

АНАЛИЗ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОСФЕРУ И ПУТИ ИХ СНИЖЕНИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ

Т.Ю. Серпуховитина¹, Р.А. Лазарев¹, А.Н. Логвинова¹, И.А. Цыцорин¹

¹ Старооскольский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» СОФ МГРИ

Аннотация: Рассмотрен вопрос о защите гидроресурсов в горнодобывающих регионах с высокоразвитой промышленностью на примере Старооскольско-Губкинского промрайона, значительная часть которого характеризуется низким уровнем защищенности подземных вод от техногенного загрязнения. Площадь загрязнения охватывает территорию порядка 250 км² и выходит за пределы санитарно-защитных зон горно-металлургических предприятий. Под влиянием осушения месторождений, а также работы крупных водозаборов городов возникает истощение подземных вод на горизонтах, обеспечивающих хозяйственно-питьевое водоснабжение в регионе. По причине неэффективной очистки сточных вод предприятия существенно загрязняют поверхностные воды. В поверхностных водах района преобладают такие компоненты, как ионы фосфатов, меди, общее железо, нефтепродукты, марганец, сульфаты и др. Особенно загрязняются поверхностные воды тех рек, водные ресурсы которых используют все горнодобывающие предприятия района. Согласно проведенному мониторингу загрязненности рек, связанных с влиянием горнодобывающих предприятий и выделенных как наиболее важные объекты мониторинга, авторами представлен анализ полученных данных. Государственная и ведомственная сеть режимных наблюдательных скважин не полно отражает процессы водоотбора и восполнения подземных вод на указанной территории и нуждается в расширении. Существующая методика и практика установления предельных нормативов сброса сточных вод в водоёмы нуждается в серьёзной корректировке. Проанализированы системы водопотребления и водоотведения на предприятиях, оказывающих негативное воздействие на гидроресурсы, и специфика гидрогеологической сети района. На основании этих данных предложены научно-технические рекомендации, направленные на снижение воздействия техногенного характера на водные ресурсы.

Ключевые слова: горнодобывающие регионы, загрязнение вод, сточные воды, подземные воды, поверхностные воды, оборотное водоснабжение, гидроресурсы, хозяйственно-питьевое водоснабжение, мониторинг, экозащитные средства.

Для цитирования: Серпуховитина Т.Ю., Лазарев Р.А. Логвинова А.Н., Цыцорин И.А. Анализ антропогенных факторов воздействия на гидросферу и пути их снижения в горнодобывающих регионах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2–1. – С. 263–274. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-263-274.

Analysis of anthropogenic factors of influence on the hydrosphere and ways to reduce them in mining regions

T.Yu. Serpukhovitina¹, R.A. Lazarev¹, A.N. Logvinova¹, I.A. Tsytsorin¹

¹ Starooskolsk branch of the federal state budgetary educational institution of higher education "Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze" SOF MGRI, Russia

Abstract: The article discusses the issue of protecting water resources in mining regions with a highly developed industry, using the example of the Starooskolsko-Gubkinsky industrial area, a significant part of which is characterized by a low level of protection of groundwater from technogenic pollution. The contaminated area covers an area of about 250 km² and goes beyond the sanitary protection zones of mining and metallurgical enterprises. Under the influence of the drainage of deposits, as well as the work of large water intakes in cities, depletion of groundwater occurs on the horizons that provide household and drinking water supply in the region. Due to ineffective wastewater treatment, enterprises significantly pollute surface waters. The surface waters of the region are dominated by such components as ions of phosphates, copper, total iron, oil products, manganese, sulfates, etc. The surface waters of those rivers, the water resources of which are used by all mining enterprises of the region, are especially polluted. According to the monitoring of the pollution of rivers, identified as the most important monitoring objects associated with the influence of mining enterprises, the authors presented an analysis of the data obtained. The state and departmental network of controlled observation wells does not fully reflect the processes of water withdrawal and replenishment of groundwater in the specified territory and needs to be expanded. The existing methodology and practice of setting maximum standards for wastewater discharge into water bodies requires serious adjustment. The article analyzes the systems of water consumption and wastewater disposal at enterprises that have a negative impact on water resources, and the specificity of the hydrogeological network of the region. On the basis of these data, scientific and technical recommendations are proposed aimed at reducing the impact of a technogenic nature on water resources.

Key words: mining regions, water pollution, waste water, groundwater, surface water, circulating water supply, water resources, drinking water supply, monitoring, environmental protection means.

For citation: Serpukhovitina T.Yu., Lazarev R.A., Logvinova A.N., Tsytsorin I.A. Analysis of anthropogenic factors of influence on the hydrosphere and ways to reduce them in mining regions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2–1):263-274. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-263-274.

Введение

В горнодобывающих регионах с высокоразвитой промышленностью остро ставятся вопросы экологии и охраны природы, и большое значение уделяется защите гидроресурсов в связи с длительным периодом их восстановления.

Водные ресурсы региона испытывают значительную техногенную нагрузку. Чтобы исключить засорение

и загрязнение водоемов и рек путем попадания в них твердых отходов, предметов, а также взвешенных и химических веществ при сбросе сточных вод в результате деятельности горнодобывающих предприятий, используют экозащитные средства [1, 2].

Запасы пресной воды, являются единым ресурсом, который рассчитан на перспективу освоения мировых запасов пресной воды, требует единого под-

хода к использованию этих ресурсов, а также признания взаимосвязи между запасами пресной и её качеством.

На сегодняшний день почти во всех регионах остро стоит вопрос, связанный с потерей потенциальных источников пресной воды, ухудшения ее качества и загрязнения поверхностных и подземных источников. В основном проблемы, которые отрицательно влияют на качество воды водоемов и рек, связаны с недостаточной очисткой бытовых и промышленных сточных вод, сливаемых в водоемы бесконтрольно, а также утратой и разрушениями водосборных площадей, нерационального расположения промпредприятий.

Практически повсеместно вода, поступающая из скважин, нуждается в предварительной обработке, связанной с доведением воды до действующих нормативов, но и, поступая в водопроводную сеть, может вторично загрязняться из-за несовершенства водопроводной системы. Говорить о качестве воды и её соответствии или несоответствии установленным нормативам можно только на основании полного химического и бактериологического анализа. По действующим стандартам питьевая вода должна быть безвредна по химическому составу, безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, должна обладать благоприятными органолептическими свойствами.

Очаги загрязнения подземных вод

Влияние антропогенных факторов воздействия на гидросферу и пути их снижения наглядно изучены на примере Старооскольского-Губкинского промрайона. Крупными промышленными предприятиями, загрязняющими водные объекты данного региона, являются предприятия строительной индустрии, сельскохозяйственные и горнодобывающие (АО «Лебединский ГОК»,

АО «Стойленский ГОК», АО «Комбинат КМАруда»). Очаги загрязнения подземных вод по площади занимают сотни квадратных километров.

Под влиянием осушения на Лебединском и Стойленском карьерах и работы крупных водозаборов городов образовалась обширная воронка депрессии подземных вод, в том числе на горизонтах, обеспечивающих хозяйственно-питьевое водоснабжение в регионе [1, 3, 4]. Вследствие многолетней интенсивной эксплуатации среднедевовонского водоносного комплекса рядом ведомственных и муниципальных водозаборов г. Старый Оскол уровни в нем снижены до 20 м, наблюдается истощение запасов подземных вод. Контур истощения этих запасов охватывает площадь порядка 80–100 км². Увеличение водоотбора может привести к выходу из строя отдельных водозаборов города, расположенных в центральной части депрессионной воронки.

Поверхностные воды района, в особенности реки Осколец и Оскол, преимущественно относятся к классу загрязнённых. Река Осколец в среднем течении относится к классу грязных. Среди компонентов загрязнителей преобладают фосфаты, медь, железо общее, нефтепродукты, марганец, сульфаты. Донные отложения рек – умеренно загрязненные.

На карте отмечены пункты наблюдения за состоянием загрязненности поверхностных вод на территории деятельности Белгородской области (рис. 1).

Для анализа данных по загрязнению поверхностных источников были выделены некоторые пункты мониторинга, связанные с влиянием горнодобывающих предприятий. В табл. 1 представлен перечень из 9 водных объектов в 11 пунктах мониторинга вблизи горнодобывающих предприятий.

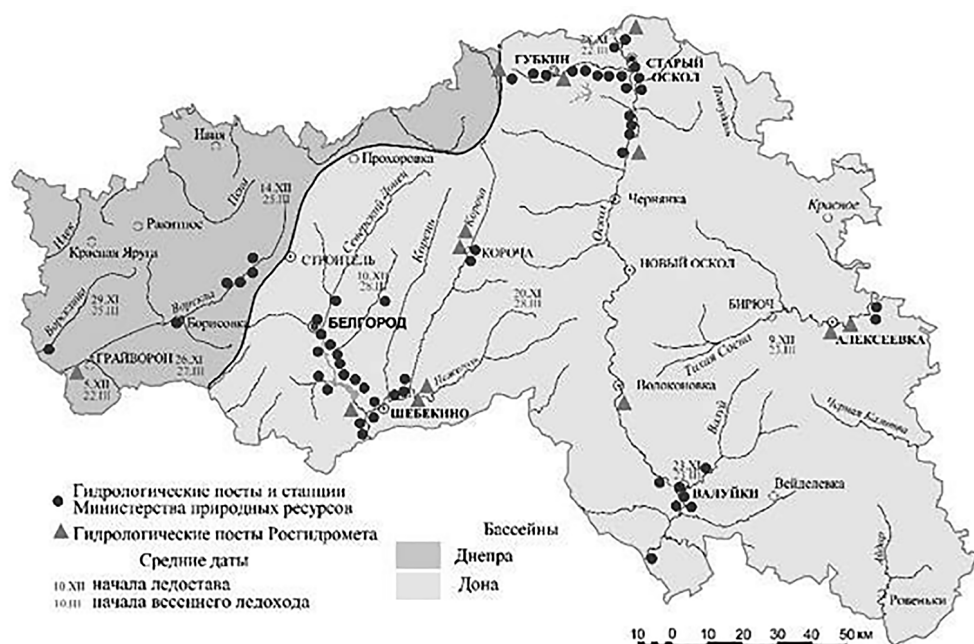


Рис. 1. Пункты наблюдения загрязненности поверхностных источников
 Fig. 1. Observation points for surface source contamination

Таблица 1
 Перечень объектов наблюдения
 List of monitoring objects

Номер пункта	Водный объект	Пункт
Бассейн р. Северский Донец		
96	р. Северский Донец	с. Беломестное
205	Белгородское водохранилище	г. Белгород
85	р. Болховец	г. Белгород
86	р. Нежеголь	г. Шебекино
87	р. Короча	г. Короча
88	р. Оскол	г. Старый Оскол
89	р. Оскол	п. Волоконовка
90	р. Осколец	г. Губкин
91	р. Осколец	г. Старый Оскол
Бассейн р. Дон		
75	р. Тихая Сосна	г. Алексеевка
Бассейн р. Днепр		
29	р. Ворскла	с. Козинка

По азоту нитритному и аммонийному высокие уровни загрязнения были отмечены на водных объектах:

р. Оскол:
 – ниже 7,0 км г. Старый Оскол – по азоту нитритному в марте 30 ПДК,

в июле 16,4 ПДК; по азот аммонийному в августе 10,4 ПДК;

– ниже 25 км г. Старый Оскол в черте с. Ивановка — по азоту нитритному в марте 10,4 ПДК, в июле 11,2 ПДК; по азоту аммонийному в августе 10,8 ПДК.

р. Осколец:

– ниже 9,0 км г. Губкин — по азоту нитритному в сентябре 10,8 ПДК, в октябре 16,5 ПДК, в ноябре 16,3 ПДК, в декабре 11,7 ПДК.

Белгородское водохранилище:

– ниже 6 км г. Белгород — по азоту нитритному в сентябре 10,6 ПДК, в октябре 24,0 ПДК, в ноябре 15,9 ПДК, в декабре 14,7 ПДК;

– ниже 21 км г. Белгород — по азоту нитритному в ноябре 14,9 ПДК.

р. Болховец:

– по азоту нитритному в июне 34,0 ПДК.

В табл. 2 приведены сведения о характеристике загрязнения поверхностных вод по азоту, табл. 3 — по химическим загрязнениям.

Анализ данных табл. 2 и 3 показал, что наибольшее загрязнение испытывают реки Оскол и Осколец, так как их водные ресурсы используют все горнодобывающие предприятия района. Качество подземных питьевых вод контролировалось в соответствии с ГОСТ 2874.82. Для анализа пробы воды отбирались после насосов первого подъема перед поступлением воды в сеть и в распределительной сети. Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ

Таблица 2

**Характеристика загрязнений поверхностных вод по азоту
Characteristics of surface water pollution by nitrogen**

Створы	Высокое загрязнение, мг/л по азоту							
	Март	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NH ₄	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂
р. Осколец (9 км ниже г. Губкин в черте с. Лукьяновка)					0,215	0,329	0,326	0,234
р. Оскол (7 км ниже г. Старый Оскол)	0,601		0,327	4,06				
р. Оскол (25 км ниже г. Старый Оскол в черте с. Ивановка)	0,208		0,224	4,20				
р. Болховец, 05 км выше устья		0,679						
Белгородское Водохранилище, 6 км ниже г. Белгород					0,211	0,480	0,317	0,294
Белгородское Водохранилище, 21 км ниже г. Белгород							0,298	

Таблица 3

Характеристика водных объектов по загрязняющим веществам
 Characteristics of water bodies by pollutants

№	Водный объект	Кислородный режим, мг/л	Минерализация, мг/л	Загрязняющие вещества, мг/л							Общее Fe		
				БПК ₅	ХПК	Si	PO ₄ ⁻	Mn ²⁺	Cu ²⁺	NO ₂ ⁻		NH ₄ ⁻	
1	р. Северский Донец	5,76 – 9,92	526 – 699	2,24 (1,1 ПДК)	28,0 (1,0 ПДК)	9,2 (16,7 ПДК)	–	–	–	–	–	–	–
2	Белгородское водохранилище	5,06 – 11,68	587 – 835	7,20 (3,6 ПДК)	31,0 (2,1 ПДК)	9,4 (1,0 ПДК)	0,368 (1,8 ПДК)	11,7 (1,2 ПДК)	1,9 (1,9 ПДК)	–	–	–	–
3	р. Болховец	6,24 – 9,34	527 – 878	3,36 (1,7 ПДК)	29,0 (1,9 ПДК)	9,7 (1,1 ПДК)	–	17,4 (1,7 ПДК)	1,9 (1,9 ПДК)	0,126 (6,3 ПДК)	–	–	–
4	р. Нежголь	4,86 – 10,72	500 – 729	2,72 (1,4 ПДК)	23,0 (1,5 ПДК)	9,7 (1,1 ПДК)	–	–	1,6 (1,6 ПДК)	–	–	–	–
5	р. Кошачья роща	5,28 – 9,60	519 – 891	2,78 (1,4 ПДК)	24,0 (1,6 ПДК)	–	–	–	1,6 (1,6 ПДК)	–	–	–	–
6	р. Оскол	5,76 – 13,76	406 – 665	7,68 (3,8 ПДК)	43,0 (2,9 ПДК)	–	–	40,5 (4,1 ПДК)	2,3 (2,3 ПДК)	0,151 (7,6 ПДК)	1,94 (5,0 ПДК)	0,23 (2,3 ПДК)	–
7	р. Осколец	4,32 – 11,84	444 – 844	7,65 (3,8 ПДК)	44,0 (2,9 ПДК)	–	0,207 (1,0 ПДК)	12,6 (1,3 ПДК)	–	0,121 (6,1 ПДК)	0,61 (1,6 ПДК)	0,109 (1,1 ПДК)	–
8	р. Тихая Сосна	6,85 – 10,24	563 – 855	2,72 (1,4 ПДК)	24,0 (1,6 ПДК)	9,1 (1,0 ПДК)	–	–	1,0 (1,0 ПДК)	–	–	–	–
9	р. Ворскла	6,22 – 10,45	596 – 859	2,56 (1,3 ПДК)	31,0 (2,1 ПДК)	–	–	–	1,4 (1,4 ПДК)	–	–	–	–

2481 – 80. Перечень показателей качества воды составлялся с учетом местных и санитарных условий при лабораторном контроле и согласовывался с органами санитарно-эпидемиологической службы.

Влияние Лебединского ГОКа и АО «Комбинат КМАруда» на поверхностные и подземные воды

В районах РСУ, Энергоцеха и Рудоправления (РУ) территории Лебединского ГОКа имеются три водозабора. Для питьевых целей используется вода из водозабора РСУ и РУ [5 – 9]. В данном районе подземные воды считаются пресными и имеют минерализацию 0,2 – 0,4 мг/л, в санитарно-гигиеническом отношении являются чистыми, имеют следующие показатели:

- окисляемость 2 – 5 мг/л по кислороду;
- колититр – менее 3;
- низкое содержание фтора 0,2 – 0,3 мг/л (при норме 0,7 – 1,1 мг/л);
- отсутствует йод и бром;
- низкое содержание микрокомпонентов в пределах сотых и тысячных долей мг/л (хром, молибден, цинк, медь).

В воде отдельных скважин присутствуют нефтепродукты с концентрацией от 0,03 – 0,2 мг/л, но общее количество в воде из всех водозаборных скважин составляет 0,13 – 0,23 мг/л.

На производственные нужды Лебединский ГОК расходует воды в общем количестве около 682 тыс. м³, из них:

- свежая вода берется из Старооскольского водохранилища в количестве 6888 м³;
- оборотная вода – 675 тыс. м³

Потребность в воде на Лебединском ГОКе решается за счет повторного использования воды и составляет 96,8 %. Для компенсации испарения

и фильтрационных потери в хвостохранилище используется речная вода.

Также при производстве концентрата и окатышей и при обработке рыхлой вскрыши способом гидромеханизации в карьере используют техническую и оборотную воду. Обработанная техническая и частично технологическая вода, загрязненная нефтепродуктами и взвешенными веществами, проходит первоначальную очистку в локальных нефтегрязеуловителях [10 – 12] и поступает на очистку в отстойники Лебединского и Южно-Лебединского участков, после чего сбрасывается в р. Осколец.

С вводом в эксплуатацию 5-го ствола дренажной шахты в значительной мере сократится забор свежей воды из Старооскольского водохранилища и сброс недостаточно очищенных дренажных вод в р. Осколец.

В карьере дренажные воды загрязняются нефтепродуктами от работающих там механизмов. Из шахтных стволов №1 и №4 насосами вода откачивается в отстойники Лебединского и Южно-Лебединского дренажных участков, где проходит очистку и частично сбрасывается в р. Осколец. Данные лабораторного контроля говорят об удовлетворительном качестве воды, она безопасна в эпидемиологическом отношении и безвредна по химическому составу.

Образующиеся на предприятии АО «Комбинат КМАруда» хозяйственно-бытовые сточные воды поступают в централизованные системы водоотведения городов Губкин и Старый Оскол в количестве менее 200 м³/сутки. В связи с тем, что при условии соблюдения нормативов качества отводимых сточных вод на предприятии очистка отводимых хозяйственно-бытовых сточных вод не требуется, предприятие входит в категорию объектов водоотведения в системы ЦСВ [13 – 15]. АО «Комби-

нат КМАруда» работает с замкнутым циклом производственного технического водоснабжения, это и позволяет не производить сброс промышленных сточных вод в водоем. Повторное использование воды в водообороте составляет около 95 %. Ливневые сточные воды предприятия отводятся в систему технологического водооборота. А на новых проектируемых объектах предприятия в соответствии с проектной документацией уже предусмотрены системы очистки ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Наиболее важной проблемой охраны природных ресурсов можно выделить рациональное использование водных ресурсов и ликвидацию последствий загрязнения водоемов. Для решения вопроса по качеству очищенных сточных вод и удовлетворения современных требований необходимо использовать более эффективные способы очистки [17 – 19].

Для предотвращения загрязнения гидроресурсов необходимо решить комплексную задачу:

- создавать безотходные и безводные технологии с системой оборотного водоснабжения;
- проводить очистку сточных вод предприятия;
- закачивать сточные воды в глубокие водоносные горизонты;
- использовать поверхностные воды в производстве с предварительной их очисткой и обеззараживанием.

Рекомендации для улучшения качества гидроресурсов

В результате анализа системы водопотребления и водоотведения на горных предприятиях и специфики гидрогеологической сети района предложены следующие научно-технические рекомендации, направленные на снижение воздействия техногенного характера на водные ресурсы:

– внедрить повсеместно в технологию очистки сточных вод ультрафиолетовое обеззараживание и биохимическую очистку вместо хлорирования на водосбросах г. Старый Оскол;

– продолжить работы по расчистке русел рек Оскол и Осколец с созданием на р. Оскол ниже сброса сточных вод из городских очистных сооружений (с. Сорокино) ботанических площадок с гидробионтами;

– осуществить разработку и реализацию проектов по сохранности и восстановлению водоохраных зон, прибрежных защитных полос на реках Оскол и Осколец в соответствии с требованиями нового «Водного Кодекса»;

– предусмотреть в перспективных планах развития инфраструктуры городов повсеместное обустройство ливневой канализации в городах Губкин и Старый Оскол.

– провести ревизию государственной и ведомственной режимной сети наблюдательных скважин в Старооскольско-Губкинском промрайоне с целью ее оптимизации. Предприятиям, эксплуатирующим подземные воды, АО «Лебединский ГОК», АО «Стойленский ГОК», совместно с ГП «Белгородгеомониторинг» расширить сеть наблюдательных скважин на участках с недостаточно изученной гидродинамикой подземных вод;

– природоохранным службам (Росприроднадзор, Ростехнадзор, Роспотребнадзор, Государственная экологическая инспекция) совместно с организациями, разрабатывающими нормы предельно допустимых сбросов (ПДС) в водные объекты, пересмотреть методику и практику установления ПДС, нацелив ее на обеспечение охраны водных объектов от загрязнения.

Кроме того, можно выявить заброшенные родники с целью восстановления и использования на устойчивой

основе, используя силы студентов и организовав при этом волонтерское движение, привести в порядок и благоустроить территорию вокруг источников; периодически отбирать пробы воды и определять ее качественные характеристики.

Заключение

В связи с возникающим вопросом о защите гидроресурсов в горнодобывающих регионах, где развита промышленность и, соответственно, существует низкий уровень защищенности подземных вод от техногенного загрязнения, а также загрязнения подземных и поверхностных вод, связанные с неэффективной очисткой

сточных вод предприятий, существует необходимость в комплексном мониторинге, совершенствовании процессов водоотбора и восполнения подземных вод. Исследования, проведенные с учетом специфики гидрогеологической сети района, показали несовершенство системы водопотребления и водоотведения на горных предприятиях, которые оказывают негативное воздействие на гидроресурсы. На основании исследований предложены научно-технические рекомендации, направленные на снижение воздействия техногенного характера на водные ресурсы и даны рекомендации по поиску новых источников питьевой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яницкий Е.Б., Игнатенко И.М. Горнодобывающая отрасль Белгородской области: наука и производство // Горный журнал. — 2020. — № 7. — С. 44–50. DOI: 10.17580/gzh.2020.07.04.
2. Скопинцева О.В., Вертинский А.С., Иляхин С.В., Савельев Д.И., Прокопович А.Ю. Обоснование рациональных параметров обеспыливающей обработки угольного массива в шахтах // Горный журнал. — 2014. — № 5. — С. 17–20.
3. Куршленко В.В., Хайкович И.М. Методика оценки эколого-геологического загрязнения территорий осваиваемых месторождений полезных ископаемых // Обогащение руд. — 2015. — № 3. — С. 56–60. DOI: 10.17580/or.2015.03.10.
4. Kulikova E. Yu. Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. Pp. 385–390. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.385.
5. Куликова А.А., Стельмахов А.А., Бачева Т.А., Цымбал М.Н. Очистка вод, поступающих из затопленных шахт и рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 38–47. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-38-47.
6. Серпуховитина Т.Ю., Бурлаченко С.Е. Пути снижения техногенной нагрузки на гидроресурсы Белгородской области // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Молодые — наукам о Земле», 2020, т. 7, с. 76.
7. Скопинцева О.В., Ганова С.Д., Бузин А.А., Федотова В.П. Мероприятия по борьбе с пылью при погрузке и транспортировании твердых полезных ископаемых // Горный журнал. — 2019. — № 12. — С. 76–79. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16.
8. Бочаров В.Л., Зинюков Ю.М. Геологические проблемы реконструкции цеха хвостового хозяйства Лебединского горно-обогатительного комбината (Курская область) // Воронеж: ВГУ. — 2016. — С. 258–262.
9. Сашенко Л.А., Ястребинская А.В. Эксплуатация хвостохранилища Лебединского ГОКа в современных условиях. // Сборник. Научно-технологические и инновации (XXIII научные чтения) Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2019. — С. 31–35.
10. Yue Liu, Qinglin Xia, Carranza E.J. M. Integrating sequential indicator simulation and singularity analysis to analyze uncertainty of geochemical anomaly for exploration

targeting of tungsten polymetallic mineralization, Nanling belt, South China // *Journal of Geochemical Exploration*. 2019. Vol. 197. P. 143–158.

11. *Batugin A., Kolikov K., Ivannikov A., Ignatov Y., Krasnoshtanov D.* Transformation of the geodynamic hazard manifestation forms in mining areas // *International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM*. 2019. Vol. 19. No 1.3. pp. 717–724. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S03.091.

12. *Куликова А.А., Сергеева Ю.А., Овчинникова Т.И., Хабарова Е.И.* Формирование шахтных вод и анализ способов их очистки // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2020. – № 7. – С. 135–145. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145.

13. *Пелипенко М.В., Баловцев С.В., Айнбиндер И.И.* К вопросу комплексной оценки рисков аварий на рудниках // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2019. – № 11. – С. 180–192. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-180-192.

14. *Pleshko M., Kulikova E., Nasonov A.* Assessment of the technical condition of deep mine shafts. *MATEC Web of Conferences*, 2018, 239, 01021. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823901021>.

15. *Skousen J., Zipper C.E., Rose A., Ziemkiewicz P.F., Nairn R., McDonald L.M., Kleinmann R.L.* Review of passive systems for acid mine drainage treatment // *Mine Water and the Environment*. 2017. Vol. 36, No 1, Pp. 133–153.

16. *Kulikova E. Yu., Balovtsev S.V.* Risk control system for the construction of urban underground structures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 962(4), 042020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042020>.

17. *Wei X., Rodak C.M., Zhang S., Han Y., Wolfe F.A.* Mine drainage generation and control options // *Water Environment Research*. 2016. Vol. 88. No 10. Pp. 1409–1432.

18. *Runtti H., Tolonen E.T., Tuomikoski S., Lassi U., Luukkonen T.* How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment—a review of potential methods *Environmental Research*. 2018. T. 167. Pp. 207–222.

19. *Clarkson L., Williams D.* Critical review of tailings dam monitoring best practice. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2020. Vol. 34. Iss. 2, pp. 119–148. **МИАБ**

REFERENCES

1. Yanitsky E.B., Ignatenko I.M. Mining industry in the Belgorod Region: Science and production. *Gornyi Zhurnal*. 2020, no. 7, pp. 44–50. DOI: 10.17580/gzh.2020.07.04. [In Russ].

2. Skopintseva O.V., Vertinskiy A.S., Ilyakhin S.V., Savelev D.I., Prokopovich A. Yu., Substantiation of efficient parameters of dust-controlling processing of coal massif in mines. *Gornyi Zhurnal*. 2014, no. 5, pp. 17–20. [In Russ].

3. Kurilenko V.V., Khaykovich I.M. Mineral deposits development areas environmental pollution assessment technique. *Obogashchenie Rud*. 2015, no. 3, pp. 56–60. DOI: 10.17580/or.2015.03.10. [In Russ].

4. Kulikova E. Yu. Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931. Pp. 385–390. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.385.

5. Kulikova A.A., Stelmakhov A.A., Bacheva T.A., Tsymbal M.N. Treatment of water inflow from flooded underground mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6):38–47. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-38-47.

6. Serpukhovitina T. Yu., Burlachenko S.E. *Puti snizheniya tekhnogennoy nagruzki na gidroresursy Belgorodskoy oblasti. Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Molodyye – naukam o Zemle»* [Ways to reduce the technogenic load on the water resources of the Belgorod region. Collection of scientific papers of the international scientific and practical conference “Young – to earth sciences”]. 2020, v. 7, p. 76. [In Russ].

7. Skopintseva O.V., Ganova S.D., Buzin A.A., Fedotova V.P. Measures to reduce dusting during loading and transportation of solid mineral resources. *Gornyi Zhurnal*. 2019, no. 12, pp. 76–79. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16. [In Russ].
8. Bocharov V.L., Zinyukov Yu. M. *Geologicheskkiye problemy rekonstruktsii tsekha khvostovogo khozyaystva Lebedniskogo gorno.-obogatitel'nogo kombinata (Kurskaya oblast')* [Geological problems of reconstruction of the tailings department of the Lebedninskiy mining and processing plant (Kursk region). Voronezh: Voronezh State University]. 2016, pp. 258–262. [In Russ].
9. Sashenko L.A., Yastrebinskaya A.V. *Ekspluatatsiya khvostokhranilishcha Lebedniskogo GOKa v sovremennykh usloviyakh. Sbornik. Naukoyemkiye tekhnologii i innovatsii (XXIII nauchnyye chteniya) Mezhdunarodnaya nauchno.-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 65-letiyu BGTU im. V.G. Shukhova* [Operation of the tailing dump of Lebednisky GOK in modern conditions. Collection. Science-intensive technologies and innovations (XXIII scientific readings) International scientific-practical conference dedicated to the 65th anniversary of BSTU named after V.G. Shukhov]. 2019, pp. 31–35. [In Russ].
10. Yue Liu, Qinglin Xia, Carranza E.J. M. Integrating sequential indicator simulation and singularity analysis to analyze uncertainty of geochemical anomaly for exploration targeting of tungsten polymetallic mineralization, Nanling belt, South China. *Journal of Geochemical Exploration*. 2019. Vol. 197. P. 143–158.
11. Batugin A., Kolikov K., Ivannikov A., Ignatov Y., Krasnoshtanov D. Transformation of the geodynamic hazard manifestation forms in mining areas. *International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM*. 2019. Vol. 19. no. 1.3. Pp. 717–724. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S03.091.
12. Kulikova A.A., Sergeeva Yu. A., Ovchinnikova T.I., Khabarova E.I. Formation of mine water composition and analysis of treatment methods. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(7):135–145. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145.
13. Pelipenko M.V., Balovtsev S.V., Aynbinder I.I. Integrated accident risk assessment in mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 11, pp. 180–192. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-180-192. [In Russ].
14. Pleshko M., Kulikova E., Nasonov A. Assessment of the technical condition of deep mine shafts. MATEC Web of Conferences, 2018, 239, 01021. <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201823901021>.
15. Skousen J., Zipper C.E., Rose A., Ziemkiewicz P.F., Nairn R., McDonald L.M., Kleinmann R.L. Review of passive systems for acid mine drainage treatment. *Mine Water and the Environment*. 2017. Vol. 36, no. 1, Pp. 133–153.
16. Kulikova E. Yu., Balovtsev S.V. Risk control system for the construction of urban underground structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 962(4), 042020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042020>.
17. Wei X., Rodak C.M., Zhang S., Han Y., Wolfe F.A. Mine drainage generation and control options. *Water Environment Research*. 2016. Vol. 88. no. 10. Pp. 1409–1432.
18. Runtti H., Tolonen E.T., Tuomikoski S., Lassi U., Luukkonen T. How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment—a review of potential methods *Environmental Research*. 2018. T. 167. Pp. 207–222.
19. Clarkson L., Williams D. Critical review of tailings dam monitoring best practice. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2020. Vol. 34. Iss. 2, pp. 119–148.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Серпуховитина Татьяна Юрьевна*¹ — кандидат технических наук, заместитель директора по науке и высшему образованию, uchrggu@yandex.ru;

*Лазарев Роман Анатольевич*¹ – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой горного дела, экономики и природопользования, lazarev2079@yandex.ru;
*Логвинова Ангелина Николаевна*¹ – кандидат экономических наук, доцент кафедры горного дела, экономики и природопользования, logwinowa.angelina@yandex.ru;
*Цыцорин Игорь Анатольевич*¹ – старший преподаватель кафедры горного дела, экономики и природопользования.tkm81@mail.ru;
¹ Старооскольский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе» СОФ МГРИ.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Serpukhovitina T.Yu.*¹, Cand. Sci. (Eng.), Deputy Director for Science and Higher Education, uchrgru@yandex.ru;

*Lazarev R.A.*¹, Cand. Sci. (Economic), Head of the Department of Mining, Economics and Environmental Management. lazarev2079@yandex.ru;

*Logvinova A.N.*¹, Cand. Sci. (Economic), Associate Professor of the Department of Mining, Economics and Environmental Management, logwinowa.angelina@yandex.ru;

*Tsytsorin I.A.*¹, Senior Lecturer of the Department of Mining, Economics and Environmental Management.tkm81@mail.ru;

¹ Starooskolsk branch of the federal state budgetary educational institution of higher education “Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze” SOF MGRI, Russia.

Получена редакцией 13.01.2021; получена после рецензии 28.01.2021; принята к печати 01.02.2021.

Received by the editors 13.01.2021; received after the review 28.01.2021; accepted for printing 01.02.2021.

