

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Босиков, Н. П. Техногенные термокарстовые разрушения межлассных ландшафтов Лено-Амгинского междуречья / Н. П. Босиков // Криосфера Земли. – 2004. – Т. VIII, № 4. – С. 12–14.
2. Термоэрозия дисперсных пород / под ред. Э. Д. Ершова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 196 с.
3. Шур, Ю. Л. Термокарст и строение верхнего горизонта толщи многолетнемерзлых пород : автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук / Ю. Л. Шур. – М. : ВСЕГИНГЕО, 1985. – 46 с.
4. Сальва, А. М. Активизация термоэрозии и термокарста в зоне влияния самотечного канала (Центральная Якутия) / А. М. Сальва // Отечеств. геология. – 2014. – № 2. – С. 87–94.
5. Сальва А. М. Магистральное и групповое водоснабжение населенных пунктов в заречных районах Центральной Якутии / А. М. Сальва // Изв. высш. учеб. заведений. Строительство. – 2015. – № 6 (678). – С. 50–54.
6. Сальва, А. М. Магистральный водовод «Лена – Туора Кюель – Татта» в Центральной Якутии / А. М. Сальва // Гидротехн. стр-во. – 2016. – № 3. – С. 23–26.

УДК 504.455.064.36+528.944

Ю. М. СЕМЕНОВ¹, М. Ю. СЕМЕНОВ², А. В. СИЛАЕВ¹

¹Россия, Иркутск, Институт географии имени В. Б. Сочавы СО РАН

²Россия, Иркутск, Лимнологический институт СО РАН

E-mail: yumsemenov@mail.ru

ЛАНДШАФТНО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОСИСТЕМ БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Организация геосистем, т. е. их внутренняя упорядоченность и взаимосвязанное функционирование морфологических частей и компонентов, так или иначе отражается в дифференциации их вещественной составляющей, приводя к определенной последовательности изменения вещества геосистем и новым пространственным сочетаниям его показателей. Геосистемы различаются по уровню пространственной организации и регулированию качества поверхностных вод в зависимости от характера сопряжения автономных и транзитных ландшафтов с аккумулятивными, обладающими разной способностью к депонированию загрязнителей. Поэтому загрязнение вод можно рассматривать как функцию (отражение)

организации ландшафта в большей степени, нежели интенсивности антропогенного воздействия.

Существование оптимальных взаимоотношений природы и общества возможно только при создании между ними соответствующих интеграционных процессов в рамках «сотворчества», для чего необходимо познание современного состояния геосистем, выявление пространственно-временной структуры их загрязнения на базе анализа ландшафтной организации и закономерностей распределения загрязнителей. В соответствии с целью решались задачи выявления пространственных закономерностей загрязнения объектов природной среды, выявления временных закономерностей загрязнения объектов природной среды, оценки уровней организации ландшафтов, выявления структуры загрязнения, картирования результатов исследования.

В результате наших исследований разработана методология геоэкологического мониторинга трансграничной территории бассейна оз. Байкал, основанная на выявлении источников вещества и наблюдении связей между ними и объектами среды путем рассмотрения объектов в качестве смесей, а источников – в качестве их компонентов. Например, в качестве трассеров источников загрязнения снежного покрова использовались наиболее распространенные в земной коре элементы – Si, Al и Fe. Предполагалось, что остальные загрязнители поступают из тех же источников, что и элементы-индикаторы. Концентрации Si и Fe, нормализованные к Al, использовали в качестве координат на диаграммах смешения и в качестве коэффициентов при переменных в уравнениях смешения. Установлено, что основными источниками загрязнения являются котельные, работающие на угле и мазуте, а также дровяные печи. Были также обнаружены следы нескольких второстепенных источников, таких как завод по производству алюминия, целлюлозно-бумажный комбинат, ржавчина и почвенная пыль (алюмосиликаты). Рассчитанные величины вкладов источников в загрязнение были закартированы. Для ранжирования основных источников по их относительной важности элементный состав снежного покрова рассматривался как смесь трех и двух источников.

В качестве трассеров источников загрязнения вод Селенги тяжелыми металлами использовались отношения концентраций Sr/Fe, Sr/Mn и Ni/V. Природными источниками тяжелых металлов оказались карбонатные породы, богатые железом осадочные породы и глины, а также сульфидсодержащие силикаты. Преобладающими антропогенными источниками явились рудничные воды и коммунально-бытовые стоки.

В водах и донных отложениях притоков Байкала была оценена пространственная вариабельность содержания металлов, рассчитан их

вклад в формирование состава байкальской воды, составлена схема районирования южного Прибайкалья по способности обеспечивать тот или иной состав вод, выполнено зонирование территории по минерализации, макро-, микроэлементному составу вод и дренируемым породам.

Изучение связей загрязнения вод с условиями водосборного бассейна позволило разработать показатели состава вод, единые для Байкала и его притоков, которыми стали величины техногенной нагрузки на экосистему (ПАУ/Сорг) и способности экосистемы нейтрализовать загрязнение (Nмин/Сорг). Установлено, что ПАУ/Сорг и Nмин/Сорг могут быть одновременно использованы в качестве трассеров для расчета вкладов притоков в органическое вещество озера. На основе данных показателей были выделены участки водосборного бассейна и акватории озера, характеризующиеся разными уровнями загрязнения, способности к самоочищению и концентрации органического углерода в поверхностных водах.

На примере бассейна р. Селенги был разработан подход к сопряженной оценке величин допустимых нагрузок загрязнителей на водные и наземные экосистемы, основанный на оценке скорости удаления (ассимиляции) или поступления загрязнителя по разности его массового расхода в нижнем и верхнем створах выбранного участка реки.

Для обоснования сети наблюдений и контроля, экстраполяции результатов мониторинга на геосистемы территорий, не охваченных непосредственными наблюдениями, и показа оперативной информации о состоянии геосистем и экосистем разработаны методология и методика картографирования пространственно-временной структуры загрязнения водосборного бассейна оз. Байкал на основе использования разновременных картографических источников, данных дистанционного зондирования Земли, цифровых моделей рельефа, глобальных цифровых баз данных, материалов государственной статистики и полевых исследований с применением комплекса методов ландшафтного картографирования, предложенного ранее для обоснования целей рационального природопользования и статистического анализа.

При исследовании происхождения загрязняющих веществ в водах в качестве их источников обычно рассматриваются газопылевые выбросы заводов, неочищенные стоки коммунальных предприятий, валяющийся на берегу мусор и т. д. Однако фактически непосредственными источниками загрязнения вод являются неприметные понижения рельефа, пологие части склонов или заболоченные участки поймы, куда в течение зимы или засушливого лета ветром или водой сносятся загрязнители. Накопленные в таких аккумулятивных ландшафтах загрязняющие вещества с поверхностным и грунтовым стоком попадают в близлежащие реки и ручьи. Предотвращение или прекращение поступления загрязнителей в водные

объекты невозможно без выявления ландшафтов, из которых происходит загрязненный сток.

Нами предпринята попытка выявить первичные источники загрязняющих веществ, депонированных в аккумулятивных ландшафтах, и выявить пути их миграции (потоки) до аккумулятивных ландшафтов. Первичными источниками загрязнения вод являются различные промышленные, коммунально-бытовые объекты и сельскохозяйственные угодья. Прежде чем попасть в водный объект, загрязнители проходят некоторый путь, на котором они неоднократно рассеиваются и концентрируются, а в периоды с большим количеством осадков трансэлювиально-аккумулятивные, аккумулятивные и трансаккумулятивные ландшафты становятся вторичными источниками воды, растворенного и взвешенного вещества. Поэтому, обнаружив места временной аккумуляции поллютантов на пути от источников к водным объектам и оценив закономерности их пространственного распределения, можно не только воспрепятствовать попаданию накопленных там примесей в водный объект, но и выявить их первичные источники.

Отработка и уточнение разрабатываемой методики исследования роли аккумулятивных ландшафтов в депонировании загрязнителей проводились в ходе исследований геосистем бассейна р. Селенги – главного притока оз. Байкал – на территории Российской Федерации и Монгольской Народной Республики. План реализации проекта включал создание цифровой модели рельефа (далее – ЦМР) территории, выявление с ее помощью гидрологически чувствительных ландшафтов, а также установление территорий, являющихся источниками загрязнения поверхностных вод, путем проверки уровней содержания загрязнителей в почвах и водах Health Savings Account (далее – HSA). В ходе реализации проекта использовались методы геоинформационного моделирования и выявления источников загрязнения путем виртуального разделения смеси загрязнителей на компоненты.

Для выявления участков накопления и расчета показателей стока использовались данные глобальной цифровой модели поверхности AW3D30. На основе ЦМР, откорректированной с целью фильтрации некорректных значений высот, была создана карта величин топографического индекса влажности (topographic wetness index – TWI). Величина TWI в каждой точке водосбора представляет собой натуральный логарифм отношения удельной площади водосбора к тангенсу крутизны склона в радианах. Карта TWI отражает влажность почв исследуемой территории и способность почвы к формированию поверхностного стока, т. е. в первом приближении ее можно считать картой гидрологически чувствительных участков водосбора (HSA). Так как некоторые участки

территории, характеризующиеся высокими величинами TWI, могли оказаться бессточными понижениями для проверки наличия стока воды с этих участков в реки и выделения участков наибольшего накопления стока на основе ЦМР с использованием модели Flow Accumulation была создана карта суммарного стока (FA).

Основные исследования проводились на модельной территории г. Улан-Удэ, являющегося одним из основных загрязнителей вод р. Селенги и оз. Байкал. Идентификация HSA производилась путем взаимного наложения карт пространственного распределения величин TWI и участков максимального FA. В качестве истинных HSA были идентифицированы те участки предварительно установленных HSA, контуры которых располагаются в пределах участков поверхности с максимальным FA, т. е. находятся на пути наиболее интенсивных временных водных потоков. Правильность идентификации HSA, проведенная в ходе выполнения дальнейших полевых работ, была подтверждена во всех случаях. Так как условием формирования критических территорий-источников (CSA) является совпадение зоны действия источника загрязнения с HSA, составленная для выделения CSA карта производственных объектов (РПО) была наложена на карту распределения HSA, и фрагменты HSA в границах РПО были идентифицированы как CSA. Корректность выделения CSA подтверждена результатами оценки уровня загрязнения почв г. Улан-Удэ.

В дальнейшем предполагается классифицировать геосистемы по уровню их пространственной организации и регулирования качества поверхностных вод.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации тем АААА-А21-121012190059-5, АААА-А21-121032300199-9).

УДК 556

Н. Ю. СУХОВИЛО

Беларусь, Минск, БГУ

E-mail: SukhoviloNY@bsu.by

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА ГЛУБОКОЕ (ПОЛОЦКИЙ РАЙОН, ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Введение. Среди многообразия различных типов озер, различающихся как строением котловин, гидрологическим режимом, химическим составом вод, так и уровнем продуцирования, выделяются озера, имеющие низкую продуктивность и специфические черты азонального характера: