

УДК 550.41

DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-1-10-17

## ИССЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА ПРЕЖНЕГО ВОДОСБРОСА КИСЛЫХ ВОД ШАХТЫ ШИРОКОВСКАЯ (КИЗЕЛОВСКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАССЕЙН)

## SITE INVESTIGATION OF THE PREVIOUS SPILLWAY WITH ACID WATERS AT THE SHIROKOVSKAYA MINE (KIZEL COAL BASIN)



*С. А. Красильникова, Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, Пермь  
domo05@mail.ru*

*S. A. Krasilnikova, Perm State National Research University, Perm*

Представлено исследование старейшего на Урале Кизеловского угольного бассейна, расположенного на территории Пермского края. Отмечено, что разработка месторождений угля длилась более 200 лет. Установлено, что в начале 90-х гг. XX в. объединение Кизелуголь признано нерентабельным вследствие того, что в период 1992–2000 гг. закрылись все угледобывающие предприятия объединения. Показано, что закрытие шахт не решило экологических проблем территории. Выявлено, что кислые высокоминерализованные шахтные воды стали самопроизвольно поступать на поверхность и загрязнять реки. Определено, что на значительных по площади территориях породных отвалов, промплощадок шахт и прилегающих территориях отсутствует почвенно-растительный слой, что требует проведения рекультивационных работ. Рассмотрены химические и минералогические особенности земель, нарушенных в результате прежнего сброса кислых шахтных вод на территории Кизеловского угольного бассейна. Исследован наибольший по площади участок прежнего водосброса шахты Широковская, который сформировался во время работы шахты, когда кислые шахтные воды приходилось откачивать и сбрасывать на поверхность до ближайшего водотока. Детальная съемка показала, что протяженность участка составляет около 2 км, ширина – 100 м и более. Выявлено, что грунты с загрязненного участка имеют кислую реакцию среды  $\text{pH } 2,3 \dots 3,0$ . Вместе с тем зафиксировано повышенное содержание микроэлементов-загрязнителей Cu, Zn, Pb и Mo, характерных для данной территории. Изучен вертикальный разрез техногенных грунтов на участке до глубины 80 см, в результате чего обнаружено, что данные грунты являются субстратом, не пригодным для развития растений. Показано, что самопроизвольного зарастания этих участков не происходит, хотя сброс шахтных вод не осуществляется уже около 20 лет. Проведенное исследование позволило сделать вывод, что вынос химических элементов с этих участков с водными потоками приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, прилегающих территорий, обуславливает деградацию существующих экосистем. Определена необходимость проведения рекультивации нарушенных земель

*Ключевые слова: угольный бассейн; кислые шахтные воды; вобосброс; нарушенные земли; техногенные грунты; нейтрализация грунтов; рекультивация; угледобыча; водопосный комплекс; тонкодисперсные гидроксиды железа*

The research of the oldest in the Urals Kizelovsky coal basin, located on the territory of the Perm region, is presented. It was noted that the development of coal deposits lasted more than 200 years. It is established that in the early 90's. XX century the Kizelugol association was recognized as unprofitable due to the fact that in 1992–2000 all coal mining enterprises of the association were closed. It is shown that the closure of mines did not solve environmental problems of the territory. It was revealed that acidic highly mineralized mine waters began to flow spontaneously onto the surface and pollute rivers. It is determined that in soil areas that are significant in the area of rock dumps, industrial sites of mines and adjacent territories, there is no soil-vegetation layer, which requires reclamation work. The chemical and mineralogical features of lands disturbed as a result of the previous discharge of acid mine waters on the territory of the Kizelovsky coal basin are considered. The largest area of the former

spillway of the Shirokovskaya mine was investigated, which was formed during the operation of the mine, when acid mine water had to be pumped out and dropped to the surface to the nearest watercourse. Detailed survey showed that the length of the site is about 2 km, width – 100 m and more. It was revealed that the soils from the contaminated area have an acidic reaction of pH 2,3 ... 3,0. At the same time, an increased content of trace elements, Cu, Zn, Pb and Mo, characteristic for this territory was recorded. A vertical section of man-made soils in a section up to a depth of 80 cm was studied, as a result of which it was found that these soils are a substrate not suitable for the development of plants. It is shown that spontaneous overgrowing of these sites does not occur, although the discharge of mine waters has not been carried out for about 20 years. The carried out research led to the conclusion that removal of chemical elements from these areas with water flows leads to contamination of surface and groundwater, adjacent territories, causing degradation of existing ecosystems. The necessity of re-cultivation of disturbed lands is determined

*Key words:* coal basin; acid mine waters; spillway; disturbed lands; technogenic soils; neutralization of soils; reclamation; coal mining; water-bearing complex; fine iron hydroxides

Старейший на Урале Кизеловский угольный бассейн, где добыча угля началась еще в конце XVIII в., расположен на территории Пермского края. Он узкой полосой вытянут в меридиональном направлении и имеет протяженность более 100 км, а ширину – 15...20 км.

В первые десятилетия освоения угольных месторождений добыча угля велась в небольших объемах для удовлетворения спроса местных предприятий. Изначально толчком для активизации угледобычи послужило строительство горнозаводской железной дороги в 1879 г. В дальнейшем значительный рост добычи угля происходил в годы первых пятилеток и во время Великой Отечественной войны, когда Донбасс был захвачен фашистами, а стране для победы требовался уголь. В первые послевоенные десятилетия объемы добычи также росли, но затем из-за сложных геолого-гидрогеологических и горнотехнических условий рост остановился, а затем и вовсе последовало снижение добычи. В 90-е гг. XX в. разработка угля в Кизеловском бассейне признана нерентабельной, вследствие того что до 2000 г. все шахты объединения Кизелуголь были закрыты.

Закрытие шахт не решило экологических проблем территории. Даже для крупных рек, притоков Камы и Чусовой постоянно фиксируются экстремально высокие уровни загрязнения воды [8] и донных отложений [7]. Основными источниками загрязнения в настоящее время являются кислые шахтные воды, самопроизвольно

изливающиеся на поверхность. Вместе с ними в реки поступает более 90 % от общего количества загрязнителей [9]. Достаточно ощутимо, хотя и в меньших масштабах, происходит загрязнение рек за счет стоков 53 породных отвалов угольных шахт, которые по площади занимают более 300 га [1; 2].

Еще одним мощным источником загрязнения окружающей среды являются участки прежнего сброса кислых шахтных вод. Ширина нарушенных участков может достигать 100 м и более, протяженность – до 1...2 км. Общая площадь участков превышает 50 га. Почвенно-растительный слой здесь отсутствует. Верхняя часть разреза представлена делювиальными суглинками, измененными под воздействием кислых шахтных вод. Предварительные исследования показали, что водная вытяжка суглинков имеет кислые значения pH~3, высокое содержание сульфатов, железа, алюминия, тяжелых металлов [4]. Данные грунты являются субстратом, не пригодным для развития растений. Самопроизвольного зарастания этих участков не происходит, хотя сброс шахтных вод не осуществляется уже 17...25 лет. Вынос химических элементов с этих участков с водными потоками приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, прилегающих территорий, обуславливает деградацию существующих экосистем [3].

В мировом масштабе проблема нарушенных земель не является новой и рассматривается многими авторами. Подобная проблема зафиксирована в Верхнесилез-

ском угольном бассейне, который находится в Польше и Чехии [7], а также в провинции Гуйчжоу в Китае [11].

*Исследование участка прежнего водосброса шахты Широковская.* Шахта сдана в эксплуатацию в 1945 г., закрыта — в апреле 1997 г. [6].

В обводнении шахты основную роль играли трещинно-пластовые подземные воды угленосной толщи, приуроченные к пачкам кварцевых песчаников. Значительно меньше в формировании шахтного водопритока участвовали трещинно-карстовые

воды визейского водоносного комплекса. В 1977—1996 гг. максимальный приток воды в шахту составлял 2675 м<sup>3</sup>/ч (май 1981 г.), минимальный — 560 м<sup>3</sup>/ч (январь 1996 г.), среднегодовой — 707...1081 м<sup>3</sup>/ч.

Водоотлив шахты был оборудован деревянным коробом от места сброса до р. Полуденный Кизел. Со временем короб пришел в негодность, а шахтная вода стекала по земной поверхности, в результате чего сформировался значительный по площади участок нарушенных земель (рис. 1).



Рис. 1. Участок прежнего сброса кислых шахтных вод шахты «Широковская» / Fig. 1. Site of the former discharge with acid mine waters on the Shirokovskaya mine

Детальная съемка объекта показала, что участок вытянут в северо-западном направлении от промплощадки шахты до р. Полуденный Кизел. Протяженность участка составляет около 2 км, ширина — 100 м и более (рис. 2).

На шахте «Широковская» в один из периодов проводилась нейтрализация шахтных вод. В результате на участке сброса

аккумулировалось значительное количество тонкодисперсных гидроксидов железа. В связи с этим особенностью этого участка является то, что на метаморфизованных суглинках залегает слой техногенных грунтов мощностью до 1 м, представленный тонкодисперсными гидроксидами железа со щебнем, дресвой и песком пород шахтных отвалов.

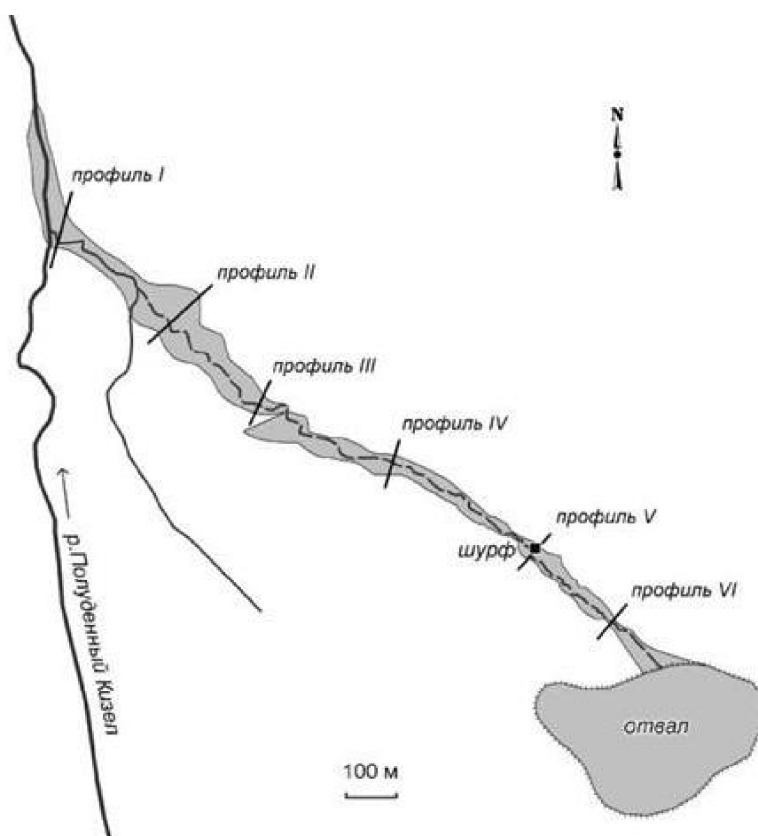


Рис. 2. Схема нарушенного участка / Fig. 2. Scheme of disturbed area

Для изучения свойств и состава техногенных отложений и измененных суглинков отобрано 36 проб грунта на шести поперечных профилях, расположенных равномерно по всему участку.

Анализ водной вытяжки показал, что грунты с загрязненного участка имеют кислую реакцию среды. Водородный показатель водной вытяжки грунтов профиля, ближайшего к источнику загрязнения (шахте), составляет 2,3...2,6. С удалением от промплощадки он незначительно повышается, и на профиле, расположенном возле р. Полуденный Кизел, составляет 2,7...3,0. Содержание водорастворимых солей вблизи источника загрязнения составляет около 3 г/кг. На профилях, расположенных возле р. Полуденный Кизел, оно снижается до 1...1,5 г/кг (табл. 1).

По данным валового спектрального анализа на 29 элементов, наблюдается повышенное содержание микроэлементов-за-

грязнителей, характерных для Кизеловского угольного бассейна. В техногенных грунтах наибольшие концентрации наблюдаются для Cu, Zn, Pb и Mo, содержание которых составляет в несколько раз выше фонового. В подстилающих техногенных грунтах измененные суглинки также загрязнены. Объясняется это тем, что происходят миграция элементов из поверхностного гидроксидно-железистого слоя техногенных грунтов в нижележащие суглинки и аккумуляция их в глинистом субстрате. Кроме того, суглинки являются сорбентами тяжелых металлов, токсичных элементов и являются естественным комплексным геохимическим барьером.

Для определения изменчивости вещественного состава техногенных грунтов в разрезе шурфа I послойно отобраны пять проб и проведен их рентгенофазовый анализ (табл. 2).

Таблица 1 / Table 1

**Химический анализ водной вытяжки грунтов участка прежнего водоотлива шахты Широковская / Chemical analysis of water extracts in the soils which from the site of previous dumping on the Shirokovskaya mine**

№ п/п / No	Номер пробы / Sample number	Место отбора проб / Place of sampling	Содержание ионов в водной вытяжке, мг/кг грунта / Content of ions in aqueous extract, mg / kg of soil								Сумма водорастворимых солей, мг/кг / Sum of water-soluble salts, mg / kg
			HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Fe общ	K+Na	pH	
Суглинки на участках относительного фона / Loams in areas of relative background											
1	V.6	Профиль V / Profile V	91	48	203	54	33	отс.	39	4,80	468
2	II.1	Профиль II / Profile II	91	48	622	109	33	отс.	177	4,60	1080
Техногенные грунты участка прежнего водосброса шахты «Широковская» / Technogenic grounds of the site of previous spillway of the Shirokovskaya mine											
3	VI.3	Профиль VI / Profile VI	10	41	1910	109	66	94	660	2,30	2890
4	V.3	Профиль V / Profile V	5	75	1866	54	33	76	789	2,44	2898
5	IV.3	Профиль IV / Profile IV	10	62	1377	109	33	83	485	2,39	2159
6	III.3	Профиль III / Profile III	10	82	1436	109	66	100	451	2,52	2254
7	II.3	Профиль II / Profile II	10	62	536	109	33	отс.	117	2,68	867
8	I.3	Профиль I / Profile I	10	86	1019	109	33	35	350	2,65	1642

Таблица 2 / Table 2

**Минеральный состав грунтов шурфа 1 участка прежнего водоотлива шахты «Широковская» / Mineral composition of the soil in the pit 1 from the site of previous dumping on the Shirokovskaya mine**

Интервал отбора, м / Selection interval, m	Описание грунта / Description of the soil	Минеральный состав пробы / Mineral composition of the sample	
		исходная / initial	после обжига / after firing
0,0...0,03	Сухие песчаные слипшиеся комочки коричневого и светло-коричневого цвета / Dry sandy clumps of brown and light brown	Кварц / Quartz Гетит / Goethite	Кварц / Quartz Гетит / Goethite
0,03...0,05	Влажная пластичная глиноподобная масса ярко-коричневого, рыжего цвета / Wet plastic clay-like mass of bright brown, red color	Кварц / Quartz Гетит / Goethite	Кварц / Quartz Гетит / Goethite
0,05...0,15	Сухая комковатая песчаная масса темно-коричневого цвета / Dry cloddy sandy mass of dark brown color	Кварц / Quartz Гетит / Goethite	Кварц / Quartz Гетит / Goethite Ярозит / Yarosite
0,15...0,40	Влажная комковатая песчаная масса от темно-коричневого до черного цвета с куском шлака / Wet lumpy sandy mass from dark brown to black with slag	Кварц / Quartz	Кварц / Quartz Гетит / Goethite Ярозит / Yarosite
0,60...0,80	Сильно увлажненная пластичная глиноподобная масса от темно-серого до черного цвета / A highly moistened plastic clay-like mass from dark gray to black	Кварц / Quartz	Кварц / Quartz Гетит / Goethite Ярозит / Yarosite Диккит / Dickit

Разрез техногенных грунтов в зоне влияния кислых шахтных стоков стратифицирован. Верхний горизонт сложен техногенными осадками рентгеноаморфного гидроксида железа и гетита. Залегающие под ним суглинки метаморфизуются с образованием в них новообразованных минералов — гетита и ярозита [10].

На космоснимке, полученном с помощью программы Google Earth, участок прежнего сброса шахты «Широковская» отчетливо виден, ввиду отсутствия почвенного покрова, а также высокого содержания гидроокислов железа, которые придают поверхности ярко-коричневый цвет (рис. 3).



Рис. 3. Космоснимок участка прежнего сброса шахты «Широковская» / Space image of the former discharge site of the mine "Shirokovskaya"

Сравнение границ участка на современном космическом снимке с планом, составленным в период после закрытия шахты, показало, что самопроизвольного зарастания нарушенных земель не проис-

ходит. Данная территория требует проведения природоохранных мероприятий, включающих нейтрализацию кислых грунтов и рекультивацию [5].

#### Список литературы

1. Блинов С. М., Максимович Н. Г., Меньшикова Е. А. Современное техногенное минералообразование в аллювии рек Кизеловского угольного бассейна // Минералогия техногенеза. 2003. С. 20–38.
2. Блинов С. М., Максимович Н. Г., Найданова Н. Ф., Шлыков В. Г., Потапов С. С. Минералогические основы утилизации отходов ОАО «Березниковский содовый завод» // Минералогия техногенеза. 2003. С. 51–55.

3. Блинов С. М., Потапов С. С., Ворончихина Е. А., Доможирова С. А., Батурич Е. Н., Потапов Д. С. Новый метод улучшения экологической ситуации на участках прежнего сброса кислых шахтных вод Кизеловского угольного бассейна // *Минералогия техногенеза*. 2005. С. 229–238.

4. Блинов С. М., Потапов С. С., Доможирова С. А., Батурич Е. Н. Эколого-геологическое состояние участков сброса шахтных вод Кизеловского бассейна и результаты натуральных экспериментов по их рекультивации // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф.* Пермь, 2005. С. 324–326.

5. Ворончихина Е. А. Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты. Пермь, 2010. 163 с.

6. Красавин А. П. Экологическая реабилитация угленепромышленных территорий Кизеловского бассейна в связи с закрытием шахт. Пермь: Звезда, 2005. 287 с.

7. Меньшикова Е. А., Блинов С. М. Особенности современного аллювиального седиментогенеза на территории Кизеловского угольного бассейна // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. ст.* Пермь, 2004. С. 305–315.

8. Меньшикова Е. А., Блинов С. М. Современное состояние донных отложений рек Кизеловского угольного бассейна // *Минералогия техногенеза*. 2005. С. 238–251.

9. Потапов С. С., Блинов С. М. Геоэкологическая ситуация в Кизеловском угольном бассейне на основе изучения техногенных минерализаций // *Уральский минералогический сборник*. 2002. № 12. С. 204–219.

10. Pluta I. *Poljskij geologičeskij institute*. P. 361–366.

11. Tao X., Wu P., Tang C., Liu H., Sun J. *Environmental Earth Sciences*. China. P. 631–638.

---

## References

1. Blinov S. M., Maksimovich N. G., Menshikova E. A. *Mineralogiya tehnogeneza* (Mineralogy technogenesis), 2003, pp. 20–38.

2. Blinov S. M., Maksimovich N. G., Naidanova N. F., Shlykov V. G., Potapov S. S. *Mineralogiya tehnogeneza* (Mineralogy of technogenesis), 2003, pp. 51–55.

3. Blinov S. M., Potapov S. S., Voronchikhina E. A., Domozhirova S. A., Baturin Ye. N., Potapov D. S. *Mineralogiya tehnogeneza* (Mineralogy of technogenesis), 2005, pp. 229–238.

4. Blinov S. M., Potapov S. S., Domozhirova S. A., Baturin E. N. *Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala: materialy region. nauch.-prakt. konf.* (Geology and minerals of the Western Urals: materials of region scientific-practical conf.). Perm, 2005, pp. 324–326.

5. Voronchikhina E. A. *Rekultivatsiya narushennykh landshaftov: teoriya, tehnologii, regionalnye aspekty* (Recultivation of disturbed landscapes: theory, technology, regional aspects). Perm. 2010. 163 p.

6. Krasavin A. P. *Ekologicheskaya rehabilitatsiya uglepromyshlennykh territoriy Kizelovskogo basseyna v svyazi s zakrytiem shaht* (Ecological rehabilitation of coal-mining territories of the Kizelovsky basin in connection with the closure of mines). Perm: Star, 2005. 287 p.

7. Menshikova E. A., Blinov S. M. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauch. chteniya pamyati P. N. Chirvinskogo: sb. nauch. st.* (Problems of Mineralogy, Petrography and Metallogeny. Scientific Readings in the memory of P.N. Chirvinsky: Sat. sci. Art). Perm, 2004, pp. 305–315.

8. Menshikova E. A., Blinov S. M. *Mineralogiya tehnogeneza* (Mineralogy technogenesis), 2005, pp. 238–251.

9. Potapov S. S., Blinov S. M. *Uralskiy mineralogicheskij sbornik* (Ural Mineralogical Collection), 2002, no. 12, pp. 204–219.

10. Pluta I. *Poljskij geologičeskij institute* (Poljskij geologičeskij institute), pp. 361–366.

11. Tao X., Wu P., Tang C., Liu H., Sun J. *Environmental Earth Sciences* (Environmental Earth Sciences). China, pp. 631–638.

---

## Коротко об авторе

## Briefly about the author

**Красильникова Светлана Александровна**, аспирант, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия. Область научных интересов: водосбросы кислых вод, нейтрализация грунтов, нарушенные земли  
domo05@mail.ru

**Svetlana Krasilnikova**, postgraduate, Perm State National Research University, Perm, Russia. Sphere of scientific interests: spillways of acidic waters, neutralization of soils, disturbed lands

**Образец цитирования**

---

*Красильникова С. А. Исследование участка прежнего водосброса кислых вод шахты Широковская (Кизеловский угольный бассейн) // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2018. Т. 24. № 1. С. 10–17. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-1-10-17.*

*Krasilnikova S. Site investigation of the previous spillway with acid waters at the Shirokovskaya mine (Kizel coal basin) // Transbaikal State University Journal, 2018, vol. 24, no. 1, pp. 10–17. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-1-10-17.*

Статья поступила в редакцию: 19.01.2018 г.  
Статья принята к публикации: 30.01.2018 г.

