

О НЕОБХОДИМОСТИ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ, СОДЕРЖАЩИХ ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Н.Г. Максимович, О.Ю. Мещерякова, О.А. Березина, А.Д. Деменев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990 г. Пермь, ул. Генкеля, 4. E-mail: nmax@psu.ru

Вопрос техногенной миграции химических элементов освещается с конца семидесятых годов XX века [11, 12, 16], оценивалась опасность отходов горнорудного производства и кислого дренажного потока, выносящего тяжелые металлы, определялись формы миграции токсичных элементов и их влияние на окружающую среду, разрабатывались способы нейтрализации и очистки техногенных потоков и водоемов от токсичных элементов [7, 13-15, 17].

При изучении эпигенетических процессов зоны гипергенеза [8] возникло понятие о геохимических барьерах, об осадконакоплении. Изначально учение о геохимических барьерах было направлено на решение задач для поисковой геохимии, затем круг задач был увеличен, и теоретическая база учения была направлена на решение ряда вопросов эколого-геохимических изменений, защиты окружающей среды от загрязнения [1, 4, 6].

В результате предшественниками было установлено, что на геохимических барьерах происходят максимальные эколого-геохимические изменения, связанные с распределением, накоплением и миграцией химических элементов.

Под влиянием техногенеза происходит перестройка природных экосистем, в результате которой появляются новые нетипичные для природных условий новообразования, на которых происходит осаждение взвешенного материала и химическая трансформация растворенных компонентов с образованием современных донных осадков.

Для получения более четкой картины, происходящих вследствие антропогенной нагрузки изменений экосистем наиболее важным становится изучение форм нахождения металлов в воде и донных отложениях [2, 10].

Тяжелые металлы активно накапливаются в донных отложениях, сорбируясь на микрочастицах, особенно это характерно для большинства водных объектов промышленно развитых районов России, за последние годы их содержание резко увеличилось. При формировании качества поверхностных вод существенную роль играют донные отложения. Например, за счет изливов кислых вод ликвидированных шахт Кизеловского угольного бассейна (Пермский край) на загрязняемых участках рек ежедневно формируются десятки тонн техногенных донных осадков, представленных в основном

аморфными гидроксидами железа и алюминия с высоким содержанием Mn, Cu, Ni, Zn, Pb и других, которые разносятся на большие расстояния вниз по течению [5]. Тяжелые металлы, являясь гетерофазно-неконсервативными загрязнителями, способны активно мигрировать между отдельными звеньями системы «вода – взвешенные наносы – донные отложения» и накапливаться в наиболее инерционном звене – донных отложениях. Такие техногенные отложения выступают как «накопитель», который при определенных гидрологических и гидрохимических режимах может вызывать интенсивное вторичное загрязнение [9].

При этом осаждение металлов возможно реализовать регулированием pH растворов: гидроксиды металлов начинают формироваться при значениях pH равных 2,3 (Fe^{3+}), 4,0 (Al^{3+}), 4,9 (Cr^{3+}), 5,3 (Cu^{2+}), 6,4 (Zn^{2+}), 7,7 (Ni^{2+}) [3], но анионогенные элементы (металлоиды As и Sb) в силу базовых химических свойств остаются подвижными в нейтральных, слабощелочных и щелочных растворах.

Процессы взаимодействия донных осадков с водой и миграция металлов в системе «вода – донные отложения» зависят от многих факторов, таких как дефицит растворенного кислорода на границе контакта донных отложений и воды, значение pH, гранулометрический состав донных отложений, природа элемента (металла), концентрация растворенного органического вещества и минерализация воды. Большую роль также играют гидродинамические процессы в водоеме. Увеличение скорости течения и ветровое перемешивание вызывают взмучивание донного осадка, переход частиц во взвешенное состояние и их более тесный контакт с водой, что способствует интенсификации процесса перехода соединений металлов из донных отложений в воду [2].

Изучение процессов формирования и распространения вторичного загрязнения тяжелых металлов из донных отложений весьма актуально для промышленных территорий, где в водные объекты поступает большое количество недостаточно очищенных шахтных вод с высоким содержанием соединений тяжелых металлов. Это характерно не только для территории РФ, но и Китая, Польши, Италии, США и других стран, где проблема загрязнения тяжелыми металлами водных систем также очень актуальна. Это связано с высокой длительностью существования в пищевой цепи. В связи с этим в зарубежной практике существуют критерии определения потенциального экологического риска количества тяжелых металлов в донных отложениях.

Большинство российских исследований посвящено изучению лишь качественного состава донных отложений, содержанию в них тяжелых металлов. Отсутствие значений предельно допустимых концентраций в России для определения загрязненности донных отложений также усложняет процесс оценки опасности содержания тех или иных компонентов в них. Необходимо более подробно изучать закономерности распространения и накопления тя-

желых металлов, сорбирующихся на микрочастицах, в донных отложениях, и условия формирования вторичного загрязнения водных экосистем для оценки экологического риска и разработки природоохранных мероприятий реабилитации речных систем промышленных зон.

Не менее важным является изучение устьевых зон, в которых идёт наиболее интенсивное накопление донных отложений из-за изменения гидродинамических характеристик. Подобные исследования в российской практике редки. Крупные реки Пермского края, такие как Усьва, Косьва, Чусовая, в которые попадают кислые шахтные воды, являются притоками Камского водохранилища, образуя заливы. В их донных отложениях наиболее характерными загрязнителями являются тяжёлые металлы.

Особую роль в выведении из водной среды загрязняющих веществ играют геохимические барьеры. На этих участках происходит значительное замедление водного потока, изменение физико-химических параметров среды и образование зон максимального осадконакопления. С одной стороны, эти барьеры имеют важнейшее значение в депонировании большого количества загрязняющих веществ и предотвращении их поступления в расположенные ниже по течению участки, с другой – при определенных условиях становятся основными источниками вторичного загрязнения. К настоящему времени опубликовано значительное количество работ об общем химическом составе воды и донных отложений, однако, изученность химических процессов, происходящих на геохимических барьерах этих водотоков, остается недостаточной.

Таким образом, на современном этапе проблема, связанная с исследованием функционирования техногенно загрязненных водных экосистем крайне актуальна, при этом необходимо выявлять закономерности миграции, накопления и трансформации микрочастиц тяжелых металлов, поступающих от техногенных источников, а также особенностей формирования источников вторичного загрязнения окружающей среды. В связи с этим комплекс исследований должен включать в себя определение химического состава и физико-химических параметров вод исследуемых водотоков, элементного и минерального состава взвеси для оценки роли транзитной составляющей миграционных потоков элементов, элементного, минералогического и гранулометрического составов донных отложений, величины рН и Eh, влажности, плотности, удельной массы, органического углерода, масштабов образования микрочастиц в водах, подверженных интенсивному влиянию промышленной деятельности, кислоторастворимых, подвижных и водорастворимых форм выделенных элементов в пробах донных отложений, границ седиментационного геохимического барьера, условий десорбции тяжелых металлов с поверхности микрочастиц и формирования вторичного загрязнения гидросферы промышленных территорий, степени вероятности вторичного загрязнения придонных вод, источником которого являются донные отложения. Необходимо разработать методологические основы и подходы снижения негативно-

го влияния микрочастиц на компоненты окружающей среды, а также разработать основы экологической оценки техногенных донных отложений, содержащих микрочастицы, загрязненные тяжелыми металлами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50073 «Микрочастицы тяжелых металлов в гидросфере промышленных районов: идентификация источников, закономерности миграции и накопления, экологический риск».

Литература

1. Алексеев В. А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
2. Линник П. Л., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 269 с.
3. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973. 409 с.
4. Максимович Н. Г. Теоретические и прикладные аспекты использования геохимических барьеров для охраны окружающей среды // Инженерная геология. 2010, сентябрь. С. 20-28.
5. Максимович Н. Г., Пьянков С. В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения: монография. Пермь, Перм. гос. нац. исслед. ун-т. 2018. 288 с.
6. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. Пермь: изд-во ПГУ, 2011. 248 с.
7. Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г. Геохимические последствия влияния отходов башкирского медно-серного комбината на окружающую среду // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы утилизации и захоронения отходов: мат. годич. сесс. Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып. 7. М.: ГЕОС, 2005. С. 162-167.
8. Перельман А. И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 287 с.
9. Тарасенко И. А. Геохимические особенности состава и закономерности формирования подземных вод в природно-техногенных гидрогеологических структурах районов ликвидированных угольных шахт. М.: ГЕОС, 2018. 247 с. URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2088664#1.
10. Янин Е. П. Техногенные речные илы (вещественный состав, геохимические особенности, экологическая оценка). М.: ВИНТИ, 2013. 196 с.
11. Blair R. D., Cherry J. A., Lim T. P., Vityurka A. J. Groundwater monitoring and contaminant occurrence at an abandoned tailings area, Eliot Lake, Ontario // Proc. 1st Intern. Conf. Uranium Mine waste disposal. 1980. P. 911-944.
12. Borman R. S., Watson D. M. Chemical processes in abandoned sulfide tailings dumps and environmental implications for Northeastern New Brunswick // Can. Inst. Mining Metall. Bull. 1976. V. 69. P. 86-96.
13. Bortnikova S. B., Gas'kova O. L., Bessonova E. P. Geochemistry of Technological Systems. Novosibirsk: Academic Publishing House «GEO». 2006.
14. Loop C. M., Scheetz B. E., White W. B. Geochemical evolution of a surface mine lake with alkaline ash addition: field observations vs. laboratory predictions // Mine Water and the Environment. 2003. V. 22. P. 206-213.
15. Ramstedt M., Carlsson E., Lovgren L. Aqueous geochemistry in the Udden pit lake, northern Sweden // Applied Geochemistry. 2003. V. 18. P. 97-108.
16. Smith R. J. Swifter action sought on food contamination // Science. 1980. V. 207. P. 163.
17. Uhlmann W., Butcher H., Totsche O., Steinberg C. Buffering of acidic mine lakes: the relevance of surface exchange and solid-bound sulphate // Mine Water and the Environment. 2004. V. 23. P. 20-27.