petts, J (Ed) Handbook on Environmental Impact Assessment: 2 volumes, Oxford: Blackwell Science Ltd 374—404.
27. Ellen Porter, Tamara Blett, Deborah u. Potter, and Cindy Huber (2005). Protecting Resources on Federal Lands: Implications of Critical Loads for Atmospheric Deposition of Nitrogen and Sulfur. BioScience, 7, 603—612.
28. Dr. Ajay Taneja and Dr. Gur Sumiran Satsangi (2003). Critical load — A New Approach, Concept and Application. Asian J. Exp. Sci, 1&2, 23—34.
29. Башун В. Экспертинги промышленных компаний // Эксперт. № 42. 10—16 ноября 2003 г. URL: <http://raexpert.ru/ratings/ecorating/publication1/> (дата обращения: 05.02.2016).

## Сведения об авторах

**Трубицина Ольга Петровна:** кандидат географических наук, доцент Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» (САФУ имени М. В. Ломоносова)

Количество публикаций: более 30

Область научных интересов: атмосферный воздух, мониторинг кислотных выпадений, геоэкологические риски

*Контактная информация:*

Адрес: 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17

Тел.: +7 (911) 670-92-25

E-mail: o.trubitsina@narfu.ru, test79@yandex.ru

**Башкин Владимир Николаевич:** доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления рисками и страхования Центра гражданской защиты и промышленной безопасности ООО «Газпром ВНИИГАЗ»; главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Количество публикаций: более 300

Область научных интересов: геоэкологические риски, газовая промышленность, биогеохимия

*Контактная информация:*

Адрес: 142717, Московская обл., Ленинский р-н, пос. Развилка

Тел.: +7 (916) 860-20-38

Email: V\_Bashkin@vniigaz.gazprom.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# «РОССИЙСКОЕ КОНКУРЕНТНОЕ ПРАВО И ЭКОНОМИКА»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-60362 от 29.12.2014 г.

Ведущий научно-практический журнал в области конкурентного права и антимонопольного регулирования, выпускаемый ФАС России совместно с издательским домом «Деловой экспресс».

На страницах издания публикуются актуальные материалы, посвященные вопросам антимонопольного регулирования и защиты конкуренции: информация о деятельности ФАС России и развитии антимонопольного законодательства; анализ правоприменительной и судебной практик; результаты научных исследований в области конкурентного права и связанных с ним экономических вопросов; обобщение опыта эффективной организации работы антимонопольной службы и др. Также в журнале освещаются круглые столы, конференции, дискуссии по вопросам в сфере конкурентного права, аспекты международного сотрудничества. Особое внимание журнал уделяет практической применимости публикуемых материалов.

Издание адресовано сотрудникам антимонопольных органов, специалистам-практикам, представителям бизнес-сообщества, консультантам, специалистам научных организаций, учащимся и преподавателям учебных заведений, а также широкому кругу заинтересованных читателей.

Разъясняя государственную политику в области защиты конкуренции, журнал призван содействовать повышению уровня правовой культуры, а также осуществлять обратную связь с читателями, выявляя их мнения о состоянии конкуренции в Российской Федерации.

Издание зарегистрировано в РИНЦ и готовится к включению в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России (ВАК) для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Издается в печатном и электронном виде с периодичностью раз в квартал.

## УЧРЕДИТЕЛИ:

- Федеральное государственное автономное учреждение «Учебно-методический центр ФАС России» (г. Казань)
- Акционерное общество «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Сушкевич Алексей Геннадьевич,  
кандидат экономических наук,  
помощник руководителя Федеральной  
антимонопольной службы



Издается: с 2011 года  
Периодичность: ежеквартально  
Распространение: подписка  
Язык: русский  
Издатель: АО ФИД «Деловой экспресс»  
Телефон: (495) 787-52-26  
Индекс «Пресса России»: 43225  
Сайты: [www.fas.gov.ru](http://www.fas.gov.ru)  
[www.dex.ru](http://www.dex.ru)

## ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ:

- Антимонопольное законодательство
- Антимонопольное регулирование
- Антимонопольный контроль
- Региональная практика
- Судебная практика

## РЕКЛАМА В ЖУРНАЛЕ:

Размещение рекламы в журнале «Российское конкурентное право и экономика» позволяет напрямую обращаться к целевой аудитории и в то же время дает возможность рассказать о технологиях, мероприятиях, услугах и продукции.

Информацию о стоимости размещения рекламного модуля в журнале можно узнать

- по телефону (495) 787-52-26
- или написать на почту [journal@dex.ru](mailto:journal@dex.ru).

## ТЕРРИТОРИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ:

Управления ФАС России, Государственная дума РФ, администрации субъектов РФ, комитеты и комиссии союза предпринимателей и промышленников России, государственные и муниципальные предприятия, ректораты и библиотеки вузов, руководители ведущих российских компаний и частные лица.

## Стоимость подписки на 2016 год

Печатная версия	700 руб. — за полугодие;	1400 руб. — за год
Электронная версия	400 руб. — за полугодие;	800 руб. — за год

УДК 614.8.001.18

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2016

# Научные проблемы, решаемые в ходе преодоления последствий чернобыльской катастрофы

**В.П. Малышев,**  
Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России,  
г. Москва

## Аннотация

В статье сделана попытка на основе обобщения литературных данных и собственных работ по изучению опыта преодоления тяжелых последствий чернобыльской катастрофы определить те научные проблемы, которые решались в ходе ликвидации последствий аварии, последующей экологической реабилитации территорий и социальной поддержки пострадавшего населения. Показано, что масштабность проблем преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС потребовала решения многих исключительно сложных задач, затрагивающих практически все сферы общественной жизни, многие аспекты науки, морали и права. Человечество впервые столкнулось со столь масштабной радиационной аварией, и наша страна не могла быть готова к ликвидации чрезвычайной ситуации подобного масштаба. Однако в этой экстремальной обстановке было налажено достаточно эффективное научное обеспечение работ, что позволило оперативно осуществить все необходимые мероприятия по защите населения, локализовать основные источники радиоактивного загрязнения и в последующем нормализовать радиационную обстановку на атомной станции. Опыт научного сопровождения работ по ликвидации последствий аварии способствовал созданию в нашей стране государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и ускорил прогресс в развитии методов и средств радиационной защиты населения.

**Ключевые слова:** радиационная авария, медико-дозиметрический мониторинг, экологическая реабилитация, социально-экономическая поддержка населения и территорий, правовые нормы радиационной безопасности, единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, достижения в области радиационной защиты населения.

## Содержание

Введение

1. Проблемы прогнозирования динамики изменения радиоактивного загрязнения природных сред
2. Проблемы медико-демографического характера
3. Социально-экономические проблемы
4. Нормативно-правовые проблемы обеспечения радиационной безопасности
5. Научно-технические проблемы в области совершенствования методов и средств радиационной защиты населения

Заключение

Литература

## Введение

Авария на Чернобыльской АЭС по совокупности последствий является самой крупной техногенной катастрофой в истории человечества. Она затронула судьбы миллионов людей, проживающих на огромных территориях не только бывшего Советского Союза, но и Европы. Общее количество радиоактивности в 100 раз превышало аналогичные показатели после взрыва двух атомных бомб, сброшенных на Хиросиму и Нагасаки. Суммарный выброс радиоактивных веществ в атмосферу составил около  $1,5 \times 10^{19}$  Бк, в результате которого общая площадь радиоактивно загрязненных территорий достигла 200 тыс. км<sup>2</sup> [1]. В 1986 г. на данных территориях проживало свыше 18 млн человек, в том числе 3 млн детей. По существу, в центральной части Европы образовалась территория общей площадью около 150 000 км<sup>2</sup>, которая до сих пор остается загрязненной опасными изотопами цезия-137 и стронция-90, имеющими большой период полураспада и представляющими угрозу для окружающей среды региона в течение многих, многих лет. Преодоление последствий чернобыльской катастрофы потребовало решения целого ряда научных проблем в целях обеспечения условий безопасной жизнедеятельности населения и ведения хозяйственной деятельности на территориях, подвергшихся воздействию радиации.

### 1. Проблемы прогнозирования динамики изменения радиоактивного загрязнения природных сред

В результате взрыва и последующего пожара на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС с 26 апреля по 10 мая 1986 г. из разрушенного реактора было выброшено примерно 7,5 т ядерного топлива и продуктов деления с суммарной активностью около 50 млн Ки. Авария привела к выбросу из разрушенного реактора в атмосферу значительного количества главным образом летучих радиоактивных веществ, которые разносились воздушными потоками на сотни и тысячи километров, приводя к радиоактивному загрязнению территорий, оказывая негативное воздействие на окружающую среду и здоровье проживающего на них населения.

Одной из главных особенностей аварии являлось то, что из активной зоны реактора ЧАЭС было

выброшено примерно 45 различных радиоизотопов с суммарной активностью до 50 млн Ки. В отличие от ядерного взрыва и других радиационных аварий данная катастрофа сопровождалась не только мгновенным выбросом радиоактивных веществ, но и последующим длительным поступлением радионуклидов в атмосферу за счет горения графита в активной зоне реактора. Больше всего повлияли на радиационную обстановку йод-131 (в краткосрочном плане), цезий-137, стронций-90, плутоний-239, -240 (в долгосрочном плане), а также другие высокоактивные частицы топлива, так называемые горячие, которые образовались в результате возгонки ядерного горючего, в первую очередь цезия, стронция и рутения. Главная опасность этих частиц — их высокая активность. Если активность обычного радиоактивного аэрозоля не превышала  $10^{-14}$  Ки, то активность горячих частиц была на 8—10 порядков выше. По этой причине концентрация радиоактивных веществ в облаке в первые дни катастрофы на территории ЧАЭС могла составить  $10^{-7}$ — $10^{-8}$  Ки/л. Ингаляционный путь воздействия радионуклидов в начальный период ликвидации катастрофы представлял первостепенную опасность, так как, во-первых, в воздухе находились аэрозольные частицы с высокой активностью, во-вторых, оседая при вдыхании воздуха в легких человека, они были способны интенсивно облучать прилегающие ткани, вызывая локальные дозовые нагрузки, равные сотням зивергов. По химическому составу «горячие» частицы представляли собой оксиды и карбиды редкоземельных радиоактивных металлов, которые, обладая столь высокой активностью, плохо растворялись в воде и практически не смывались при обработке дезактивирующими растворами.

Обобщенные данные по особенностям радиоактивного загрязнения в районе Чернобыльской АЭС представлены в табл. 1.

Радиоактивному загрязнению после аварии в России подверглись 2955 тыс. га сельхозугодий, в том числе 171 тыс. га с плотностью 15 Ки/км<sup>2</sup> и выше. Около 30 тыс. га с уровнями загрязнений, превышающих 40 Ки/км<sup>2</sup>, были полностью выведены из хозяйственного использования, а население, проживающее в этой зоне, было отселено.

Особенности радиоактивного загрязнения обусловили различный характер динамики изме-

## Особенности радиоактивного загрязнения в районе ЧАЭС

Таблица 1

Параметр	Особенности радиоактивного фактора
Источник первичного загрязнения	Наряду с мгновенным выбросом длительное неравномерное поступление радионуклидов в атмосферу за счет горения графита
Источник вторичного загрязнения	Сильно зараженные местность, водоемы, здания, сооружения, оборудование, транспорт и другая техника; личные вещи населения, оказавшегося в зоне заражения
Загрязняющие агенты	45 различных радиоизотопов, содержащих альфа-, бета- и гамма-излучатели с широким спектром энергетических характеристик. Основными из них являются короткоживущий гамма-излучатель йод-131, долгоживущие — цезий-137 (гамма-излучатель), стронций-90 (бета-излучатель), плутоний-239 (альфа-излучатель)
Фазовый состав радиоактивных выбросов	Радиоактивные газы, пары и тонкодисперсные аэрозоли, крупные частицы, элементы конструкций
Химический состав радиоактивных выбросов	Карбиды и оксиды редкоземельных металлов, молекулярный йод и его соединения
Специфика радиоактивного заражения	Высокое содержание горячих частиц топливного происхождения с высокой степенью активности
Характер радиоактивного излучения	Объемное излучение радиоактивного облака, особенно в первые месяцы после аварии, когда концентрации могли составить $10^{-3}$ — $10^{-4}$ Ки/м <sup>3</sup> , что представляло высокую опасность ингаляционного поражения. В период прохождения радиоактивного облака скачкообразное увеличение концентрации радиоактивных аэрозолей (до 2–3 порядков) с последующим их быстрым спадом. Площадное излучение радиоактивно загрязненной местности
Динамика распространения загрязнений	Вторичный перенос в целом невелик. Переход в водную фазу не более 1—2%, вертикальный переход на глубину до 5 см, ветровой перенос незначителен

нения радиоактивного загрязнения природных сред. Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись лесные массивы, так как они сыграли роль фильтров радиоактивных аэрозолей на поверхности земного ландшафта. К сожалению, самоочищение лесов происходит только за счет радиоактивного распада основного долгоживущего радионуклида цезия-137. Это обусловлено тем, что основная масса радионуклидов оседала на кронах деревьев. Осенью вместе с опавшими листьями радионуклиды уходили в почву, а затем за счет корневого поступления повторно загрязняли лесные массивы. В связи с этим на площади более чем 59 тыс. га лесов прекращена хозяйственная деятельность. Уход за лесом по специальной технологии проведен на 415 тыс. га, мероприятия по охране лесов от пожаров — на 1,4 млн га, спецмероприятия по защите лесов от вредителей и болезней — на 865 тыс. га. Сохраняется необходимость проведения постоянного радиационного мониторинга лесной продукции. К настоящему времени

общая площадь загрязненных лесов составляет 1 млн га. Наибольшее загрязнение лесного фонда наблюдается в Брянской (2285 тыс. га), Калужской (159 тыс. га), Тульской (107,6 тыс. га) и Орловской (93 тыс. га) областях, что составляет более 30% общей площади лесного фонда этих областей. Соблюдение принятых технологических условий и ограничений при заготовке позволяет в целом обеспечить нормативное содержание радионуклидов в пиломатериалах. В древесных ресурсах превышение нормативов начинает наблюдаться на территориях с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 5 Ки/км<sup>2</sup>. На этих же площадях загрязнение пищевых продуктов леса, как правило, выше нормативного уровня.

По оценкам специалистов, загрязнение леса продолжает нарастать за счет корневого поступления. По прогнозам, в ближайшие 10 лет надземная фитомасса 30-летних сосняков накопит 10% от общего запаса цезия, а затем начнет очищаться с периодом полувыведения около 30 лет.

На степных и иных равнинных участках местности из-за того, что выброс радионуклидов происходил более 10 суток при меняющихся метеоусловиях, зона основного загрязнения имеет веерный, пятнистый характер. На увеличение радиоактивного загрязнения местности существенное влияние оказывало выпадение дождевых осадков в период прохождения аэрозольных облаков радионуклидов. Именно поэтому наиболее сильному загрязнению подверглись территории Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей.

Многолетние наблюдения за сельхозугодиями показывают, что изменение уровней загрязнения территорий происходит под влиянием следующих основных факторов:

- естественного распада радионуклидов;
- заглупления радионуклидов под действием природно-климатических процессов;
- перераспределения радионуклидов в почвенном слое за счет антропогенного воздействия.

При этом отсутствует измеряемый перенос радионуклидов между ландшафтными комплексами. В настоящее время темпы снижения уровней радиоактивного загрязнения почв стабилизировались и составляют не более 3—5% в год.

Наименьшие уровни загрязнений наблюдаются на акваториях рек и водоемов. Это обусловлено процессами диспергирования радионуклидов в водной среде. Водорастворимая фракция радионуклидов распределяется во всей толще воды и во всех случаях не превышает допустимых значений. Нерастворимая фракция, которая тяжелее воды, оседает и сорбируется донными отложениями. Нерастворимая фракция, которая легче воды, в течение месяца поглощается в почвенном слое вдоль берегов рек и водоемов. Загрязнение воды и донных отложений практически во всех реках и водоемах не представляет опасности для водопользования. Исключения составляют несколько озер, в том числе озеро Кожановское (запасы цезия-137 около 100 Ки при площади зеркала 6,5 км<sup>2</sup>). Содержание цезия-137 в образцах рыбы из данного водоема многократно превосходит допустимые уровни.

Последствия облучения для растительного и животного мира были наиболее заметными в зонах отчуждения (уровни загрязнения свыше 40 Ки/км<sup>2</sup>). При высоких дозах облучения наблюдался повы-

шенный уровень гибели деревьев хвойных пород, обитающих в почве млекопитающих и беспозвоночных животных, снизилась также репродуктивная функция у растений и животных. Вместе с тем с течением времени процессы естественного распада радионуклидов и заглупление их в почву позволили живым организмам оправиться от тяжелых радиационных последствий. В настоящее время произошло восстановление жизнеспособности биоты в зоне отчуждения. Более того, в условиях отсутствия активной хозяйственной деятельности в этих зонах численность популяций многих видов животных и растений выросла.

В целом следует отметить, что благодаря естественным процессам распада и миграции радионуклидов в почву и выполненным работам произошло существенное улучшение радиационной обстановки на всех территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. На слабозагрязненных землях Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Ленинградской, Пензенской, Рязанской, Тамбовской, Ульяновской областей и Республики Мордовия радиационная обстановка полностью нормализовалась. Дальнейшее улучшение радиационной обстановки будет протекать крайне медленно с учетом длительности периода полураспада цезия-137.

## 2. Проблемы медико-демографического характера

Самым существенным последствием чернобыльской аварии являлось то, что значительное количество населения европейской части бывшего СССР (по различным оценкам, от 12 до 15 млн человек) получили значительные дозы облучения. При этом наряду с внешним облучением, обусловленным радиационным загрязнением территории, существенный вклад в дозовые нагрузки вносило внутреннее облучение человека за счет вдыхания загрязненного воздуха и потребления зараженных продуктов питания и воды. Ингаляционный путь воздействия в районе аварии на начальном периоде ликвидации ее последствий представлял первостепенную опасность, так как в воздухе находились высокоактивные топливные частицы, которые, попадая в легкие человека, могли вызвать значительные радиационные повреждения на клеточном уровне.

Исследования по оценке демографических последствий базируются в основном на статистике общей смертности и заболеваемости. На результаты данных исследований существенное влияние оказал системный социально-экономический кризис, который охватил все страны бывшего Советского Союза после его распада. Резкое падение жизненного уровня, снижение качества и доступности медицинской помощи привели к уменьшению средней продолжительности жизни населения. На фоне этих процессов крайне трудно выявить влияние радиационного фактора и подтвердить достоверность прогнозных оценок о дополнительной смертности от раковых заболеваний на уровне 1 млн случаев за 70 лет после аварии.

Государственные органы Российской Федерации основное внимание обратили на здоровье участников ликвидации последствий чернобыльской аварии и населения, проживающего на загрязненных территориях Брянской, Калужской, Тульской, Орловской и некоторых других областей. С этой целью осуществляется специализированное медицинское наблюдение в рамках Российского государственного медико-дозиметрического регистра, в банке данных которого находится информация на 550 тыс. человек, из них около 200 тыс. — ликвидаторы и свыше 300 тыс. — проживающие на наиболее загрязненных территориях.

Деятельность Регистра [3] позволила установить повышенный уровень заболеваемости среди ликвидаторов по сравнению с аналогичными показателями контрольной группы. Особенно велики показатели заболеваемости эндокринной системы — в 10 раз и болезней системы кровообращения — в 4 раза. Согласно современным научным данным при дозах от 100 до 200 мЗв, которые характерны для ликвидаторов, участвовавших в работах в 1986—1987 гг., воздействие радиации на иммунную систему организма вызывает клинические эффекты, связанные с кровообращением и функционированием эндокринной системы. При этом отмечается тенденция к повышению заболеваемости в наиболее молодой группе ликвидаторов, возраст которых на момент аварии составлял 20—25 лет.

Оценка онкологической смертности ликвидаторов показала, что группу наибольшего риска составляют участники ликвидации последствий

аварии 1986—1987 гг., получившие высокие дозы облучения, в среднем от 100 до 200 мЗв. Для этой категории лиц вероятность преждевременной смерти через 20 лет после чернобыльской катастрофы превышает среднестатистические показатели от лейкозов на 25%, от остальных форм рака на 30%.

Среди населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях, также отмечается устойчивая тенденция к росту заболеваемости злокачественными новообразованиями. Установлено, что величина показателей заболеваемости раком щитовидной железы среди населения Брянской, Тульской и Орловской областей по отношению к населению России в целом имеет статистически достоверный рост в 2—2,5 раза. При этом риск заболеваемости раком щитовидной железы среди детей (до 4 лет на момент облучения) в 6—10 раз превышает риск для взрослого населения [4].

Наиболее серьезным последствием чернобыльской аварии является ухудшение психического здоровья пострадавших, которое характерно как для ликвидаторов, так и для населения, проживающего на загрязненных территориях. Потеря экономической стабильности в обществе и ожидания неблагоприятных последствий для своего здоровья на фоне возможных временных ухудшений самочувствия привели к нарушению физического и эмоционального баланса человека. В связи с этим показатели нарушения психического здоровья у ликвидаторов в 5 раз выше, а среди населения загрязненных территорий — в 2 раза выше по сравнению с аналогичными показателями в целом по России.

В дальнейшем представляется целесообразным обеспечить длительное медицинское наблюдение за выявленными группами повышенного риска, к которым относятся ликвидаторы, участвовавшие в работах на ЧАЭС в 1986—1987 гг., и детское население загрязненных районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей. Мероприятия по медицинской реабилитации граждан, подвергшихся радиоактивному воздействию вследствие чернобыльской катастрофы, должны обеспечивать выявление скрытой патологии и заболеваний на ранней стадии, а также оказание своевременной профилактической и лечебной медицинской помощи.

### 3. Социально-экономические проблемы

Социально-экономические последствия чернобыльской аварии также беспрецедентны по своим масштабам. Для ее ликвидации потребовалась мобилизация значительных сил и средств Советского Союза. Только прямые затраты на ликвидацию последствий аварии на станции составили около 10 млрд советских рублей. Общие затраты на выплаты компенсаций и льгот пострадавшим и ликвидацию последствий катастрофы из средств союзного бюджета в период с 1986 по 1991 г. составили более 25 млрд рублей [1].

После распада Советского Союза финансирование мероприятий по преодолению последствий чернобыльской катастрофы осуществлялось в рамках федеральных целевых программ. В целом на реализацию данных программ было выделено около 250 млрд рублей (в ценах 2000 года) [4]. В настоящее время ежегодно на преодоление последствий аварии на Чернобыльской АЭС из средств федерального бюджета выделяется около 300 млн рублей и, кроме того, около 100 млн рублей выделяют бюджеты субъектов Российской Федерации [5]. Кроме того, ежегодно выделяется свыше 4 млрд рублей на выплату льгот и компенсаций ликвидаторам и населению, проживающему на загрязненных территориях.

Отчуждение земель, имеющих высокий уровень загрязнения ( $40 \text{ Ки/км}^2$  и более), привело к значительным экономическим потерям за счет вывода из хозяйственного оборота промышленных объектов, сельскохозяйственных и лесных угодий. Масштабное переселение населения с загрязненных территорий (свыше 25 тыс. чел.) и добровольный отток молодежи, квалифицированных рабочих и интеллигенции (около 50 тыс. чел.) способствовали ухудшению социально-экономической обстановки. Введение ряда запретительных и ограничительных мер в области ведения агропромышленного производства с целью снижения уровня загрязнения вырабатываемой продукции привело к ее удорожанию, неконкурентоспособности и, как следствие, к значительному сокращению производства. В целом для ряда территорий вести сельскохозяйственные работы в прежних объемах стало экономически нерентабельно.

Следует отметить, что около 90% всех средств, выделяемых для реализации мероприятий по чернобыльским программам, расходовались и расходуются по двум основным разделам: «Охрана здоровья и медицинская реабилитация граждан, подвергшихся радиационному воздействию» (свыше 50% всего объема финансирования) и «Социально-экономическая реабилитация населения и территорий» (около 40% всего объема финансирования).

Реализация мероприятий по первому направлению деятельности позволила создать трехуровневую систему медицинского обеспечения населения. На первом уровне — сеть лечебно-профилактических учреждений районов, на втором уровне — реабилитационные центры, специализированные больницы и санатории субъектов Российской Федерации, и третий уровень — 25 ведущих клиник страны. Создан Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины МЧС России, оснащенный самым современным диагностическим оборудованием и способный оказывать помощь более чем 1500 больным в год. Функционируют четыре областных центра социально-психологической реабилитации.

В рамках второго направления деятельности финансовые средства расходуются на предоставление многочисленных льгот и компенсаций участникам работ по ликвидации на загрязненных территориях. Кроме этого, для переселения пострадавших выполнен большой объем жилищного строительства, в загрязненных районах построены новые объекты здравоохранения, социальной и производственной сферы. Для предприятий этих зон предоставлены экономические и налоговые льготы.

Масштабные денежные выплаты пострадавшим от аварии за счет средств федерального бюджета сыграли важную роль в поддержании жизненного уровня ликвидаторов и населения загрязненных территорий в условиях экономического кризиса. Вместе с тем анализ обоснованности произведенных затрат показал, что они слабо связаны с масштабами возможного ущерба. В мировой практике развитых стран мира выплаты льгот в первую очередь зависят от коллективной дозы облучения и составляют 10 тыс. долларов США в год для дозы 1 чел. Зв. В нашей стране затраты по этому показателю составляли 35 тыс. долларов США, что значи-

тельно превосходило экономические возможности государства в условиях становления рыночных отношений. Это вызвало необходимость корректировки части льгот и компенсаций, перехода от натуральных льгот к денежным выплатам. Принятие Государственной Думой в 2004 г. непопулярного Федерального закона № 122 при всех сложностях его реализации позволило сформировать более экономичную систему льгот и компенсаций, которая может быть обеспечена бюджетом государства в полном объеме.

#### **4. Нормативно-правовые проблемы обеспечения радиационной безопасности**

Следует отметить, что до аварии на Чернобыльской АЭС практически отсутствовали правовые нормы обеспечения радиационной безопасности населения. Единственный нормативный документ, существовавший в то время, — Нормы радиационной безопасности (НРБ-76) — устанавливал лишь дозовые ограничения и критерии принятия решений по защитным мероприятиям. Нормативное обеспечение проведения защитных и реабилитационных мероприятий осуществлялось путем издания специальных постановлений союзного и российского правительств.

В настоящее время правовое регулирование в области обеспечения радиационной безопасности населения обеспечивается следующими нормативными документами:

- Федеральным законом от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»;
- Федеральным законом от 25.11.1996 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»;
- Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009, СанПиН 2.6.1.2523-09;
- Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности, ОСПОРБ-99/2010 СанПиН 2.6.1.2612-10.

Данные документы определяют правовые основы, основные принципы и нормы обеспечения радиационной безопасности населения, регламентируют требования по его защите от источников ионизирующего излучения. Опыт Чернобыля позволил уточнить допустимые пределы доз облучения для различных категорий населения с учетом

многофакторного воздействия радиации, пределов годового поступления, среднегодовые объемные и удельные активности, а также обосновать критерии для принятия решений по мерам защиты населения на начальном периоде аварийной ситуации, по отселению населения и по ограничению потребления пищевых продуктов на загрязненной территории.

Сформирована законодательная база для решения проблем по социальной защите населения, пострадавшего в результате радиационного воздействия. В 1991 г. был принят закон РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», в который были внесены существенные изменения и дополнения в 1995 и 2004 гг. Этот закон стал основой для принятия двух федеральных законов «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 году на производственном объединении «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча» (1993 г.) и «О социальной защите граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне» (1995 г.).

#### **5. Научно-технические проблемы в области совершенствования методов и средств радиационной защиты населения**

Научно-технические проблемы, решаемые в ходе преодоления чернобыльской катастрофы, носили комплексный, междисциплинарный характер и требовали для своего решения привлечения широкого круга ученых и специалистов. Решение многих проблем ускорило прогресс в различных отраслях науки и техники. Исследование процессов радиоактивного загрязнения окружающей среды после чернобыльской аварии позволило достичь существенного прогресса в развитии методов радиационного мониторинга на базе применения современной техники и информационных технологий. Исследование закономерности миграции радионуклидов в природных средах позволяет составлять более достоверные прогнозы изменения радиационной обстановки.

Одной из самых сложных научных проблем являлось создание эффективных способов ликви-

дации радиационных загрязнений на территории атомной станции и в зоне аварии. Однако эффективность традиционных способов дезактивации, основанных на использовании водных процедур, оказалась низкой. Учитывая приведенные выше особенности радиоактивного загрязнения и возможность сорбции высокоактивных частиц различными материалами, в сжатые сроки был проведен широкий поиск различных рецептур и методов дезактивации. Общее руководство этими исследованиями осуществлял Герой Социалистического Труда, академик А.Д. Кунцевич. Практическую апробацию и рекомендации по дальнейшему использованию различных способов дезактивации осуществляла группа специалистов под руководством автора данной статьи, в рамках научно-технического сопровождения действий частей химических войск по ликвидации радиационных загрязнений в помещениях и на территории Чернобыльской атомной станции. Рекомендованные этой группой способы дезактивации, приведенные в табл. 2, позволили личному составу частей химических войск в кратчайшие сроки (в течение двух месяцев) удалить основные радиационные загрязнения на территории станции, что, в свою очередь, обеспечило развертывание работ по строительству укрытия для

разрушенного блока и ввод в эксплуатацию остальных трех энергоблоков. Наиболее успешно задачи по дезактивации территории атомной станции решали воины-химики специального мобильного отряда, который был заранее подготовлен офицерами службы радиационной безопасности под руководством контр-адмирала В.А. Владимирова для ликвидации последствий падения космических аппаратов с ядерными энергетическими установками.

Опыт ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС позволил также выявить следующие недостатки существующих средств защиты:

- средства дозиметрического контроля не позволяли достоверно измерять дозовые нагрузки по радиоактивному облучению, так как большинство из них имели порог чувствительности, начиная от 10 бэр и выше, что не удовлетворяло требованиям контроля доз облучения при радиационных авариях;
- индивидуальные средства защиты органов дыхания не обеспечивали защиты от паров радиоактивных веществ и в первую очередь от паров йода-137;
- малоэффективными оказались существующие технические средства дезактивации.

В целом проведение крупномасштабных работ по дезактивации населенных пунктов и территорий

*Интегральные показатели наиболее эффективных способов дезактивации, используемых при ликвидации последствий Чернобыльской АЭС*

Таблица 2

Объект дезактивации	Способ дезактивации	Коэффициент дезактивации
Высокозараженная местность	Снятие верхнего слоя грунта	10—100
Внутренние помещения АЭС	Обработка селективными комплексообразующими растворами	10—20
	Нанесение съемных полимерных покрытий	10—50
Грунтовые дороги	Грейдирование	10—100
Техника	Двухстадийный режим с использованием моющих растворов и водяного пара под давлением до 100 атм.	10—20
Прибрежная зона пруда охладителя станции	Предотвращение перехода радионуклидов в воду путем обработки сорбентами	10
Сельхозугодья, вблизи станции	Перепашка, внесение сорбентов, удобрений	3—5
Пылеобразующие участки местности	Локализация радионуклидов с применением полимерных рецептур и латексов	100

в 30-километровой зоне не привело к существенному снижению уровней радиации.

Необходимость выполнения значительного объема работ по радиационному контролю способствовала достижению прогресса и в этой области. Были созданы массовые (бытовые) радиометры, новые образцы дозиметров, достоверно регистрирующих малые дозы облучения, экспресс-анализаторы изотопного состава, новое поколение средств наземной и воздушной радиационной разведки с использованием геоинформационных технологий, улучшена картография результатов измерений. Получили дальнейшее развитие средства индивидуальной защиты, в первую очередь газопылезащитные респираторы, специальная защитная одежда от радиоактивных веществ, костюмы с автономным жизнеобеспечением, новое поколение медицинских средств радиационной защиты.

Особое развитие после чернобыльской аварии получили технологии и средства дезактивации. В Чернобыле впервые были апробированы различные робототехнические устройства для работы в особо опасных условиях.

Для ведения агропромышленного производства на загрязненных территориях были разработаны рекомендации, внедрение которых позволило снизить дозы внутреннего облучения для населения, проживающего на загрязненных территориях, не менее чем на 30—40%. Разработанная рациональная система лесопользования на загрязненных территориях предусматривает, с одной стороны, сохранение биоразнообразия и экологических функций лесов, а с другой стороны — активное ведение лесного хозяйства с получением радиационно безопасной древесины.

Наблюдения за состоянием здоровья сотен тысяч лиц, подвергшихся облучению, позволили выявить многие основные закономерности влияния малых доз на организм человека. Используемые в настоящее время дозовые критерии и санитарно-гигиенические нормативы по радиационной защите получены на основе этих исследований.

## Заключение

Прошедшие годы, безусловно, оказывают влияние на восприятие тех или иных последствий чернобыльской аварии. Но остаются трагедии преж-

девременного ухода из жизни людей, подвергшихся радиоактивному облучению, трагедии потерянного здоровья у ликвидаторов этой аварии и детей, на которых также отразились последствия облучения. Остается горечь воспоминаний об утерянной малой Родине у многих переселенцев. Масштабы экологических и экономических последствий чернобыльской катастрофы значительно превосходили урон, нанесенный ядерными бомбардировками Хиросимы и Нагасаки. В этих городах в настоящее время полностью восстановлены безопасные условия проживания, в то время как значительная часть территории вокруг Чернобыльской АЭС на долгие годы выведена из хозяйственного использования. Работы по преодолению последствий этой аварии планируются продолжить в рамках государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций».

Подводя итоги деятельности по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, следует признать, что наиболее успешными были следующие этапы:

- локализация источников горения на крыше машинного зала атомной станции;
- организация массовой эвакуации жителей г. Припять и других населенных пунктов из 30-километровой зоны;
- тампонирующее разрушение реактора с воздуха набором веществ, обеспечивающих снижение температуры активной зоны реактора;
- ликвидация радиационных загрязнений на территории атомной станции;
- строительство саркофага для укрытия разрушенного четвертого блока атомной станции;
- социальная поддержка пострадавших в результате аварии.

Малорезультативными оказались крупномасштабные работы по дезактивации населенных пунктов и территорий в 30-километровой зоне, которые не привели к существенному снижению уровней радиации. Не следовало проводить работы по пылеподавлению местности и строительству плотин на реке Припять и ее притоках, так как отсутствовал измеряемый перенос радионуклидов между ландшафтными комплексами.

Грозным предупреждением необходимости учета всех возможных факторов, способствующих воз-

никновению и развитию тяжелых радиационных катастроф, стала авария на японской атомной станции «Фукусима». Ошибка проектировщиков, не предусмотревших резервных источников энергоснабжения, необходимых для устойчивого функционирования систем охлаждения реакторов, вызвала их разрушение и привела к масштабной аварии. В то же время следует признать, что японские специалисты при организации работ учитывали опыт ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Была организована экстренная эвакуация населения из зон заражения. Работы по ликвидации аварии проводились только на территории станции. К участию в работах привлекался ограниченный контингент ликвидаторов: на начальном этапе аварии всего 180 пожарных-добровольцев. Несмотря на протесты мирового экологического сообщества избыток воды, загрязненной радионуклидами, сбрасывался в океан, что не привело к загрязнению окружающей среды из-за способности водоемов к быстрому самоочищению, которое было выявлено в ходе ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

Масштабные климатические аномалии последних лет свидетельствуют о необходимости развертывания работ по повышению устойчивости базовых отраслей экономики и в первую очередь энергетического сектора. В настоящее время усилия специалистов, работающих в этой области, необходимо сосредоточить на создании научно достоверных технологий оценки риска возникновения крупномасштабных чрезвычайных ситуаций, учитывающих климатические аномалии и появление новых угроз и опасностей, а также на разработке рациональных способов повышения устойчивости базовых отраслей экономики, стратегически и критически важных объектов.

## Литература

1. Чернобыль: пять трудных лет. Сборник материалов о работах по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. М., ИЗДАТ, 1992.
2. Малышев В.П. Работы ученых химических войск в начальном периоде ликвидации последствий катастрофы. Монография «Москва — Чернобылю». М.: Воениздат, 1998.
3. Иванов В.К., Цыб А.Б. Медицинские последствия аварии на ЧАЭС для ликвидаторов и населения загрязненных радионуклидами территорий России: Прогноз и фактические данные национального регистра. Глава книги «Чернобыль: 15 лет спустя». М.: Контакт-культура, 2001.
4. Герасимова Н.В., Блинов Б.К., Зиборов А.М. Защита населения и реабилитация территорий, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС. Глава книги «Чернобыль: 15 лет спустя», М.: Контакт-культура, 2001.
5. Израэль Ю.А., Ильин Л.А., Владимиров В.А. и др. Чернобыль: 25 лет спустя. М.: МЧС России, 2011.

## Сведения об авторе

**Малышев Владлен Платонович:** доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, руководитель научного направления Центра стратегических исследований гражданской защиты МЧС России

Количество публикаций: 330

Область научных интересов: проблемы радиационной, химической и биологической безопасности

*Контактная информация:*

Адрес: г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

Тел.: +7 (495) 449-99-52

E-mail: csi430@yandex.ru

## Аннотации статей на английском языке

### ECOLOGICAL HEALTH RISK ASSESSMENT IN CRIMEA REPUBLIC AS BASES FOR ECOLOGICAL SAFETY IN THE REGION

**E. V. Evstafeva**, V.I. Vernadsky Crimea Federal University, **G. P. Naraev**, **N. A. Sologub**, Ministry of ecology and natural resources, Simferopol, Crimea Republic, **S. A. Karpenko**, **V. V. Bielalov**, **A. M. Bogdanova**, **S. L. Tymchenko**, **I. A. Evstafeva**, V.I. Vernadsky Crimea Federal University.

**Annotation.** The article provides a theoretical base for the regional strategy in the field of ecological safety in the Republic of Crimea and shares results of medico-ecological monitoring based on systematic approach for many years. Defined environmental safety priorities in the Crimea and described scientific and practical results of the implementation for some of them. According to medical statistics, the dynamics of morbidity of the population for the last 20 years is analyzed and relative risk is estimated in different cities and administrative districts for the morbidity overall and the most environmentally-related diseases (congenital anomalies, cancer, respiratory diseases). Field studies results of the environmental situation for the nitrogen oxides and sulfur as the main atmospheric pollutants are provided based on governmental hygiene and European environmental standards. Further steps are indicated for the successive solving of health issues and environmental problems, and assessment of environmental health risks in the Republic of Crimea.

**Keywords:** ecological safety, risk assessment, health

### CANCEROGENIC RISK OF ARSENIC CONTAMINATION OF WATER ECOSYSTEMS

**V. N. Bashkin**, Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, RAS, Moscow region, Pushchino

**R. V. Galiulin**, **R. A. Galiulina**, Institute of Basic Biological Problems, RAS, Moscow region, Pushchino

**Annotation.** The geoecology of Chelyabinsk is characterized and assessment of arsenic contamination of its water ecosystems by content analysis of this substance by nuclear-absorbing spectrophotometer method in rain and surface water, hydrophyte and bottom sediments is carried out. Results of the analysis showed that arsenic content in rain and surface water was though is lower than its maximum permissible concentration, but one order of magnitude that unambiguously points on significant contribution of atmospheric precipitations in contamination of river and lake water by this element. In the given case arsenic content increased on current course of the Miass river in water by 1.5 times, in common reed grass by 1.3 times, and bottom sediments by 2.1 times that testifies about increase of technogenic load on this water ecosystem.

**Keywords:** water ecosystems, arsenic, water, hydrophyte, bottom sediments, cancerogenic risk.

### CANCEROGENIC RISK OF NITRATE CONTAMINATION OF WATER ECOSYSTEMS

**R. V. Galiulin**, **R. A. Galiulina**, Institute of Basic Biological Problems, RAS, Moscow region, Pushchino

**V. N. Bashkin**, Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, RAS, Moscow region, Pushchino

**Annotation.** Nitrate contamination of water ecosystems of the Chelyabinsk and its vicinities by the content analysis of these substance in underground, surface and rainwater, hydrophytes and bottom sediments is estimated. The nitrate content in underground water (from a well and boring wells) in comparison with surface water (from the Miass River, the lakes Pervoe and Smolino) was above maximum permissible concentration (by 1.7-4.0 times). Increase of nitrate content in the Miass River on course of its current is noted. Hydrophytes depending on a species and place of their dwelling were characterized by various nitrate content.

**Keywords:** water ecosystems, nitrates, water, hydrophytes, bottom sediments, cancerogenic risk.

### GEOECOLOGICAL ZONING OF SIBERIA DUE TO HAZARDOUS GEOMORPHOLOGICAL PROCESSES

**S. B. Kuzmin**, Institute of Geography mem. V.B. Sotchava SB RAS, Irkutsk

**Annotation.** A geoecological zoning of Siberia due to hazardous geomorphological processes has been developed by the specially developed technique. It is based on: 1) the spatial distribution patterns of the main morphological structures and ongoing geomorphological processes; 2) territorial organization of the economy that is changing dramatically due to changes in the entire system of territorial and production relations in Russia; 3) near-term prospects of social and economic development of certain regions of Siberia and hazardous geomorphological processes that result can be activated or re-emerge. Hazardous geomorphological processes are allocated in relation to specific types of nature-using that prevail in the geoecological regions of Siberia at the moment or are planned in the short term (5-10 years). On the basis of zoning it is possible to set specific objectives to optimize the environmental condition of relief and organization of the economy. Geoecological zoning of Siberia, in the circle of problems solved by the Russian Federation Ministry of Emergency Situations, will contribute to the rationale and implementation of special federal and regional policy necessitates for the creation of an appropriate legal framework.

**Keywords:** hazardous geomorphological processes, natural and man-made hazards, geoecological zoning, Siberia.

## **ANALYSIS AND MAPPING OF SENSITIVITY AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF GEOSYSTEMS FOR THE INFORMATION SUPPORT GEOGRAPHIC PROJECTION (ON THE EXAMPLE OF THE LAKE BAIKAL BASIN)**

**T. I. Kuznetsova**, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

**Annotation.** The contribution is completed in the laboratory of cartography, geoinformatics and remote sensing of the Sochava Institute of Geography (Irkutsk) in the framework of the electronic Ecological atlas of the Lake Baikal Basin. We solve the fundamental scientific problem concerning the creation of base maps of the natural environment for the territories of two sovereign states - Russia and Mongolia to support a development strategy for a large region and predicting its environmental impacts on the basis of representations about the functioning and dynamics of geosystems of Siberian scientific school of geographers.

A specialized classification of geosystems is developed, which reflects both morphotypical and functional and dynamic features, allowing to assess their sensitivity and ecological sustainability as well as to support the transition from the inventory phase of the study to forecast the future state of geosystems. The cartographic analysis of geosystems structure on the geoms level is carried out and electronic maps are created: a basemap "Geosystems of the Lake Baikal basin" and its derivative map "Sensitivity of the geosystems of the Lake Baikal basin", 1: 5 000 000. They can provide information support for addressing environmental problems of a large region.

**Keywords:** Lake Baikal basin, geoms, morphotypical features, intensity of functioning, dynamic categories, sensitivity, mapping.

## **ROLE OF LANDSCAPE-ESTIMATED MAPS IN THE REGIONAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL RISKS**

**Yu. M. Semenov**, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

**Annotation.** Possibilities of using landscape-estimated mapping for the analysis of environmental risks are shown. The main approaches to drawing up landscape-estimated maps and regional features of landscape-estimated mapping are considered.

**Keywords:** environmental risks, landscape-estimated mapping, landscape basis, landscape planning.

## **APPLICATION OF RISK ANALYSIS METHODOLOGY FOR PREDICTING THE IMPACT OF OBJECTS OF PAST ENVIRONMENTAL DAMAGE ON THE ENVIRONMENT**

**T. N. Shvetzova-Shilovskaya, A. A. Afanasyeva, T. V. Gromova, A. V. Koshelev, D. I. Nazarenko, A. U. Orlov**, The State Scientific Research Institute of Organic Chemistry and Technology, Moscow

**Annotation.** A large number of objects of past environmental damage formed on the territory of the Russian Federation as a result of unsustainable economic activity.

According to various estimates, the total area of polluted areas is about tens of thousands of hectares.

Toxic chemicals, which are concentrated in the contaminated areas, are the source of the negative impact on the environment (soil, surface and ground water, air), which can lead to a significant deterioration of the ecological situation.

At this article we propose to use the methodology of risk analysis to assess the hazard of these objects on the environment.

Predictive estimate of the adverse effects of the chemical production ("Production Association Krasnoyarsk Chemical Plant "Yenisei") on the environment and health of the population is made on the basis of the proposed methodology.

**Keywords:** environmental contamination, mathematical modeling, methodology of risk analysis, past environmental damage, toxic chemicals.

## **ANALYSIS OF GEOECOLOGICAL RISKS AND RATINGS AS A FACTOR OF IMPROVING INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF ENTERPRISES**

**O. P. Trubitsina**, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk

**V. N. Bashkin**, OOO "Gazprom VNIIGAZ", FSIS Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science RAS, Moscow region, Pushchino

**Annotation.** The article is devoted to the issues of improving investment attractiveness of enterprises through the analysis of geo-ecological risk (GER) and ratings. The authors reveal the necessity of using these approaches, given contemporary investment climate in Russia. Special attention is paid to the environmental ratings as the elements of the system of corporate responsibility. Also the authors suggest using the concept of GER analysis on the example of oil and gas enterprises in the Russian Arctic. As for investing, the main advantage of this concept is making the most effective investment management decisions based on quantitative estimates of the GERs magnitude, determination of their likelihood, especially in the areas with low information availability and a high degree of uncertainty.

**Keywords:** geo-environmental risk, environmental rating, investment attractiveness of enterprises, oil and gas industry, the Arctic.

## **SCIENTIFIC ISSUES DEALING WITH IN THE COURSE OF THE CHERNOBYL DISASTER EFFECTS OVERCOMING**

**V. P. Malyshev**, Center for Strategic Research of Civil Defense of Emercom Russia

**Annotation.** In article attempt on the basis of synthesis of literary data and own works on studying of experience of overcoming of serious consequences of the Chernobyl accident to define those scientific problems which were solved during recovery from the accident, the subsequent ecological rehabilitation of territories and social support of the affected population is made. It is shown what scale of problems of overcoming of consequences of the Chernobyl accident, has demanded the solution of many exclusively complex challenges affecting practically all spheres of public life, many aspects of science, morals and the right. The mankind, for the first time, has faced so large-scale radiation accident, and our country couldn't be ready to elimination of an emergency situation of similar scale. However in this extreme situation rather effective scientific ensuring works has been adjusted that has allowed to carry out quickly all necessary actions for protection of the population, to localize the main sources of radioactive pollution and in the subsequent to normalize a radiation situation on nuclear power plant. Experience of scientific maintenance of works on recovery from the accident promoted creation in our country of the state system of the prevention and elimination of emergency situations and has accelerated progress in development of methods and means of radiation protection of the population.

**Keywords:** radiation accident, medico-dosimetric monitoring, ecological rehabilitation, social and economic support of the population and territories, precepts of law of radiation safety, uniform state system of the prevention and elimination of emergency situations, achievements in the field of radiation protection of the population.

**Учредители:**

- Общероссийская общественная организация «Российское научное общество анализа риска»
- ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)
- Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Журнал внесен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России (ВАК) для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал «Проблемы анализа риска» обязательна

Присланные в редакцию материалы рецензируются и не возвращаются

Статьи, не оформленные в соответствии с Инструкцией для авторов, к рассмотрению не принимаются

Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

Мнение членов редколлегии и редсовета может не совпадать с точкой зрения авторов

Редакция не имеет возможности вести переписку с читателями (не считая ответов в виде журнальных публикаций)

Журнал издается с 2004 года. Периодичность: 1 раз в 2 месяца

© Проблемы анализа риска, 2016

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-61704 от 25.05.2015

Формат 60 × 84 1/8. Объем 12 печ. л. Печать офсетная. Тираж 1000 экз. Подписано в печать 24.06.2016.

**Редакция:**

Главный редактор  
Быков Андрей Александрович  
E-mail: journal@dex.ru, par@dex.ru

Ответственный секретарь  
Виноградова Лилия Владимировна  
E-mail: journal@dex.ru

Отдел подписки  
Тел.: +7 (495) 787-52-26  
E-mail: journal@dex.ru

Верстка:  
Луговой Александр Вячеславович,  
Лебедева Наталья Сергеевна,  
Столбова Марина Сергеевна

Корректурa:  
Легостаева Инна Леонидовна,  
Таборская Людмила Вильгельмовна,  
Шольчева Янина Геннадьевна

Дизайн: АО ФИД «Деловой экспресс»

Адрес редакции:  
125167, г. Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А  
АО ФИД «Деловой экспресс»  
Тел.: +7 (495) 787-52-26

Издание, распространение и реклама —  
АО ФИД «Деловой экспресс»,  
125167, Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А  
Тел.: +7 (495) 787-52-26  
E-mail: journal@dex.ru

<http://www.dex.ru>

# Инструкция для авторов

**1. Общие требования к представлению статьи.** Журнал «Проблемы анализа риска» публикует междисциплинарные научные и прикладные материалы, посвященные анализу рисков различного происхождения и характера: техногенного, природного, социально-экономического, финансового, экологического и др.

Представляемая в редакцию статья должна соответствовать тематике журнала, быть написана на русском языке (титульный лист представляется на русском и английском языке), быть оригинальной, ранее не опубликованной и не представленной к публикации в другом издании.

Авторы несут ответственность за достоверность приведенных сведений, отсутствие данных, не подлежащих открытой публикации, и точность информации по цитируемой литературе.

Все представленные в редакцию журнала рукописи авторам не возвращаются.

**2. Порядок представления рукописи.** Первоначальное представление статьи в редакцию журнала осуществляется в электронном виде одним из следующих способов: с помощью электронной почты на e-mail journal@dex.ru; на CD-диске по почте; непосредственно в редакцию журнала на любом электронном носителе.

В наименовании электронного файла должны быть указаны: первый автор статьи, сокращенное название статьи, дата представления (например, «Иванов\_Стандарты финансового РМ\_120111»). На обложке CD-диска или в теме сообщения, посланного на электронный ящик редакции, должно быть указано наименование файла статьи.

Статья будет направлена на рецензирование одному или двум экспертам. Возможно, потребуются доработка или переработка статьи по результатам рецензирования до принятия решения о ее опубликовании.

После принятия решения об опубликовании статьи авторы должны представить в редакцию окончательный подписанный вариант рукописи, на бумажном носителе, а также электронную версию статьи и свою фотографию, приложив их к рукописи на CD-диске или передав на электронный почтовый ящик редакции (rag@dex.ru, journal@dex.ru). Редакция оставляет за собой право дальнейшей редакционной и корректорской правки статьи. Корректуре автору в обязательном порядке не высылается, с ней можно ознакомиться в редакции.

Если статья не принимается к печати, автору высылается отказ по электронной почте.

**3. Лицензионный договор.** Если принято решение об опубликовании статьи, в соответствии с требованиями Гражданского кодекса РФ между авторами и журналом заключается лицензионный договор с приложением к нему акта приема-передачи произведения. С лицензионным договором и актом приема-передачи произведения можно ознакомиться на сайте www.dex.ru в разделе «Инструкция для авторов». Данные документы, подписанные со стороны авторов, должны быть переданы в редакцию вместе с окончательным подписанным вариантом рукописи.

**4. Общие требования к рукописи.** Электронный файл рукописи должен быть сформирован с использованием стандартных пакетов редакторских программ (например, MS Word, WordPad).

Формат страниц: А4, рекомендуемые отступы от краев листа: сверху и снизу — 3 см, слева и справа — 2 см, рекомендуемый шрифт Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал — одинарный или полуторный. Страницы должны быть пронумерованы.

Файл со статьей должен содержать:

- 1) титульный лист (на русском и английском языке),
- 2) текст статьи (введение, структурированные разделы статьи, заключение),
- 3) литературу (последовательный перечень цитируемой литературы),
- 4) сведения об авторах.

**5. Титульный лист.** Представляется на русском и английском языках и должен включать: УДК, краткое информативно-смысловое название, инициалы, фамилию, краткое (по возможности) наименование организации (при указании организации не допускается приводить только аббревиатуру). Располагается после фамилии автора, город, аннотация: должна быть краткой (не более 200 слов), информативной и отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, ключевые слова (не более 15) должны способствовать индексации и классификации, содержание: включает заголовки первого уровня разделов, использование ссылок и указание страниц не допускается.

**6. Текст статьи.** Основной текст статьи должен содержать: введение, структурированные, пронумерованные разделы статьи, заключение, литература.

Введение должно содержать четкое обозначение целей и задач работы. В нем могут даваться ссылки на ключевые работы в области исследования, но введение не должно быть литературным или историческим обзором.

Структурированные разделы статьи должны содержать четкое и последовательное изложение материала работы. Заголовки разделов основной части должны иметь нумерацию (1, 2, 3 и т. д.), эта же нумерация должна быть отражена в содержании (разделы введение, заключение, литература, сведения об авторах не нумеруются). Допускается в каждом разделе создавать подзаголовки разделов.

Заключение должно включать основные выводы, обсуждение спорных моментов, значимость теоретических положений, их ограничения; место и роль в разрезе предыдущих исследований, возможностей практических приложений.

**7. Требования к таблицам, рисункам и формулам**

Таблицы и рисунки рекомендуется располагать внутри текста после первого указания на них. Размер таблиц и рисунков не должен выходить за рамки формата текста. Все таблицы и рисунки должны быть последовательно пронумерованы и иметь краткое название (название таблиц дается над таблицей, рисунков — под ними).

Таблицы и рисунки должны быть понятными безотносительно к объяснению в тексте. Пояснения к таблицам и рисункам должны быть краткими. Пояснения к таблицам должны располагаться внизу таблицы и иметь указатели с использованием надстрочной буквенной или цифровой индексации (меньшего размера относительно текста). Пояснения к рисункам должны располагаться под названием рисунков с использованием шрифта меньшего размера относительно текста названия рисунков.

Таблицы представляются в стандартном редакторе MS Office, например MS Word или MS Excel.

Рисунки должны быть высокого качества. Графики должны предоставляться преимущественно в формате MS Excel. Схемы и карты предоставляются в векторных форматах EPS, CDR. Фотографии и другие иллюстративные материалы, предоставляемые в виде растровых изображений, должны иметь разрешение 300 dpi (при размере на формат издания) и быть в форматах TIFF или JPEG (без сжатия). На растровых рисунках должны хорошо прочитываться текст и все значимые элементы.

Формулы отдельно стоящие формулы должны быть набраны с использованием стандартных средств MathType или Equation.

Переменные величины и элементы формул, располагаемые внутри текста, набираются по возможности с использованием текстовых выделений (нижний, верхний регистры, курсив, греческие буквы и т. д.)

Формулы и буквенные обозначения должны быть тщательно проверены автором, который несет за них полную ответственность.

**8. Литература.** Библиографические ссылки в статье рекомендуются осуществлять как затекстовые ссылки и обозначать номерами в порядке цитирования в квадратных скобках, например [1] или [2—5], при необходимости с указанием страниц. Ссылки на неопубликованные работы недопустимы. Список литературы должен размещаться в конце статьи и составляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка».

Порядок составления списка следующий: для книг: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название, место и год издания, издательство, общее количество страниц; для глав в книгах и статей в сборниках: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название статьи, полное название книги, фамилия и инициалы редактора (редакторов), место и год издания, издательство, номера первой и последней страниц; для журнальных статей: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название статьи, название журнала, том издания, номер, номера первой и последней страниц. Если число авторов больше трех, вначале пишется название статьи, затем все авторы и далее название журнала, том издания, номер, номера первой и последней страниц; для диссертаций: фамилия и инициалы автора, докторская или кандидатская, полное название работы, год и место издания.

Ссылки на литературу в статьях, представленных для публикации зарубежными авторами, могут производиться с использованием международного стандарта.

Авторы самостоятельно несут ответственность за точность информации по цитируемой литературе.

**9. Сведения об авторах.** Сведения об авторах должны включать: фамилию, имя и отчество (полностью), степень, звание и занимаемую должность, полное и краткое наименование организации, число публикаций, в том числе монографий, учебных изданий, область научных интересов, контактную информацию: почтовый адрес, телефон, факс, e-mail.