

УДК 550.4

ВЛИЯНИЕ КАРСТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, РФ;
nmax54@gmail.com, olgam.psu@gmail.com*

***Аннотация:** Разработка угольных шахт обычно связана с целым рядом экологических проблем, которые в районах развития карста имеют ряд специфических особенностей. Так, например, на территории Кизеловского угольного бассейна, в том числе из-за высокой закарстованности, сложилась ситуация экологического бедствия.*

***Ключевые слова:** карст, изливы кислых вод, Кизеловский угольный бассейн*

THE KARST INFLUENCE ON THE FORMATION OF THE ECOLOGICAL SITUATION ON THE TERRITORY OF THE KIZEL COAL BASIN

Maksimovich N.G., Meshcheriakova O.Yu.

Perm State University, Perm, Russia; nmax54@gmail.com, olgam.psu@gmail.com

***Аннотация:** The development of coal mines is usually associated with a number of environmental problems, which in the karst areas have a number of specific features. So, for example, on the territory of the Kizel coal basin, including due to the high karst activity, a situation of ecological disaster has developed.*

***Ключевые слова:** karst, acid water discharges, Kizel coal basin*

Техногенное воздействие на закарстованные территории имеет специфические особенности. Одним из ярких примеров является Кизеловский угольный бассейн (КУБ), расположенный в восточной части Пермского края. КУБ, общей площадью 1500 км², расположен в восточной части Пермского края и входит в состав Западноуральского угольного бассейна [3]. Добыча угля велась здесь с 1796 г. Бассейн характеризуется значительной обводненностью угленосной толщи, а также высоким содержанием серы (более 4%) в составе угля. До начала 30-х годов XX в. в бассейне не наблюдалось значительных водопритоков в шахтах, выработки располагались в дренированной зоне, при этом выемка угля осуществлялась с обрушением кровли. С 1930-х годов стали закладываться выработки на большой глубине – более 1 км.

В горных выработках природные воды взаимодействовали с богатыми сульфидной серой горными породами (до 10%) и преобразовывались в кислые (рН 2–3) сульфатные железо-алюминиевые натриево-кальциевые воды с

высоким содержанием микроэлементов. Водоприитоки в шахты из-за высокой закарстованности достигали $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$. За год в поверхностные водотоки, практически без очистки, сбрасывалось более 100 млн м^3 кислых (рН 1–3) сточных вод. Химический состав вод в малых реках бассейна зачастую приближается к составу шахтных вод.

В начале 2000-х годов шахты были ликвидированы, но после восстановления уровня подземных вод начались изливы кислых шахтных вод с высоким содержанием железа, алюминия, марганца, бериллия и др., в сотни и тысячи раз превышающее ПДКхп при рН 2–3. Как следствие, в естественных водотоках происходит увеличение рН и выпадение техногенного осадка из гидроокислов железа и алюминия с высоким содержанием микроэлементов, являясь источником вторичного загрязнения [8].

Территория бассейна относится к Кизеловскому и Чусовскому карстовым районам карбонатного карста Западно-Уральской складчатой зоны (рис. 1) [4] и отличается интенсивной закарстованностью. Карстующиеся породы занимают более 75% площади района [7] и представлены известняками, доломитами, а также мергелями и образуют значительные по мощности (200–600 м) толщи, в которых активно развиваются карстовые процессы. Наличие в угленосной толще сульфидов железа играет важнейшую роль в формировании кислотно-агрессивных свойств вод, просачивающихся через нее.

Карбонатные отложения визейского и серпуховского ярусов на территории Кизеловского бассейна отличаются наиболее высокой закарстованностью (средний объемный коэффициент закарстованности этих отложений составляет 4,67%, достигая в отдельных случаях 20% и более) [1].

Карст региона относится к голому и покрытому типам, что является одним из факторов зависимости режима карстовых вод зоны активной циркуляции от режима атмосферной циркуляции осадков [4]. Территория исследования характеризуется наибольшим количеством атмосферных осадков на Урале, высокой влажностью и малым испарением. Около 30% всех выпадающих осадков проникает на глубину благодаря инфильтрации, питая подземные воды. Источником питания карстовых вод, наряду с выпадающими осадками, являются поверхностные водотоки, теряющие полностью или частично свой расход на благоприятных для водопоглощения участках своего течения [5].

Распространенными поверхностными формами являются воронки, котловины, карстовые суходолы. Здесь зарегистрировано около 1500 карстовых воронок [9], диаметром от 2–3 до 30–40 м и более [6] при средней плотности – $3,8 \text{ форм/км}^2$, для визейских известняков она достигает 6 форм/км^2 .

Значительная закарстованность территории обуславливает понижение уровня подземных вод по отношению к руслам мелких боковых притоков, что привело к поглощению поверхностного стока и образованию суходолов на реках.

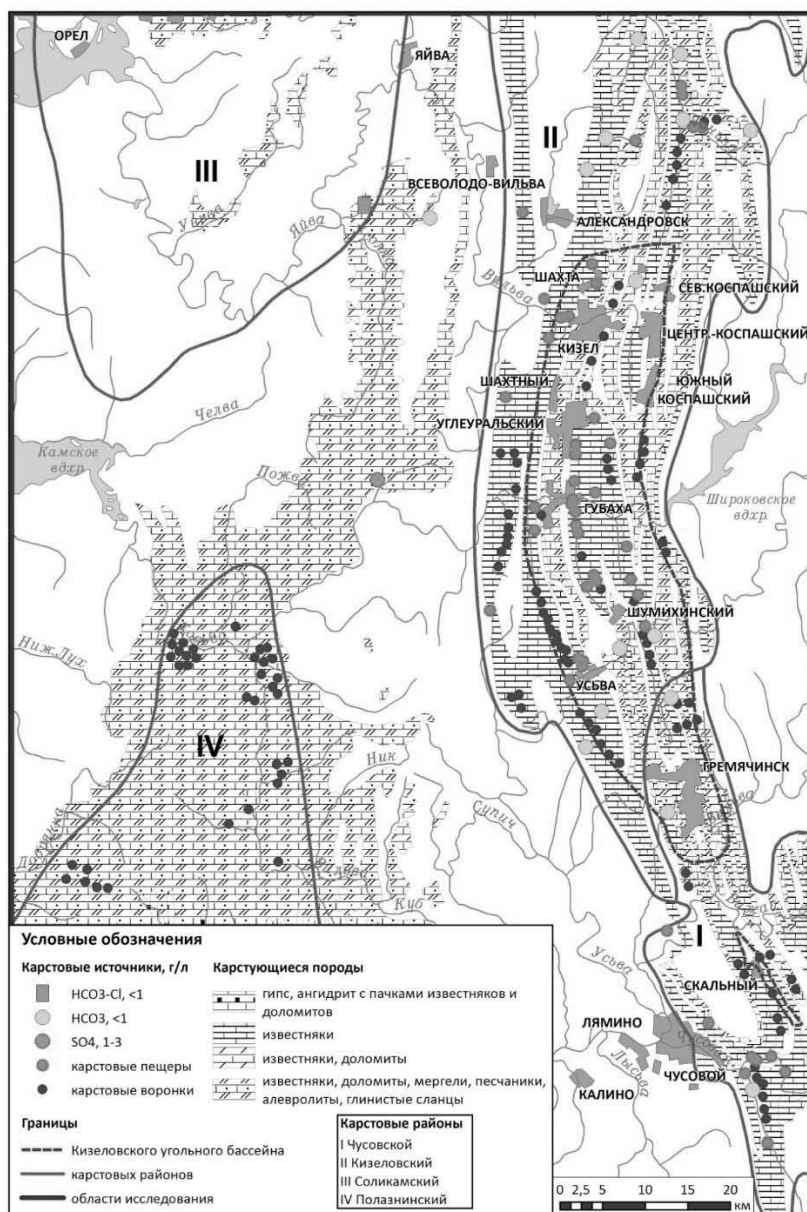


Рисунок 1 – Карст Кизеловского угольного бассейна [4].

Подземный карст здесь представлен крупными полостями, кавернами и порами, а также пещерами (около 30) [1, 9]. Здесь находятся одни из самых глубоких и протяженных пещер Пермского края – Кизеловская (Вишерская) протяженностью 7600 м, Геологов-2 – 4000 м, Российская – 1450 м, Темная – глубиной 132 м. Наиболее известными являются пещеры Сухого Лога. Уникальный карстовый комплекс располагается между поселками

Шумихинский и Юбилейный. На участке находится девять пещер: Новогодняя, Геологов-1, 2, 3, Печка, Ледяная, Ребристая, Безгодовская, Придорожная и два грота – Стрелы и Треугольный. Площадь памятника природы – 0,4 км² [2].

Влияние шахтных вод на карстовые процессы можно наблюдать непосредственно в пещерах. Так, в ряде пещер Кизеловского района (например, Желтый Понор) глыбы, лежащие в русле подземного потока, интенсивно корродированы, покрыты следами-микроформами кислотного выщелачивания. В то же время русла пещерных ручьев, как и на поверхности, зачастую покрыты слоем отложений красноватых оттенков. Многие пещеры и подземные полости, поглощавшие шахтные воды, заполнились железистым осадком и прекратили свое существование как таковые (например, пещера Золотой Каньон).

После закрытия и затопления шахт сформировалась мощная природно-техногенная водоносная система с кислыми шахтными водами, разгружающимися на поверхность и коренным образом меняющими экологическую обстановку. В формировании этой системы значительную роль играет высокая закарстованность региона.

Сложившаяся на данной территории негативная экологическая ситуация, усугубляющаяся высокой степенью проницаемости массива в виду высокой закарстованности и тем самым повышенной техногенной нагрузкой на гидросферу района, оказывает отрицательный социальный и экономический эффект.

Выполненные комплексные исследования, включающие математическое геофильтрационное моделирование [10], позволили разработать мероприятия, снижающие на 40% объемы изливов, в том числе за счет перехвата части поверхностного стока, попадающего в выработанное пространство шахт по закарстованным зонам.

Таким образом, при ведении или проектировании деятельности на закарстованных территориях необходимо учитывать эти особенности и проводить превентивные меры.

Литература

1. Бунина М. В. Карстовые явления в отложениях визейского яруса в пределах полей шахт 6 и 15 КУБа // Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции. Пермь, 1947.
2. Геологические памятники Пермского края: энциклопедия / под общ. ред. И.И. Чайковского. Пермь: Горный институт УрО РАН, 2009. 619 с.
3. Геология СССР Т. XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Ч. I. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ. Кн. 2. М.: Недра, 1969. 304 с.
4. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н. Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь, 1992. 200 с.

5. Гульденбалък В. П. Особенности режима карстовых вод в условиях их дренирования в Кизеловском каменноугольном районе // Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции. Пермь, 1947.
6. Ежов Ю.А. Закарстованность карбонатных толщ Кизеловского каменноугольного бассейна // Тр. Ин-та геологии УФАИ СССР. Свердловск, 1962. Вып. 62.
7. Кузнецова Л. С. Роль некоторых факторов карстообразования на примерах Кизеловского района // Тезисы докладов на совещании по изучению карста (30 янв. – 3 фев. 1956 г.). Региональная секция, подсекция Урала. 1956. Вып. 13. С. 9–11.
8. Максимович Н.Г., Пьянков С.В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения: монография. Пермь, Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2018. 288 с.
9. Родионов Н.В. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 176 с.
10. Рыбников П.А., Рыбникова Л.С., Максимович Н.Г., Деменев А.Д. Исследование гидрогеологических условий угольных месторождений на постэксплуатационном этапе с использованием гидродинамического моделирования (на примере Кизеловского угольного бассейна, Западный Урал, Россия) // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. (3-1). С. 475-487.

УДК: 551.44

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЙ-ПЕТРИНСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ ПАВОДКА В ФЕВРАЛЕ 2018 г.)

Токарев С.В.¹, Амеличев Г.Н.¹, Токарев И.В.²

1 - Учебно-методический научный центр «Институт спелеологии и карстологии» Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия; lks0324@yandex.ru

2 – Ресурсный центр рентгенодифракционных методов исследования Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург; Россия.

Аннотация: Наблюдения на ключевых водопунктах Скельского гидрогеологического узла во время паводка, произошедшего в феврале 2018 г., выявили различную динамику показателей температуры, общей минерализации и изотопного состава ($\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$) вод. Близкие значения этих показателей, наблюдавшиеся во время паводка на Скельском источнике, в пещерах Энтузиастов и Огненный грифон, а также в восточной части Скельской пещеры, с относительно пониженной температурой и содержанием тяжелых изотопов, позволили определить основную область их питания на Центральном плато Ай-Петри. Иная динамика этих показателей в пещере Кирилловской и в западной части пещеры Скельская, с относительно повышенной температурой и содержанием тяжелых изотопов, указывает на преимущественное поступление питания к ним с западной части Ай-Петринского массива. Таким образом делается вывод о том, что пещера Скельская