

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СО РАН (РОССИЯ, БАРНАУЛ)

ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО  
РАН (РОССИЯ, МОСКВА)

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ СО РАН (РОССИЯ, НОВОСИБИРСК)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ, ТОМСК)

ГОРНО-АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(РОССИЯ, ГОРНО-АЛТАЙСК)

АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ,  
БАРНАУЛ)

# БИОГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ

(в двух томах)

## Т. I

Труды IX Международной биогеохимической школы  
(24-28 августа 2015 г., Барнаул)

Барнаул 2015

УДК 550.4

ББК 28.072.8

Б63

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

ISBN 978-5-904014-66-7

В сборник включены доклады пленарного и секционных заседаний IX Биогеохимической школы-конференции, посвященные вопросам миграции и аккумуляции химических элементов и их соединений в компонентах природных и техногенных ландшафтов – почвах, водах, живых организмах. Рассматриваются физиолого-биогеохимические аспекты метаболизма микроэлементов, источники их поступления в растительные и животные организмы. Обсуждаются проблемы микроэлементозов и способы их коррекции. Освещаются новые методы определения тяжелых металлов в природных объектах, подходы к экологическому нормированию нагрузок на окружающую среду и организации ее мониторинга, а также возможности биоремедиации загрязненных почв.

Для специалистов в области биогеохимии, почвоведения, экологии, медицины и сельского хозяйства.

**Редакционная коллегия:**

Пузанов А.В., д.б.н.; Безматерных Д.М., к.б.н.; Рождественская Т.А., к.б.н.; Бабошкина С.В., к.б.н.; Трошкин Д.Н., к.ф.-м.н.

*При подготовке материалов к публикации сохранен авторский стиль изложения с минимальными редакционными правками, в основном пунктуации и орфографии. Ответственность за содержание материалов несут авторы.*

*Печатается по решению оргкомитета IX Международной биогеохимической школы и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-05-20553*

ISBN 978-5-904014-66-7

© Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2015

© Коллектив авторов, 2015

**Д.М. Безматерных, В.В. Кириллов, А.В. Пузанов,  
И.А. Алексеев, О.Н. Вдовина**  
**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ВОДОТОКОВ ПОЗИЦИОННОГО РАЙОНА КОСМОДРОМА  
«ВОСТОЧНЫЙ» КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ЕГО  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

**D.M. Bezmaternykh, V.V. Kirillov, A.V. Puzanov, I.A. Alekseev, O.N. Vdovina**  
**ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF STREAMS AT  
POSITIONAL SITE OF "VOSTOCHNY" SPACEPORT AS THE BASIS  
FOR CREATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM**

Институт водных и экологических проблем СО РАН

E-mail: bezmater@iwep.ru

**Аннотация.** В статье представлены современные данные о водно-экологической обстановке на территории позиционного района космодрома «Восточный» с использованием гидрохимических показателей. Показано, что система мониторинга космодрома должна стать частью ведомственного экологического мониторинга Роскосмоса, и в то же время она должна быть тесно связана с существующей системой мониторинга Росгидромета. Даны рекомендации по разработке системы экологического мониторинга поверхностных вод, предложены створы для регулярного отбора проб и оптимальные методы биологического анализа.

**Abstract.** The paper presents the modern water-ecological situation at the positional site of “Vostochny” spaceport using the hydrochemical indicators. It is shown that the monitoring system of the spaceport should be a part of departmental environmental monitoring of “Roscosmos”, and at the same time it should be closely related with the existing monitoring system of “Roshydromet”. Recommendations on the monitoring program elaboration were made, optimal sites for regular sampling were specified and the methods for biological analysis were proposed.

«Восточный» – новый российский космодром, строящийся в Амурской области, в Дальневосточном федеральном округе. Его строительство началось в 2011 г., ввод в эксплуатацию запланирован на конец 2015 г. Территория позиционного района космодрома располагается в бассейне р. Зея, на границе среднего и нижнего ее течения. Речная сеть позиционного района представлена преимущественно малыми реками, берущими начало в пределах пологоувалистых и холмистоувалистых поверхностей водораздела рек Амур и Зея, образованных ими I–IV надпойменными террасами [1].

В период с 28 июня по 2 июля 2014 г. (до летне-осеннего паводка) на территории космодрома Восточный были проведены экспедиционные исследования водотоков, дренирующих эту территорию. Всего было обследовано 9 водотоков, среди которых: большая река Зея, две средних реки – Большая Пёра и Ора; одна малая – Гальчиха; пять ручьев: Иверский, Охотничий, Золотой, Серебряный и Медный. Данная работа является продолжением начатых в 2013 г. (после летне-осеннего паводка) исследований влияния строительства космодрома «Восточный» на экологическое состояние водных объектов его позиционного района [2, 3].

Временная организация водных экосистем района в настоящее время в основном определяется природным по происхождению фактором – муссонным характером климата Амурской области. Основные черты гидрологического режима рек – многократные дождевые паводки, превышающие по объему водного стока половодье, колебания уровня воды со значительными амплитудами практически в течение всего безледного периода, отсутствие водного стока зимой в малых водотоках в результате перемерзания.

Строительство на территории космодрома на отдельных участках водосборных бассейнов привело к изменению поверхностного стока и водного режима малых водотоков, вплоть до формирования бессточных участков. В результате строительства дорог на

некоторых участках поймы и береговая полоса водотоков нарушены (засыпаны гравием или валунами), при строительстве объектов линейной инфраструктуры созданы условия для замедления миграции грунтовых вод.

Ландшафтно-гидрологические особенности водотоков определяют низкую минерализацию и содержание биогенных веществ, низкий уровень загрязнения воды органическими веществами. В 2014 г. общая минерализация вод ( $43,6\text{--}112\text{ мг/дм}^3$ ) соответствовала гипогалинным водам. Среди анионов наибольшим содержанием отличались гидрокарбонат-ионы – до  $61,0\text{ мг/дм}^3$ , на втором месте – сульфат-ионы ( $6,20\text{--}40,8\text{ мг/дм}^3$ ). По величине жесткости вода исследованных водотоков относилось к категории очень мягких ( $0,3\text{--}0,8\text{ мг-экв./дм}^3$ ). Водородный показатель воды везде был нейтральный или слабощелочной близкий к нейтральному (не более 7,9).

В большинстве исследованных малых водотоков содержание минеральных форм азота (нитритов, нитратов, аммония) и общего фосфора по классификации [4] соответствовало «предельно чистым» и «чистым» водам. Для крупных рек, таких как Зея и Б. Пёра характерно повышенное содержание нитратов и аммония (класс качества – «загрязненная» и «грязная вода»). В р. Ора и руч. Охотничий величина БПК<sub>5</sub> соответствовала уровню «чистых вод» ( $1,0\text{ мгО/дм}^3$ ), в прочих водотоках – «удовлетворительной чистоты» (до  $2,4\text{ мгО/дм}^3$  в р. Б. Пёра).

Водотоки характеризуются высоким содержанием растворенного в воде кислорода. Наибольшие его значения ( $10,1\text{--}10,4\text{ мг/дм}^3$ ) отмечены в ручьях Золотой и Серебряный. В прочих водотоках содержание кислорода несколько ниже, но все же остается высоким (не менее  $6,24\text{ мг/дм}^3$ ). О благоприятных кислородных условиях свидетельствует также положительная величина окислительно-восстановительного потенциала ( $315\text{--}354\text{ мВ}$ ).

Полученные данные о содержании в поверхностных водах растворенных форм соединений тяжелых металлов и микроэлементов свидетельствуют о наличии, даже в пределах небольшой территории позиционного района, пространственной неоднородности распределения этих химических элементов. Концентрации большинства проанализированных элементов крайне низкие, для некоторых – ниже предела обнаружения. Значимые концентрации отмечены только для Fe и Mn в некоторых водотоках, что, вероятно, обусловлено локальным геохимическим фоном этих металлов, связанным с наличием заболоченных водосборов.

Общий анализ результатов исследований 2013–2014 гг. [2, 3], показал, что современная водно-экологическая обстановка позиционного района создаваемого космодрома соответствует категории «относительно удовлетворительная». Последствий негативного воздействия процессов строительства объектов космодрома на экосистемы водотоков района не выявлено. Водотоки территории района по гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим характеристикам являются типичными малыми и средними реками бассейна р. Зея. Значительная проточность водотоков вследствие их расположения в условиях муссонного климата, а также высокое содержание кислорода, отсутствие загрязнения органическими веществами и тяжелыми металлами обеспечивают высокий потенциал физического и химического самоочищения, что создает благоприятные условия для самоочищения, в том числе от нефтепродуктов несмотря на низкий уровень развития биоценозов.

Недостаточность современной информации о водотоках и предполагаемое, в связи с созданием космодрома, увеличение воздействия техногенных факторов на водные и наземные экосистемы, определяет необходимость разработки программы и организации комплексного экологического мониторинга водотоков и их водосборных бассейнов.

Система экологического мониторинга позиционного района космодрома «Восточный» должна стать компонентом системы ведомственного экологического мониторинга Роскосмоса. В структуре Роскосмоса ФГУП "ЦЭНКИ" (Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры) является головным предприятием по

Секция 3. Биогеохимия водных экосистем. Влияние биогеохимических процессов, происходящих на водосборах, на формирование гидрохимического стока

экологическому мониторингу территории космодрома "Байконур" и районов падения отделяющихся частей ракет-носителей и ракет, осуществляющих запуски космических аппаратов различного назначения с космодрома "Байконур", т.е. отвечает за ведение ведомственного экологического мониторинга. Для реализации этой задачи на предприятии создано управление обеспечения экологической безопасности объектов наземной космической инфраструктуры.

В рамках отдельных объектов космической инфраструктуры (например, космодромов) сформированы системы производственного экологического мониторинга (ПЭМ), как подсистемы ведомственного экологического мониторинга. Мониторинг источников антропогенного воздействия объектов космодрома «Байконур» мало отличается от мониторинга общепромышленных объектов [5]. Например, на космодроме "Байконур" в составе филиала ФГУП "ЦЭНКИ" – Космический центр "Южный" существует сектор экологического мониторинга. Целесообразно создание аналогичной структуры на космодроме «Восточный».

Система ПЭМ позиционного района космодрома (ПРК) «Восточный» должна быть открытой. В дальнейшем по мере ввода новых объектов и выявления их влияния на природные среды и компоненты мониторинг будет расширяться. ПЭМ должна взаимодействовать с другими источниками информации, базами данных, средствами их получения и обработки [6].

ПЭМ должен осуществляться так, чтобы он мог включиться в систему государственного мониторинга Российской Федерации, региональные системы мониторинга, в первую очередь Амурской области, а также системы общественного контроля. Указанные системы мониторинга должны быть законодательно и методически согласованными, действовать во взаимосвязи.

Создание системы гидрохимического мониторинга ПРК «Восточный» следует рассматривать как развитие и дополнение системы государственного мониторинга бассейна р. Зея на основе предложений А.М. Никанорова [7], которые включают: внедрение автоматизированных полипараметрических измерительно-информационных комплексов, современных беспроводных коммуникаций, новых информационных технологий обработки и анализа данных с постов наблюдательной сети, а также методов дистанционного мониторинга; обеспечение в соответствии с требованиями международных стандартов передвижными гидрохимическими лабораториями, плавсредствами; развитие пунктов наблюдательной сети Росгидромета, включая открытие новых, возобновление работ во временно нефункционирующих и закрытых пунктах наблюдений, совершенствование программ наблюдений, восстановление периодичности отбора проб до нормативного уровня; проведение токсикологического мониторинга, предваряющего химический, особенно в местах с интенсивным антропогенным воздействием; создание на основе ГИС-технологий унифицированных автоматизированных систем обработки, обобщения и представления данных о состоянии и загрязненности поверхностных водных объектов; расширение доступности информации о результатах государственного мониторинга водных объектов в Интернете, в том числе в понятных для населения формах.

Для выявления факта токсического загрязнения водотоков космодрома целесообразно будет использовать экспресс-методы биотестирования, а для выявления его возможных биологических и экологических последствий – методы хронических испытаний [8]. Экспресс-методы характеризуются относительной избирательностью, сравнительно низкими чувствительностью и экологической значимостью. Поэтому для надежного выявления токсических агентов с различной направленностью действия необходимо одновременно использовать комплекс методов, включающий различные тест-объекты. В список таких тест-систем могут быть включены, в частности, иммобилизованные ферменты, люминесцирующие бактерии, интенсивность свечения которых изменяется при токсических воздействиях, водоросли, состояние которых регистрируется методами



флуоресценции, инфузории разных видов. Основными достоинствами этих методов являются их оперативность, простота регистрации результатов, пригодность для экспедиционных условий.

Для сбора натуральных данных на ПРК «Восточный» целесообразно организовать структурное подразделение, сходное по функциям с постом 3 категории системы Росгидромета, которые располагаются в районах городов с населением до 0,5 млн жителей, на замыкающих участках больших и средних рек, в устьях загрязненных притоков больших рек и водоемов, в районах организованного сброса сточных вод, в результате чего вода имеет низкий уровень загрязненности [9].

Поскольку большинство водных объектов ПРК «Восточный» это малые водотоки с еще несформировавшимися планктонными сообществами, для биоиндикации их экологического состояния космодрома целесообразнее применять метрики, учитывающие состав и структуру сообществ, связанных с донными отложениями и твердыми субстратами.

Согласно [10] бассейн р. Зея отнесен ко второй группе водных объектов, здесь состояние макрозообентоса характеризуется низкой численностью. Относительная численность олигохет плохо отражает изменения уровня загрязненности (доля олигохет примерно одинакова на участках выше и ниже источников загрязнения), поэтому индекс Гуднайта-Уитлея для данных водных объектов малоинформативен. Видовое разнообразие организмов зообентоса уменьшается при увеличении уровня загрязненности, в связи, с чем более информативным является биотический индекс Вудивисса (ТБИ – Trent Biotic Index). Аналогичные данные применения индекса Гуднайта-Уитлея были также получены для водотоков, расположенных в районе космодрома, также на этих водотоках были апробированы: ТБИ, Extended Biotic Index (ЕБИ), Biological Monitoring Working Party Index (BMWP), Indece Biologique Global Normalize (IBGN) широко использующиеся в странах ЕС и США [11, 12]. Индексы ЕРТ (доля личинок поденок, веснянок и ручейников в зообентосе) и ЕБИ также были апробированы на водотоках Приморского края и рекомендованы для государственного мониторинга на Дальнем Востоке [13].

Таким образом, для биоиндикации водотоков ПРК «Восточный» наиболее целесообразно использовать сообщества макрозообентоса, в качестве биотических индексов рекомендуется использовать широко применяемые в странах ЕС и США ЕБИ, BMWP, IBGN, а также классические индексы ТБИ и ЕРТ.

Проведенные нами исследования также позволили получить данные, которые можно использовать для выделения эталонных створов на участках рек выше по течению от объектов инфраструктуры космодрома «Восточный». Можно также использовать существующие посты ФГБУ «Амурский ЦГМС» на р. Зея в районе пос. Чагоян и на р. Б. Пера у г. Шимановск.

Выбор контрольных створов должен быть увязан с размещением конкретных объектов инфраструктуры, имеющих организованный или диффузный сток в водотоки (ниже по течению), и на участках рек ниже по течению зоны влияния ПРК в качестве замыкающих створов, дающих интегральную информацию об уровне воздействия на водные объекты. Также можно задействовать существующие посты ФГБУ «Амурский ЦГМС» на р. Зея в районе с. Мазаново и на р. Б. Пера у с. Дмитриевка.

*Исследования выполнены в рамках НИР «Восток-Экомониторинг» (государственный контракт №671–8408/12).*

#### Литература

1. Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Зейского гидроузла. – Хабаровск: ДВО РАН, 2010. – 354 с.

Секция 3. Биогеохимия водных экосистем. Влияние биогеохимических процессов, происходящих на водосборах, на формирование гидрохимического стока

2. Пузанов А.В., Кириллов В.В., Безматерных Д.М. Оценка современной водно-экологической ситуации позиционного района космодрома «Восточный» // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 3. – С. 415–418.
3. Пузанов А.В., Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Зарубина Е.Ю., Вдовина О.Н., Ким Г.В., Котовщиков А.В., Митрофанова Е.Ю. Современное экологическое состояние водотоков территории космодрома «Восточный» // Космодром «Восточный» – будущее космической отрасли России: Матер. II Всерос. науч.-практ. конф. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2013. – Т.2. – С. 79–88.
4. Окснюк О. П., Жукинский В. Н., Брагинский П. Н., Линник П. Н., Кульменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 62–76.
5. Кондратьев А.Д., Кречетов П.П., Королева Т.В., Черницова О.В. Космодром «Байконур» как объект природопользования. – М.: Пеликан, 2008. – 176 с.
6. Саксонов М.Н., Абалаков А.Д., Данько Л.В., Бархатова О.А., Балаян А.Э., Стом Д.И. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2005. – 114 с.
7. Никаноров А.М. Качество водных ресурсов Российской Федерации и совершенствование системы наблюдений // Проблемы безопасности в водохозяйственном комплексе России. – Краснодар: ООО «Авангард плюс», 2010. – С. 360–369.
8. Филенко О.Ф., Михеева И.В. Основы водной токсикологии. – М.: Колос, 2007. – 144 с.
9. Р 52.24.309–2004. Руководство. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета.
10. РД 52.24.84–89. Руководящий документ. Оценка качества поверхностных вод по макрозообентосу.
11. Безматерных Д.М., Вдовина О.Н. Зообентос водотоков позиционного района космодрома «Восточный» (Амурская область) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – 2014. – Вып. 6. – С. 88-98.
12. Безматерных Д.М., Вдовина О.Н. Современное состояние сообществ донных беспозвоночных водотоков позиционного района космодрома "Восточный" // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2015. – № 1-2. – С. 8-12.
13. Вшивкова Т.С., Омельченко М.В., Бурухина Е.В., Самчинская Л.П., Сибирская Е.К. Оценка влияния Партизанской ГРЭС на экологическое состояние р. Партизанская и р. Ключ Лозовый // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – Вып. 3. – Владивосток, 2005. – С. 139–155.