

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЛИКВИДИРОВАННОГО КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Березина О.А., Максимович Н.Г., Сединин А.М.
Пермский государственный национальный исследовательский университет

Кизеловский каменноугольный бассейн (КУБ) находится на западном склоне уральского хребта, северо-востоке Пермского края. Он являлся одним из наиболее старых и крупных месторождений и единственным источником коксующихся углей Урала. Сильная заболоченность и залесенность района, наряду с гористым характером и сложными гидрогеологическими условиями, затрудняло промышленное освоение района. Площадь бассейна около 1500 км²[1]. Добыча угля велась с 1796 г в основном подземным способом [2,3]. В горных выработках природные воды взаимодействовали с богатыми сульфидной серой горными породами (до 10 %) и преобразовывались в кислые (рН 2-3) сульфатные железо-алюминиевые натриевокальциевые воды. Разработка месторождения сопровождалась длительным негативным воздействием на окружающую среду. На поверхность земли, кроме угля, поступало значительное количество отработанных пород, откачивались подземные воды. Водоприитоки в шахты достигали 2000 м³/ч. За год в поверхностные водотоки практически без очистки сбрасывалось более 100 млн м³ кислых (рН 1-3) сточных вод, загрязненных сульфатами, железом, алюминием, взвешенными веществами, микроэлементами (свинцом, медью, цинком, серебром, никелем, кобальтом). Химический состав вод в малых реках бассейна зачастую приближался к составу шахтных вод.

Ликвидация шахт, закончившаяся в начале 2000-х не решила экологических проблем [4]. После восстановления уровня подземных вод сформировались изливы кислых шахтных вод, дебиты которых значительно меньше чем во время работы бассейна, тем не менее наносящие значительный ущерб окружающей среде. В их химическом составе так же обнаруживается содержание железа, алюминия, марганца бериллия в сотни и тысячи раз превышающее ПДК_х, при рН 2-3. По данным некоторых авторов изливы могут существовать более 100 лет (как это наблюдается на некоторых, давно закрытых, шахтах КУБа), а их химический состав может представлять угрозу для окружающей среды [5,6].

При попадании кислых шахтных вод в естественные водотоки происходит увеличение рН и выпадение техногенного осадка, состоящего в основном из гидроокислов железа и алюминия с высоким содержанием микроэлементов, который оказывает резко отрицательный эффект на водную экосистему [7,8,9,10,11]. Огромное количество техногенного осадка, накопившегося на дне водотоков и водоемов, распространяясь вниз по течению на многие километры, являясь источником вторичного загрязнения [12].

Вклад в ухудшение экологической ситуации вносят породные отвалы, объем только учтенных составляет более 21 000 тыс.м³. Атмосферные осадки, взаимодействуя с породными отвалами, обогащаются растворимыми соединениями. Стоки образующиеся в результате взаимодействия, по химическому составу близки к шахтным водам, встречаются превышения по железу - до 6000 ПДК_{хп}, алюминию до 11000 ПДК_{хп}, марганцу до 880 ПДК_{хп}, показатель рН стабильно менее 3.

Вследствие этого ситуация, сложившаяся на территории КУБа, близка к критической и требует комплексного подхода к поиску методов и путей её решения.

Попытки найти пути решения экологических проблем КУБа предпринимались достаточно давно, однако фактически не имели успеха. Начиная с 30- х гг. XX в., в «Главугле», а затем в «Наркомугле» разрабатывались мероприятия по борьбе с кислыми шахтными водами. В то время проблема имела не экологический, а в основном технический и экономический аспекты - насосы и трубопроводы быстро изнашивались, и для откачки таких вод требовалось дорогостоящее кислотоустойчивое оборудование [13].

Анализ сложившейся к настоящему времени горно-технической, геологической, гидрогеологической и экологической ситуации, отечественного и мирового опыта [14,15,16,17,18,19], а также изучение основных недостатков выполненных ранее для КУБа проектов, позволили предложить оптимальный вариант технических решений для улучшения на этой территории экологической обстановки. Некоторые из них достаточно проработаны и прошли опытно-промышленные испытания, другие - требуют детализации и оценки возможности применения в конкретных условиях.

Концепция улучшения экологической ситуации в данном районе включает в себя следующие направления и специальные нестандартные подходы к решению накопившихся проблем, в том числе с использованием технологий на основе геохимических барьеров [20]:

- уменьшение объемов изливающихся на поверхность кислых шахтных вод за счёт тампонажа горных выработок из которых происходят изливы;
- нейтрализация кислых вод в выработанном пространстве шахтного поля;
- очистка вод изливов и снижение выноса загрязняющих компонентов из отвалов с использованием маловостребованных щелочных продуктов содового производства, черной металлургии и известняковых карьеров;
- очистка поверхностного стока с отвалов с помощью сооружения дамбы, и обустройства сборника стоков, выполненных из карбонатных пород;
- восстановление экосистем рек при помощи засыпки в русло отсевов известняковых карьеров.

Предложенная общая концепция решения экологических проблем, а также бассейновая ГИС созданная для территории КУБа, может лечь в основу разработки программы конкретных мероприятий и выбору участков, оптимальных для их реализации, не только Кизеловского угольного бассейна, но и различных районов угледобычи и других полезных ископаемых в России и за рубежом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Пермского края /под общей редакцией А.М. Тартаковского. перм. гос. нац. исслед. ун-т. - Пермь, 2012 - 124 с ил
2. Khayrulina E., Khmurchik V., Maksimovich N. The Kizel Coal Basin (the Western Urals, Russia): Environmental problems and Solutions // Mining Meets Water - Conflicts and Solutions. Proceedings IMWA2016 Annual Conference, Leipzig, Germany. - Leipzig, Germany, 2016. P. 761 - 767.
3. Maximovich N. G., Gorbunova K. A. Geochemical aspects of the geological medium changes in coal fields // Proceeding 6 Int. Congress Int. Ass. of Engineering Geology. A. A. Balkema. - Rotterdam, 1990. - P. 1457-1461.
4. Maksimovich N.G., Pyankov S.V., Khayrulina E.A. Environmental assessment of closed coal mine territory using GIS analysis // Mine Water and Circular Economy, 2017, IMWA (Lappeenranta, Finland), P. 212-217.
5. Demchak J., Skosen J., McDonald L. Distribution and behavior of heavy metals in a river polluted by acid mine drainage in the Dabaoshan mine area, China// J Enviorn. Qual., 2004,33(2), P. 656-668.
6. Petty, J. T., and J. Barker. Water quality variability in tributaries of the Cheat River, a mined Appalachian watershed// Proceedings of the American Society of Mining and Reclamation, 2004, 15, P. 1-21.
7. Powell J.D. Origin and influence of coal mine drainage on streams of the United States// Environ Geol Water Sci, 1988, 11, P- 141-152.
8. Siddharth S., Jamal A., Dhar B.B., Shukla R. Acid-base accounting: a geochemical tool for management of acid drainage in coal mines// Mine Water Environ, 2002, 21, P. 106-110.
9. Tao, X., Wu, P., Tang, C. et al. Effect of acid mine drainage on a karst basin: a case study on the high-As coal mining area in Guizhou province, China //Environ Earth Sci., 2012,65, P. 631. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1110-0>
10. Tiwary R. K., Dhar B.B. Environmental pollution from coal mining activities in Damodar River Basin, India // Mine Water Environ, 1994, 13(3-4), P. 1-9.
11. Wright, I.A., Paciuszkiewicz, K. & Belmer, N. Increased Water Pollution After Closure of Australia's Longest Operating Underground Coal Mine: a 13- Month Study of Mine Drainage, Water Chemistry and River Ecology Water// Air Soil Pollut. 2018, 229: 55. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3718-0>
12. Berezina O. A., Maksimovich N. G., Pyankov S. V. Hydroecological characteristic of coal-mining regions with crucial anthropogenic load (in the case study of the Yaiva river basin)// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2018, Vol. 107. 012001 DOI 10.1088/1755-1315/107/1/012001
13. Докукин А. В., Докукина Л.С. Возникновение кислотных рудничных вод и борьба с ними. Москва, Ленинград: Углетехиздат, 1950. 353 с.
14. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки //Справочное пособие. - Днепропетровск: Молодежная экологическая лига Приднепровья, 2000 . - 61 с.
15. Тарасенко И. А., Зиньков А. В. Оценка экологической безопасности подземного водного бассейна при закрытии шахт Приморского края (на примере шахты «Липовецкая») // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). 2013. №2
16. Тарасенко И. А., Чепкая Н. А., Елисафенко Т. Н., Зинькова А. В., Катаева И. В., Садардинов И. В. Экологические последствия закрытия угольных шахт и меры по предотвращению их отрицательного воздействия на регион // Вестник ДВО РАН. 2004. № 1. С. 87-93.
17. Красильникова С.А., Блинов С.М. Последствия сброса кислых шахтных вод в Кизеловском угольном бассейне // Естественные и технические науки. 2017. № 11 (113). С. 153-154. '
18. Родина О. А. Прогноз и возможное инженерное решение экологических последствий при ликвидации карьеров Ушаковского разрезу управления //ГИАБ. 2003. № 6. С. 111-115.
19. Coal Mine Drainage Prediction and Pollution Prevention in Pennsylvania. Pennsylvania. Bureau of Mining and Reclamation // Pennsylvania Department of Environmental Protection, 1998
20. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. - Пермь: изд-во ПГУ, 2011. - 248 с.