

Материалы XXIII Совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока



ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОСФЕРА

Иркутск

2021

Российская академия наук
Сибирское отделение
Институт земной коры СО РАН
Иркутский национальный исследовательский технический университет
Международная ассоциация гидрогеологов
Общероссийская общественная организация Российский союз
гидрогеологов

ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОГО СОВЕЩАНИЯ ПО ПОДЗЕМНЫМ ВОДАМ ВОСТОКА РОССИИ с международным участием

(XXIII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока)

Иркутск
2021

УДК 556.3+504.43+504.46.06
ББК Д46я431+Д9(2Р5)46я431
П 44

Подземная гидросфера: Материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России с международным участием. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2021. – 604 с.

В сборнике представлены доклады XXIII совещания по подземным водам востока России, посвященного 95-летию со дня рождения выдающегося ученого – главы школы сибирских гидрогеологов – члена-корреспондента РАН, профессора Евгения Викторовича Пиннекера, а также светлой памяти организатора первых совещаний по подземным водам и инженерной геологии Восточной Сибири доктора геолого-минералогических наук, профессора Валентины Георгиевны Ткачук. В нем отражены важнейшие результаты работ, выполненных научными, вузовскими и производственными коллективами не только в области гидрогеологии, но и в сфере инженерной геологии и геокриологии.

Материалы совещания представляют интерес для специалистов-геологов широкого профиля, теоретиков и практиков, а также для аспирантов и студентов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.г.-м.н. С.В. Алексеев (ответственный редактор)

д.г.-м.н. Л.А. Абукова

д.г.-м.н. Л.П. Алексеева

к.г.-м.н. Л.И. Аузина

д.г.-м.н. А.Г. Вахромеев

д.г.-м.н. В.Е. Глотов

к.г.-м.н. Л.В. Замана

д.т.н. Е.В. Зелинская

д.г.-м.н. А.В. Кирюхин

д.г.-м.н. Е.А. Козырева

д.г.-м.н. Г.Н. Копылова

д.г.-м.н. В.В. Кулаков

д.г.-м.н. О.Е. Лепокурова

к.г.-м.н. Д.А. Новиков

к.г.-м.н. Л.П. Норова

к.г.-м.н. А.Ю. Озёрский

к.г.-м.н. С.Х. Павлов

д.г.-м.н. А.М. Плюснин

д.г.-м.н. С.П. Поздняков

чл.-корр. РАН В.Г. Румынин

д.х.н. Б.Н. Рыженко

д.г.-м.н. Т.Г. Рященко

д.г.-м.н. В.А. Скворцов

д.г.-м.н. И.А. Тарасенко

к.г.-м.н. М.А. Тугарина

д.г.-м.н. Н.А. Харитоновна

д.г.-м.н. А.П. Хаустов

д.г.-м.н. В.В. Шепелёв

Особая благодарность нашим спонсорам:



ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА РЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Максимович Н.Г., Березина О.А., Деменев А.Д., Мещерякова О.Ю., Хмурчик В.Т.
*Естественно-научный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, Пермь, ntaх54@gmail.com*

Аннотация. Для изучения последствий загрязнения поверхностной гидросферы в горнодобывающих регионах, испытывающих значительную техногенную нагрузку, предлагается комплексный подход. Перечислены методы, входящие в комплекс исследований, дано их краткое описание и их возможности. Предлагаемый комплексный подход был успешно применен в исследованиях закономерностей миграции и накопления микрочастиц тяжелых металлов на территории Кизеловского угольного бассейна.

Ключевые слова: *горнодобывающая промышленность, кислые шахтные воды, речные системы, загрязнение, комплексный подход.*

Abstract. To study consequences of hydrosphere pollution in mining region exposed to a large technogenic impact the complex approach is proposed. The techniques included in complex approach were listed and briefly described. The proposed approach was successfully applied in the study of trace elements migration and accumulation patterns on the territory of the Kizel coal basin.

Key words: *mining region, acid mine water, hydrosphere, pollution, complex approach.*

В горнодобывающих регионах при разработке рудников как открытым, так и закрытым способом загрязняются атмосфера, гидросфера, почвенный и растительный покров, нарушается рельеф, изменяются условия формирования водного стока и т.д., гипергенные процессы усиливаются и переходят в техногенную стадию, в результате чего формируется горнопромышленный техногенный комплекс с ярко выраженной спецификой негативного воздействия на окружающую среду. При этом наиболее негативное воздействие на окружающую среду оказывают высокоагрессивные техногенные (шахтные и дренажные) воды, загрязняющие приповерхностную гидросферу.

Более 20 лет нами ведутся исследования состояния окружающей среды на территории Кизеловского угледобывающего бассейна, закрытого в настоящее время, но где до сих пор наблюдаются последствия изливов кислых вод (рН 2–4) с высоким содержанием железа, алюминия и микроэлементов, опасным для окружающей среды [1]. Одна из наиболее важных задач – выявление закономерностей миграции элементов в речных долинах, форм их переноса, распределения, осаждения и накопления в системе «вода – донные отложения». Для решения миграционных задач на основании обобщения отечественного, зарубежного, а также собственного опыта разработан комплексный подход к проведению полевых, лабораторных исследований и математического моделирования.

При исследовании поступления кислых шахтных вод в речную сеть обычно проводится общий химический анализ проб воды и донных отложений, а также анализ содержания в них микроэлементов. На основе данных, полученных из разных точек отбора, расположенных с определенной частотой вниз по течению, определяются элементы с реактивным и консервативным поведением и прогнозируется достижение ими ПДК [2, 3], выявляется распределение элементов между водой и донными отложениями [4–6], прогнозируется достижение содержания микроэлементов в донных отложениях фоновых показателей [2, 3, 6, 7].

Методом ступенчатой фильтрации водной взвеси через фильтры с разным размером пор определяются фракции переноса микроэлементов: грубо-, мелкодисперсная, коллоидная и водорастворенная. Аналогичный метод используется и для донных отложений (просеивание отложений в виде водной суспензии) [8]. Для моделирования изменений условий нахождения взвеси в результате изменения уровня режима реки, ее расхода, а также физико-химических условий, влияющих на фракции взвеси, что может привести к частичному преобразованию грубодисперсной фракции в мелкодисперсную и коллоидную

[3, 9, 10], ставятся дополнительные лабораторные эксперименты по воздействию на взвесь с последующим анализом по указанному методу.

Методом ступенчатой химической экстракции донных отложений [11–16] определяются фазы нахождения в них микроэлементов, при этом особое внимание обращается на химически подвижные фазы, которые при изменении условий окружающей среды могут высвобождать микроэлементы [14]. Методами селективного растворения железистых минералов разной степени кристалличности и аморфных фаз [17, 18] выявляется распределение микроэлементов между ними, что важно для определения дальнейшего поведения этих микроэлементов, так как при старении осадков происходит взаимопревращение минералов [16, 19–21] с соответствующим изменением подвижности адсорбированных и соосажденных микроэлементов [20].

Минералогические исследования позволяют выявить распределение микроэлементов в различных размерных фракциях донных отложений, рассчитать кислотопродуцирующий и кислотонейтрализующий потенциал и выявить трансформацию отложений в результате техногенного воздействия [22–24].

Активное применение в геохимических исследованиях находят методы математического моделирования [25–30], имеющие свои ограничения [31–34]. В исследованиях сверяются смоделированные программой значения, например коэффициент распределения микроэлементов в системе «вода – осадок» или состав минералов, выпадающих в осадок, с реальными данными, полученными в результате химического и минералогического анализа.

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

Список литературы

1. Максимович Н.Г., Пьянков С.В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2018. 288 с.
2. Axtmann E.V., Luoma S.N. Large-scale distribution of metal contamination in the fine-grained sediments of the Clark Fork river, Montana, U.S.A. // *Appl. Geochem.* 1991. V. 6, iss. 1. P. 75–88.
3. Kimball B.A., Callender E., Axtmann E.V. Effects of colloids on metal transport in a river receiving acid mine drainage, upper Arkansas River, Colorado, USA. // *Appl. Geochem.* 1995. V 10, iss. 3. P. 285–306.
4. Davis A., Olsen R.L., Walker D.R. Distribution of metals between water and entrained sediment in streams impacted by acid mine discharge, Clear Creek, Colorado, U.S.A. // *Appl. Geochem.* 1991. V. 6, iss. 3. P. 333–348.
5. Winland R.L., Traina S.J., Bigham J.M. Chemical composition of ochreous precipitates from Ohio coal mine drainage // *J. Environ Qual.* 1991. V. 20. P. 452–460.
6. Munk L., Faure G., Pride D.E., Bigham J.M. Sorption of trace metals to an aluminum precipitate in a stream receiving acid rock-drainage; Snake River, Summit County, Colorado // *Appl. Geochem.* 2002. V. 17, iss. 4. P. 421–430.
7. Chapman B.M. Numerical simulation of the transport and speciation of nonconservative chemical reactants in rivers // *Water Resour Res.* 1982. V. 18, iss. 1. P. 155–167.
8. Stumm W., Morgan J.J. *Aquatic Chemistry.* – John Wiley and Sons, 1996. 3rd ed.
9. Butler B.A., Ranville J.F., Ross P.E. Observed and modeled seasonal trends in dissolved and particulate Cu, Fe, Mn, and Zn in a mining-impacted stream // *Water Res.* 2008. V. 42, iss. 12. P. 3135–3145.
10. Paulson J.A., Balistrieri L. Modeling removal of Cd, Cu, Pb, and Zn in acidic groundwater during neutralization by ambient surface waters and groundwaters // *Environ Sci Technol.* 1999. V. 33, iss. 21. P. 3850–3856.
11. Dold B. Speciation of the most soluble phases in a sequential extraction procedure adapted for geochemical studies of copper sulfide mine waste // *J. Geochem. Explorat.* 2003. V. 80, iss. 1. P. 55–68.
12. Håkansson K., Karlsson S., Allard B. Effects of pH on the accumulation and redistribution of metals in a polluted stream bed sediment // *Sci Total Environ.* 1989. V. 87/88. P. 43–57.
13. Karlsson S., Allard B., Håkansson K. Characterization of suspended solids in a stream receiving acid mine effluents, Bersbo, Sweden // *Appl. Geochem.* 1988. V. 3, iss. 3. P. 345–356.
14. Ranville M., Rough D., Flegal A.R. Metal attenuation at the abandoned Spenceville copper mine // *Appl. Geochem.* 2004. V. 19, iss. 5. P. 803–815.
15. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // *Anal. Chem.* 1979. V. 51. P. 844–851.

16. Zhao H., Xia B., Qin J., Zhang J. Hydrogeochemical and mineralogical characteristics related to heavy metal attenuation in a stream polluted by acid mine drainage: A case study in Dabaoshan Mine, China // *J. Environ. Sci.*, 2012. V. 24, iss. 6. P. 979–989.
17. Rose S., Elliot W.C. The effects of pH regulation upon the release of sulfate from ferric precipitates formed in acid mine drainage // *Appl. Geochem.* 2000. V. 15, iss. 1. P. 27–34.
18. Singh B., Wilson M.J., McHardy W.J., Fraser A.R., Merrington G. Mineralogy and chemistry of ochre sediments from an acid mine drainage near a disused mine in Cornwall, UK // *Clay Minerals*. 1999. V. 34. P. 301–317.
19. Hammarstrom J.M., Seal R.R., Meier A.L., Kornfeld J.M. Secondary sulfate minerals associated with acid drainage in the eastern US: recycling of metals and acidity in surficial environments // *Chem. Geol.* 2005. V. 215, iss. 1–4. P. 407–431.
20. Kupka D., Pállová Z., Horňáková A., Achimovičová M., Kavečanský V. Effluent water quality and the ochre deposit characteristics of the abandoned Smolník mine, East Slovakia // *Acta Montanistica Slovaca*. 2012. V. 17, iss. 1. P. 56–64.
21. Murad E., Rojik P. Iron mineralogy of mine-drainage precipitates as environmental indicators: review of current concepts and a case study from the Sokolov Basin, Czech Republic // *Clay Miner.* 2005. V. 40, iss. 4. P. 427–440.
22. Parbhakar-Fox A.K., Edraki M., Walters S., Bradshaw D. Development of a textural index for the prediction of acid rock drainage // *Miner. Engineer.* 2011. V. 24. P. 1277–1287.
23. Skousen J.G., Simmons J., McDonald L.M., Ziemkiewicz P. Acid–base accounting to predict post-mining drainage quality on surface mines // *J. Environ. Qual.* 2002. V. 31. P. 2034–2044.
24. Weber P.A., Thomas J.E., Skinner W.M., Smart R.St.C. A methodology to determine the acid-neutralization capacity of rock samples // *Can. Mineral.* 2005. V. 43. P. 1183–1192.
25. Ball J.W., Nordström D.K. WATEQ4F–User’s manual with revised thermodynamic data base and test cases for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural waters. Open-File Report 90-129. U.S. Geological Survey, 1991. 185 p.
26. Mangold D.C., Tsang C.F. A summary of subsurface hydrological and hydrochemical models // *Rev. Geophys.* 1991. V. 29. P. 51–79.
27. Alpers C.N., Nordström D.K. Geochemical modeling of water-rock interactions in mining environments. In: *The environmental geochemistry of mineral deposits, part A: processes, methods, and health issues* (Plumlee G.S., Logsdon M.J., Eds.) // *Rev. Econ. Geol.* 1999. V. 6A. P. 289–323.
28. Nordström D.K. Modeling low-temperature geochemical processes // *Treatise on geochemistry* (Holland H.D., Turekian K.K., Eds.), 2003. V. 5. P. 37–72.
29. Runkel R.L. One-dimensional transport with equilibrium chemistry (OTEQ): a reactive transport model for streams and rivers // *USGS Techniques and Methods Book*. 2010. V. 6, ch. B6.
30. Parkhurst D.L., Appelo C.A.J. Description of input and examples for PHREEQC version 3 – A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations // *U.S. Geological Survey Water-resources investigations, Sect. A, Chapt. 43, Groundwater Book 6, Modeling techniques: Techniques and methods 6-A43* – U.S. Geological Survey, 2013.
31. Keely J.F. Modeling subsurface contaminant transport and fate // *Transport and fate of contaminants in the subsurface*. EPA/625/4-89/019. – U.S. Environmental Protection Agency, 1989. P. 101–131.
32. Nordström D.K., Ball J.W. Mineral saturation states in natural waters and their sensitivity to thermodynamic and analytical errors // *Sci. Geol. Bull.* 1989. V. 42. P. 269–280.
33. Iordache V., Ion S., Pohoățã A. Integrated modeling of metals biogeochemistry: Potential and limits // *Chemie der Erde*. 2009. V. 69, No. S2. P. 125–169.
34. Runkel R.L., Kimball B.A., Walton-Day K., Verplanck P.L., Broshears R.E. Evaluating remedial alternatives for an acid mine drainage stream: A model post audit // *Environ. Sci. Technol.* 2012. V. 46, iss. 1. P. 340–347.