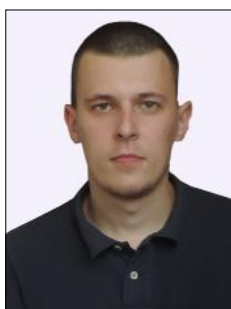


УДК 544 .435.4

DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-7-16-23

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ И ПОДОТВАЛЬНЫХ ВОД

ECOLOGICAL ESTIMATION OF MINE AND SUBSOILS WASTE WATER PURIFICATION



*А. А. Паньч,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
pan66-6@mail.ru*

*A. Panych,
Transbaikal State University,
Chita*



*Н. М. Шаранов,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
nmshrapov@mail.ru*

*N. Sharapov,
Transbaikal State University,
Chita*



*А. В. Соколов,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
vostokniivh@mail.ru*

*A. Sokolov,
Transbaikal State University,
Chita*

Отмечено, что спецификой технологического процесса горных предприятий является образование жидких отходов, которые являются основными поставщиками тяжелых металлов в окружающую среду. Экологический ущерб от сброса сточных вод горных предприятий в поверхностные водные объекты оценивается в несколько десятков миллиардов рублей в год. Эти же проблемы характерны и для дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов. Описаны существующие способы очистки шахтных и подотвальных вод. Отмечено, что наиболее приемлемым способом очистки этих вод является технологическая схема, основанная на использовании нейтрализационно-сорбционного геохимического барьера. В область применения подобных способов очистки также могут попадать и дренажные воды полигонов твердых бытовых отходов. Степень извлечения химических элементов зависит от времени контакта очищаемых вод с загрузкой, то есть от продолжительности фильтрации через загрузку. Предложена зависимость для расчета коэффициента фильтрации для загрузки геохимического барьера

Ключевые слова: шахтные и подотвальные воды; полигон твердых бытовых отходов; уравнение Дарси; коэффициент фильтрации; коэффициент формы частиц грунта; коэффициент разнорзернистости грунта; пористость грунта; градиент напора, железо, марганец, медь

The article notes that the specificity of the technological process of mining enterprises is the formation of liquid waste, which are the main suppliers of heavy metals to the environment. Environmental damage from the discharge of sewage of mining enterprises into surface water bodies is estimated at several tens of billions of rubles per year. The same problems are also characteristic for drainage waters of solid waste landfills. The existing methods of mine and subsoil waters purification are described. It is noted that the most acceptable way to purify these waters is the technological scheme based on the use of the neutralization-sorption geochemical barrier. In the field of application of similar methods of cleaning, drainage water from landfills of solid household waste can also fall. The degree of chemical elements extraction depends on the contact time of the treated waters with loading, that is, duration of filtration through the loading. A dependence is proposed for calculating the filtration coefficient for loading the geochemical barrier

Key words: mine and subsoil waters; solid waste landfill; Darcy equation; coefficient of filtration; coefficient of shape of soil particles; coefficient of soil heterogeneity; porosity of soil; pressure gradient, iron, manganese, copper

Спецификой технологического процесса горных предприятий является образование жидких отходов, которые являются основными поставщиками тяжелых металлов в окружающую среду. Экологический ущерб от сброса сточных вод горных предприятий в поверхностные водные объекты оценивается в несколько десятков миллиардов рублей в год.

Сточные воды образуются на всех этапах технологического процесса действующих предприятий горнопромышленного комплекса. По месту и процессам образования их можно разделить на сточные воды обогатительного передела; техногенные воды, образующиеся при добыче полезного ископаемого; сточные воды, образующиеся на территории промышленной площадки как результат инфильтрации атмосферных осадков [6].

На недействующих горнодобывающих предприятиях образуются шахтные и подотвальные воды, качество которых порой хуже, чем на действующих. Эти сточные воды часто находятся за пределами санитарной зоны предприятий, могут быть не локализованы и попадают в поверхностные водные объекты, что важно, без очистки. В составе этих вод зачастую преобладают тяжелые металлы (ТМ) в виде водорастворимых соединений, являющихся токсичными и особо токсичными загрязнителями.

Одним из способов выхода из создавшейся кризисной экологической ситуации является исключение неорганизованного сброса горно-рудничных вод и тем самым снижение антропогенного влияния ТМ на биосферу путем их эффективного удаления из сточных вод на локальных очистных сооружениях, приближенных к местам их образования.

Решение данной актуальной проблемы предполагает разработку как на действующих предприятиях, так и на недействующих, безотходных технологий за счет

комплексного использования сырья, что одновременно приводит и к ликвидации огромного экологического ущерба, оказываемого «кладбищами» отходов. Отходы производства как негативный фактор для многих материальных продуктов становится условным. Они могут превратиться в ценное, порой даже дефицитное сырье.

Огромное количество загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты поступает и с дренажными водами полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) [2].

В настоящее время для полигонов ТБО должен разрабатываться специальный проект мониторинга, одним из разделов которого является контроль состояния подземных и поверхностных водных объектов, а также система управления технологическими процессами на полигоне, обеспечивающая предотвращение загрязнения подземных и поверхностных водных объектов при загрязнении выше допустимых пределов в случаях обнаружения загрязняющего влияния полигонов [2].

Система мониторинга должна включать устройства и сооружения по контролю состояния подземных и поверхностных вод в зоне возможного влияния полигона. Контроль за состоянием грунтовых и поверхностных вод должен осуществляться по согласованию с гидрогеологической службой, местными органами Роспотребнадзора и охраны окружающей среды.

Одно контрольное сооружение закладывается выше полигона по потоку грунтовых вод с целью отбора проб воды, на которую не оказывает влияние фильтрат с полигона. Пробы вод из контрольных шурфов, колодцев и скважин, заложенных выше полигона по течению грунтовых вод, характеризуют их исходное состояние.

Выше полигона на поверхностных водоисточниках и ниже полигона на водоотводных канавах также проектируются места отбора проб поверхностных вод. Отборные пробы исследуются на гельминто-

логические, бактериологические и санитарно-химические показатели.

К сооружениям по контролю грунтовых и поверхностных вод проектируются подъезды для автотранспорта и предусматривается возможность водоотлива или откачки воды перед взятием проб.

Система управления технологическими процессами (СУТП) на полигоне должна обеспечивать предотвращение загрязнения подземных и поверхностных водных объектов при загрязнении выше допустимых пределов в случаях обнаружения загрязняющего влияния полигонов.

В случае обнаружения в пробах воды значительного увеличения концентраций определяемых показателей по сравнению с контролем, и если содержание определяемых веществ превышает установленные предельно допустимые концентрации (ПДК), необходимо принять меры по предотвращению поступления загрязняющих веществ в водные объекты до уровня ПДК соответствующим категориям водных объектов, то есть коммунально бытовой с ПДК_{ком} и рыбохозяйственной с ПДК_{рх}. Очевидно, что упомянутая система (СУТП) должна включать локальные очистные сооружения очистки сточных вод, образующихся на полигонах ТБО.

В настоящее время не существует целостной технологической схемы очистки шахтных и подотвальных вод горных предприятий. Как следствие, достаточно эффективных и экономичных методов удаления ТМ из жидких сред для предприятий горно-промышленного комплекса не существует. Известные методы очистки сточных вод с целью снижения их негативного воздействия на природные водные объекты связаны с образованием большого количества токсичных шламов и низкой эффективностью.

Сток техногенных вод горных предприятий, требующих очистки, например, по Уралу достигает 40 млн м³/год [8; 9; 11], имеющих высокое содержание меди (10...1100,0 мг/дм³) — до 2700 мг/дм³ и цинка (4,2...3500,0 мг/дм³) — до 8200 мг/дм³.

Что касается сульфат-ионов, то их экологический вред не так велик и, таким

образом, его контролю и регулированию уделяют существенно меньшее внимание. Допустимые пределы в разных странах отличаются в разы, минимальные для питьевой воды в США — менее 500 мг/л, в некоторых странах — 1500 мг/л, ВОЗ установлен предел 250 мг/л [14]. Для России в СанПиН 2.1.4.1074-01 (Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества) установлена величина ПДК 500 мг/л по содержанию сульфат-ионов, поступающих в источники водоснабжения.

Достаточно перспективным и целесообразным при переработке дренажных и инфильтрационных вод является получение чистой воды и безопасных шламов за счет направленного селективного извлечения ценных компонентов на стадии предочистки сточных вод с получением обогащенного извлекаемым металлом продукта.

Наиболее обоснованным представляется применение гальванокоагуляционного метода очистки вод с использованием гальванопары «железо-углерод», что позволяет вовлекать в совместную переработку жидкие и твердые отходы и получать интегративный эколого-экономический эффект.

На наш взгляд, существенным недостатком данного способа очистки сточных вод является то, что требуются значительные материальные и энергетические ресурсы на его реализацию и, как следствие, он применим только в период работы предприятия.

Проведенными исследованиями на основании результатов химического анализа установлено, что применение традиционных сорбентов типа катионитов или анионитов не оправдывает затраченных средств вследствие их малой емкости и селективности [6].

Известен также способ очистки сточных вод горно-рудничных предприятий с помощью обрабатывания известковым молоком с последующим осветлением в прудах-шламохранилищах. Но в то же время нейтрализация кислых рудничных вод с

помощью извести не может в полной мере обеспечить снижение концентрации ТМ до ПДК водоемов рыбохозяйственного назначения. Кроме того, пруды-шламонакопители — это объекты, накапливающие миллионы кубов шлама и сточной воды, содержащей высокотоксичные ингредиенты. В период весеннего половодья или летнего паводка они становятся потенциально опасными и могут стать причиной техногенной катастрофы.

Заслуживает внимание способ очистки сточных вод горнодобывающих предприятий от ТМ на геохимических барьерах. Анализ научных работ, посвященных данному способу очистки сточных вод горных предприятий, показал, что геохимические барьеры служат достаточно надежными системами для очистки подотвальных вод [5; 7]. Существует несколько видов геохимических барьеров: механические, физико-химические и биогеохимические. Зоны и участки геохимических барьеров могут возникать не только самопроизвольно в естественных (или нарушенных) условиях формирования химического состава вод, но и в результате специальных инженерно-технологических мероприятий. Многочисленные исследования посвящены разработке методов защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения с использованием геохимических барьеров [12; 13; 15].

Технологическая схема, основанная на использовании нейтрализационно-сорбционного геохимического барьера, на наш взгляд, является наиболее перспективным способом очистки сточных вод горнорудных предприятий. Некоторые конструкции не требуют дополнительных источников энергии и могут работать за счет гидравлической энергии потока очищаемых вод и могут быть использованы в условиях предприятий закончивших отработку полезных ископаемых, что является положительным экономическим критерием в сложившейся экономической ситуации.

Данный метод стоит отметить простотой технологических операций, индифферентностью к колебаниям качества перерабатываемых вод, а также хорошей

сочетаемостью с иными методами переработки техногенных вод, что в совокупности может послужить хорошим способом охраны окружающей среды от вод с превышающим содержанием вредных веществ.

Рудничные воды, прошедшие очистку на геохимических барьерах, имеют концентрацию ионов железа, меди, цинка, алюминия на уровне ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения.

Как отмечено в работах Н. С. Касимова, Е. Н. Борисенко, Е. С. Климова, Г. А. Леонова, В. А. Бычинского [3; 4; 5], в том числе в исследованиях, проведенных авторами статьи, одним из перспективных способов очистки вод от тяжелых металлов являются искусственные геохимические барьеры, созданные по специальным технологиям, в качестве основного элемента которых является фильтрующая загрузка из природных материалов.

Снижение концентрации загрязняющих веществ достигается в таких барьерах с использованием сорбционных материалов (загрузок). В качестве сорбентов авторы Н. С. Касимов, Е. Н. Борисенко, Е. С. Климов, Г. А. Леонов, В. А. Бычинский [3; 4; 5] предлагают использовать как синтетические сорбенты, так и природные минералы.

Экономически выгодно в сравнении с синтетическими сорбентами применять природные минералы горных пород. К ним относятся природные цеолиты, бентонитовые и палыгорскитовые глины, диатомиты, опоки и ряд других горных пород и минералов.

Для горнорудных предприятий рекомендуется применять искусственный геохимический барьер, который представляет емкость, заполненную той или иной загрузкой, предназначенной для очистки шахтных и подотвальных вод. Основным назначением этого сооружения является уменьшение содержания тяжелых металлов в сбрасываемых водах и, как следствие, снижение негативного влияния этих предприятий на окружающую среду и водные объекты. Можно выявить несколько видов укладки загрузок в геохимические барьеры

для очистки сточных, шахтных и подотвальных вод. Основой геохимических барьеров являются фильтры или пористо-фильтрующие элементы, а их конструкции, в большинстве случаев, представляют собой фильтры с зернистой загрузкой. Они могут иметь различные габаритные размеры, а их загрузка, как отмечено ранее, может содержать различные материалы [4].

Степень извлечения химических элементов (I , %) из шахтных и подотвальных вод оценивается по формуле [4]

$$I = \frac{100 \cdot (C_0 - C_p)}{C_0}, \quad (1)$$

где C_0 – начальная концентрации элемента в растворе;

C_p – конечная концентрации элемента в растворе.

Количество ионов в исходной воде, которое можно извлечь, рекомендуется определять по формуле [1]

$$C_0 - C_p = V \cdot E_p / Q \tau_\phi, \quad (2)$$

где V – реагирующий объем сорбента, м³;
 E_p – рабочая обменная емкость, Экв/м³;
 Q – производительность процесса м³/ч;
 τ_ϕ – время фильтрации до полного использования обменной емкости, ч.

Отсюда видно, что степень извлечения химических элементов зависит от времени контакта очищаемых вод с загрузкой, то есть от продолжительности фильтрации через загрузку. Следовательно, одним из основных параметров, влияющих на время пребывания шахтных и подотвальных вод в фильтре, является коэффициент фильтрации материала загрузки.

В естественных условиях природные минералы и горные породы содержат фракции различных размеров, как и искусственные материалы, полученные путем дробления указанных пород. Это приводит к значительному влиянию на фильтрационные свойства загрузки, которое определяется величиной коэффициента фильтрации.

Для определения коэффициента фильтрации используются лабораторный, расчетный или полевой методы, а его числен-

ные значения значительно изменяются для разных грунтов, так как его величина прямо пропорциональна диаметру фракций [10]. Кроме того, с увеличением разнозернистости загрузки его численное значение также снижается, что объясняется уменьшением коэффициента объемной пористости грунта.

В научной литературе представлено значительное количество формул, предложенных разными авторами для определения коэффициента фильтрации, в которых используются различные параметры, например, диаметры фракций, устанавливаемые по кривой гранулометрического состава. По этой кривой определяются характерные диаметры фракций, например, d_{10} , d_{60} и т.д. – диаметры частиц, вес которых вместе с весом более мелких частиц составляет соответственно 10, 60 % и т.д. от веса грунта.

В общем виде скорость фильтрации (v) шахтных или подотвальных вод через гидрохимический барьер может быть рассчитана по формуле [10]

$$v = \frac{Q}{\omega_{geom}} = \frac{Q}{\omega_{пор} + \omega_{зг}}, \quad (3)$$

где Q – фильтрационный расход;

ω_{geom} – площадь сечения трубопровода,

$$\omega_{geom} = \frac{\pi \cdot d_{mp}^2}{4} = \omega_{пор} + \omega_{зг};$$

$\omega_{пор}$ – площадь сечения пор загрузки (площадь действительного «живого сечения» потока);

$\omega_{зг}$ – площадь сечения частиц загрузки (через эту площадь вода не проходит).

Однако при фильтрации в крупнопористых грунтах (в нашем случае в загрузке), зависимость (2) нарушается и принимает вид

$$v = k \cdot J^{1/\rho}, \quad (4)$$

где k – коэффициент фильтрации;

J – градиент.

Коэффициент фильтрации для загрузок ряд авторов [10] рекомендуют определять по следующим зависимостям:

– для округлых частиц

$$k = p \cdot \left(20 - \frac{14}{d}\right) \sqrt{d_{3z}}; \quad (5)$$

– для остроугольных частиц

$$k = 18 \cdot p \cdot \sqrt{d_{3z}}, \quad (6)$$

где p – порозность (пористость) материала (доли единицы);

d_{3z} – диаметр частиц загрузки.

Многочисленными исследователями, в том числе и авторами статьи, доказано, что одним из основных факторов, определяющих время контакта загрязненных тяжелыми металлами сточных, шахтных и подотвальных вод с загрузкой в геохимических барьерах, является коэффициент фильтрации [10]. Авторами статьи предложена

преобразованная формула М. П. Павчича, которая может быть использована для расчета коэффициента фильтрации загрузки в геохимических барьерах. Предварительная оценка предложенного подхода в лабораторных условиях, проведенная авторами статьи, показала его правомерность.

Дальнейшая апробация предложенного подхода на фракциях различного диаметра в лабораторных условиях с использованием окатанных и остроугольных частиц подтвердила правомерность предложенного подхода.

В область применения подобных способов очистки также могут попадать и дренажные воды полигонов твердых бытовых отходов (ТБО).

Список литературы

1. Аширов А. Ионобменная очистка сточных вод, растворов и газов. Л.: Химия, 1983. 295 с.
2. Зайнулин Х. Н., Абдрахманов Р.Ф., Галимова Е. Ж., Чечеткин Ю. П. Геоэкологические исследования на Уфимской городской свалке // Вода, экология и технология: тез. докл. III Междунар. конгресса «Экватэк 98». М., 1998. С.182.
3. Касимов Н. С., Борисенко Е. Н. Становление и развитие учения о геохимических барьерах // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. С. 6–37.
4. Климов Е. С., Бузаева М. В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. Ульяновск: УЛГТУ, 2011. 201 с.
5. Леонова Г. А., Бычинский В. А. Физико-химическая модель очистки сточных вод на искусственных щелочных геохимических барьерах // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза: тез. докл. междунар. симпоз. М.: МГУ, 1999. С. 311–314.
6. Максимович Н. Г. Инновационная составляющая природоохранных технологий на основе геохимических барьеров // Инновационный потенциал естественных наук: тр. междунар. науч. конф. Пермь: Перм. ун-т, 2006. С. 54–59.
7. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Техногенные геохимические барьеры как основа природоохранных технологий // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: тр. Всеросс. симпоз. с междунар. участием и VIII Всеросс. чтения памяти А. Е. Ферсмана. Чита, 2008. С. 16–20.
8. Орехова Н. Н., Чалкова Н. Л. Изучение извлечения цинка из модельной воды сорбционными методами и гальванокоагуляцией // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: ГОУ ВПО МГТУ, 2011. № 8. С. 136–141.
9. Орехова Н. Н., Шадрюнова И. В. Исследование технологии извлечения цветных металлов из шахтных и подотвальных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 9. С. 125–134.
10. Рекомендации по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений П56-90/ ВНИИГ. СПб., 1992. 110 с.
11. Феофанов В. А., Дзюбинский Ф. А., Шадрюнова И. В., Орехова Н. Н. Критерии гальванокоагуляционного извлечения и утилизации меди из техногенных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: ГОУ ВПО МГТУ, 2006. № 12. С. 149–151.
12. Geochemical barriers for environmental protection and of recovery of nonferrous metals / V. Chanturiya [et al.] // J. Environmental Sci. & Health, Part A. 2014. Vol. 49, No. 12. P. 1409–1415.
13. Geochemistry of a permeable reactive barrier for metal and acid mine drainage / S. G. Benner [et al.] // Environmental Science & Technology. 1999. Vol. 33. No. 16. P. 2793–2799.
14. International Network for Acid Prevention (INAP). Treatment of sulfate in mine effluents. Lorax Environmental. 2003. 129 p.
15. Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly / D. Banks [et al.] // Environmental Geology. 1997. Vol. 32. No. 3. P. 157–174.

References

1. Ashirov A. *Ionoobmennayaochistkastochnyhvod, rastvorovigazov* [Ion-exchange purification of sewage, solutions and gases]. Leningrad: Chemistry, 1983. 295 p.
2. Zainulin Kh. N., Abdrakhmanov R. F., Galimova E. Zh., Chechetkin Yu. P. *Voda, ekologiya i tehnologiya* (Water, ecology and technology): collected articles of III Intern. Congress «Ecwatek 98». Moscow, 1998, p. 182.
3. Kasimov N. S., Borisenko E. N. *Geohimicheskiebariery v zone gipergeneza* (Geochemical barriers in the hypergenesis zone). Moscow: Izd-vo Mosk. University, 2002. pp. 6–37.
4. Klimov E. S., Buzaeva M. V. *Prirodnye sorbenty i kompleksony v ochistke stochnyh vod* [Natural sorbents and complex ones in wastewater treatment]. Ulyanovsk: USTU, 2011. 201 p.
5. Leonova G. A., Bychinsky V. A. *Geohimicheskiebariery v zone gipergeneza* (Geochemical barriers in the hypergenesis zone): collected articles of Intern. simpos. Moscow: Moscow State University, 1999, pp. 311–314.
6. Maksimovich N. G. *Innovatsionny potentsial estestvennyh nauk* (Innovative potential of natural sciences): collected articles of Intern. scien. conf. Perm: Perm. Univ., 2006, pp. 54–59.
7. Maksimovich N. G., Khairulina E. A. *Mineralogiya i geohimiya landshafta gornorudnyh territoriy. Sovremennoe mineralo-obrazovanie* (Mineralogy and geochemistry of the landscape of mining territories. Modern mineral formation): collected articles of All-Russ. simpos. with intern. participation and VIII All-Russia. Readings in memory of A. E. Fersman. Chita, 2008, pp. 16–20.
8. Orekhova N. N., Chalkova N. L. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical bulletin). Moscow: State Educational Institution of Higher Professional Education MGU, 2011, no. 8, pp. 136–141.
9. Orekhova N. N., Shadrinova I. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical bulletin), 2013, no. 9, pp. 125–134.
10. *Rekomendatsii po proektirovaniyu obratnyh filtrov gidrotehnicheskikh sooruzheniy P56-90/VNIIG* [Recommendations on the design of reverse filters for hydraulic structures P56-90 / VNIIG]. St. Petersburg, 1992. 110 p.
11. Feofanov V. A., Dzyubinsky F. A., Shadrinova I. V., Orekhova N. N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical bulletin). Moscow: State Educational Institution of Higher Professional Education of Moscow State Mining University, 2006, no. 12, pp. 149–151.
12. Chanturiya V. [et al.]. *J. Environmental Sci. & Health, Part A* (J. Environmental Sci. & Health, Part A), 2014, vol. 49, no. 12, pp. 1409–1415.
13. Benner S. G. [et al.]. *Environmental Science & Technology* (Environmental Science & Technology), 1999, vol. 33, no. 16, pp. 2793–2799.
14. *International Network for Acid Prevention (INAP). Treatment of sulfate in mine effluents. Lorax Environmental* (International Network for Acid Prevention (INAP). Treatment of sulfate in mine effluents. Lorax Environmental), 2003. 129 p.
15. Banks D. [et al.]. *Environmental Geology* (Environmental Geology), 1997, vol. 32, no. 3, pp. 157–174.

Коротко об авторах

Паныч Анатолий Андреевич, зав. лабораторией кафедры «Водное хозяйство и инженерная экология», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: экология
pan66-6@mail.ru

Шарапов Николай Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Водное хозяйство и инженерная экология», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: экология
nmshrapov@mail.ru

Соколов Анатолий Васильевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Водное хозяйство и инженерная экология», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: экология
vostokniihv@mail.ru

Briefly about the authors

Anatoly Panych, head of the laboratory of the Water Economy and Environmental Engineering department, Transbaikalian State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: ecology

Nikolay Sharapov, doctor of engineering sciences, professor, Water Economy and Environmental Engineering department, Transbaikalian State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: ecology

Anatoly Sokolov, candidate of technical sciences, assistant professor, Water Economy and Environmental Engineering department, Transbaikalian State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: ecology

Образец цитирования

Паныч А. А., Шарапов Н. М., Соколов А. В. Экологическая оценка очистки шахтных подтовальных вод // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 7. С. 16–23. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-7-16-23.

Panych A.A., Sharapov N.M., Sokolov A. Ecological estimation of mine and subsoil waste water purification // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 7, pp. 16–23. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-7-16-23.

Дата поступления статьи: 27.06.2017 г.
Дата опубликования статьи: 31.07.2017 г.

