

Н. Г. Максимович, С. В. Пьянков, О. Ю. Мещерякова, В. Д. Бельтюкова
Естественнонаучный институт и географический ф–т ПГНИУ, Пермь,
E–mail: nmax54@gmail.com, olgam.psu@gmail.com

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ КАРСТОВОГО СУХОДОЛА
ЛАДЕЙНЫЙ ЛОГ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)**

N. Maksimovich, S. P'yankov, O. Meshcheryakova, V. Beltyukova
Institute of Natural Sciences and Faculty of Geography of Perm State University
ECOLOGICAL SITUATION IN THE AREA OF CARST DRY LAND LADEYNI LOG

The article is devoted to the ecological problems of discharge of acid mine water to Ladejnyj Log river, which is located in Kisel coal basin (Perm region). As a result of this pollution of surface and ground waters, soils, bottom sediments of Kos'va river, degradation of plants are happened. The data of chemical analysis of water and bottom sediments of Kos'va river, Ladejnyj Log, Rahmatul'skiy pond, x–ray analysis of waste dumps are given. The methods of improving the environmental situation are examined.

Исчезающие реки и суходолы – явление, широко распространенное в карбонатных и сульфатных отложениях Пермского края. Сухие русла широко представлены на территории Кизеловского карстового района [1,6]. Эта местность характеризуется интенсивным развитием карстовых процессов в карбонатных породах, которые определяют особенности стока поверхностных вод. В естественных условиях поверхностный сток частично или полностью поглощается карстовыми воронками, образуя суходолы на значительных участках долины.

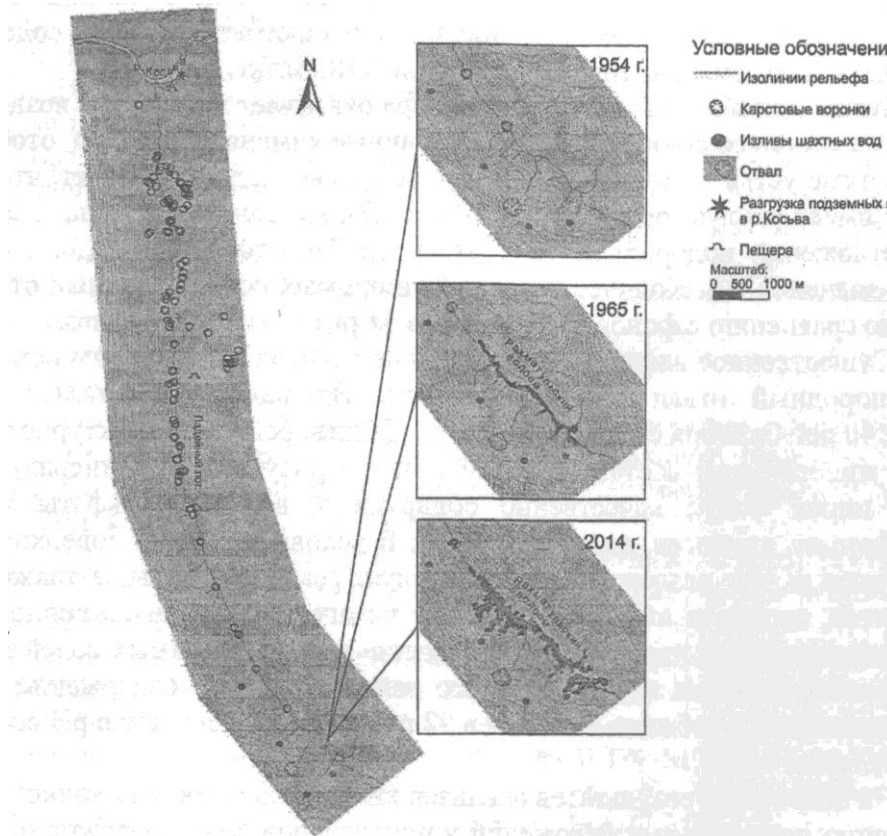
Самым протяженным в Пермском крае карстовым логом-суходолом в известняках является Ладейный Лог, который является особо охраняемым природным ландшафтом [12]. Он растягивается в междуречье рек Косьвы и Усьвы на 12 км и представляет собой сухое русло одноименной реки с разнообразными карстовыми формами рельефа: воронками, котловинами, исчезающими ручьями, а также пещерами. В верхней и средней части Ладейный Лог имеет широкое дно, которое прорезано логами глубиной 20–30 м. Нижняя часть суходола протяженностью около 2 км отличается резким углублением дна и симметричным сужением долины. В устье лога расположена гора Ладейная, представляющая собой известняковые обнажения, которые имеют характер стратотипа. Здесь известно около 30 карстовых пещер, в том числе пещера Российская протяженностью 1450 м и пещера Обвальная (500 м). В Ладейном логоу описано 100 воронок, основная часть которых приурочена к его дну. Плотность воронок составляет 25 на 1 км². Размеры воронок разнообразны: блюдцеобразные имеют 0,75–1 м, конусообразные – от 2 до 18 м и диаметр от 5 до 76 м. В нижней части суходола воронки встречаются на склонах [5].

Район Ладейного Лога приурочен к территории Кизеловского каменноугольного бассейна, в связи с этим на территории суходола имеется ряд экологических проблем [2, 4, 8]. Добыча угля в Кизеловском каменноугольном бассейне (Пермский край) прекращена в 2000 г. К настоящему времени все шахты ликвидированы и затоплены. Несмотря на это, последствия подземной отработки угля продолжают оказывать негативное воздействие на территорию. Одним из наиболее неблагоприятных в этом отношении участков является район шахты им. 40-летия Октября, которая в период эксплуатации была одной из наиболее обводненных. Во время работы шахты вода со штольнего горизонта выходила самотеком на территорию промплощадки, сюда же насосами откачивалась вода с подштольневых горизонтов шахты. Далее все шахтные воды отводились в Рахматульский водоем техногенного происхождения, возникший в карстовом суходоле Ладейный Лог, преимущественно, за счет последствий сброса шахтных вод. В 1997 г. началось затопление шахты водами подштольневых горизонтов. Вода со штольнего горизонта, по-прежнему, самотеком поступает в Рахматульский водоем. В июне 2000 г. затопление выработок шахты достигло своей максимальной отметки, и шахтные воды вышли на поверхность [3].

Сброс неочищенных шахтных вод и изливов существенно изменил гидрологический и гидрохимический режимы реки. В результате взаимодействия с карбонатными породами и смешивания кислых шахтных вод с нейтральными природными происходит осаждение гидроокислов железа и алюминия на дне Рахматульского водоема на щелочном геохимическом барьере. Образование осадка вызвало закупорку карстовых каналов и формирование водоема протяженностью около 1,7 км. В настоящее время, на северо-западном окончании водоема, избыток воды переливается из него и течет по дну карстового лога в направлении р. Косьвы. Через 1,2 км вода поглощается воронкой мощной карстовой системы Ладейного Лога и на протяжении более 10 км осуществляется подземный сток. Зона ниже участка живого стока характеризуется сохранением естественного

режима и представляет собой суходол. Разгрузка вод карстовой системы, в свою очередь, происходит в р. Косьву [9, 11, 13].

Вследствие накопления осадка в карстовых воронках и непрерывного поступления кислых шахтных вод самоизлива объем Рахматульского техногенного водоема с течением времени возрос, что видно при сравнении карт 1954 г., 1965 г. и космоснимка 2014 г. (рис. 1). В настоящее время площадь водоема остается относительно постоянной и составляет около 31,2 га, незначительные изменения площади отмечены в периоды весеннего снеготаяния и обильных дождей.



Ладейный лог
а – на карте 1954 г, б – на карте 1965 г, в – на космоснимке 2014 г.

В результате сброса шахтных вод существенно изменился и гидрохимический режим реки Ладейный Лог. По данным химических анализов естественный состав воды в реке гидрокарбонатно-кальциевый, с минерализацией 95 мг/л, реакция среды слабощелочная, рН составляет 7,9. На участке сброса шахтных вод минерализация увеличивается до значений 482–643 мг/л. Состав воды становится сульфатно-железисто-кальциевым, содержание сульфатов в 68–100 раз превышает санитарно-токсикологический норматив по общему железу. Водородный показатель имеет значения 2,9–3,1. На участке лога ниже карстовой воронки, поглощающей кислую воду, вода в ручьях характеризуется как ультрапресная, с минерализацией 47–64 мг/л, водородный показатель находится в пределах 5,0–6,3.

В 1,2 км выше устья Ладейный Лога по дну протекает ручей, в формировании химического состава которого принимают участие стоки с отвалов шахты Новая, расположенной на левом борту лога. Данные химического анализа водной вытяжки из грунтов отвала показывают, что они обладают высокой химической активностью. Рентгеноструктурным анализом в них обнаружено высокое содержание пирита, ярозита, гипса и некоторых других неустойчивых минералов. Стоки с отвала имеют сильноокислую реакцию среды (рН 2,8) с высоким содержанием железа – 45 мг/л и алюминия – 82 мг/л.

Опробование источника в месте разгрузки шахтных вод в р. Косьве показывает, что процесс нейтрализации при контакте кислой воды с карбонатными породами идет медленно, скорее всего, из-за покрытия поверхности карбонатов гидрооксидами железа. Вода имеет сильноокислую реакцию среды (рН 3,8). Минерализация воды составляет 2,6 г/л, а концентрация железа в 10 раз превышает санитарно-токсикологический норматив.

В результате сброса кислых шахтных вод в р. Ладейный Лог существенному загрязнению подвержены грунты прирусловой зоны, что связано с выпадением осадка и непосредственным воздействием вод на грунты.

Данные химического анализа водной вытяжки показывают, что на участке до исчезновения стока в карстовой воронке, содержание водорастворимых солей в грунтах изменяется от 4681 до 1185 мг/кг.

Излив вод шахтой им. 40 лет Октября оказывает негативное воздействие на р. Косьву, а также на состав ее донных отложений. Данные химанализов воды, отобранной 0,1 км выше и 0,5 км ниже устья источника разгрузки карстовых вод, показывает, что ниже источника вода в реке имеет кислую реакцию среды (рН 4,2). По данным химанализа водной вытяжки донных отложений водородный показатель пробы, отобранной 0,5 км ниже Ладейного лога, имеет значение 3,8. Количество водорастворимых солей в донных отложениях ниже источника по сравнению с фоновым возросло в 11 раз.

Существенное влияние на загрязнение грунтов подземных и поверхностных вод оказывает породный отвал в районе шахты. Площади зон интенсивного влияния отвала ш. им. 40 лет Октября составляет 20,2 га. Данные рентгеноструктурного анализа показывают, что в минеральном составе грунтов отвала присутствуют минералы: ярозит – 5%, гипс – 0,1%; пирит – 3%; качественно обнаружены водные сульфаты железа и алюминия–галлотрихит, алуноген, пиккерингит [7]. В условиях земной поверхности эти минералы неустойчивы и при разложении дают кислую реакцию среды, а также большое количество сульфатов, железа и алюминия. Данные химических анализов водной вытяжки из грунтов отвала показывают, что среднее содержание водорастворимых солей в 15 раз выше фонового, характерного для грунтов данного района. Среднее содержание сульфатов превышает фоновое в 82 раза, общего железа – в 92 раза. Среднее значение рН составляет 3,1 при фоновом значении 6,2.

На основании результатов анализов химического состава водной вытяжки и по распространению лимонитовых отложений в прирусловой зоне подсчитано, что площадь территории загрязненной водосбором шахты им. 40 лет Октября составляет 57,4 га.

Карстовые полости в карбонатных породах в результате движения по ним кислых шахтных вод постепенно заполняются выпадающим осадком, что приводит к увеличению площади водоема и существенному изменению гидродинамики района. Дальнейшее накопление осадка в карстовых полостях может непредсказуемыми последствиями: увеличение площади водоема с последующим уничтожением уникальных памятников природы, карстовых ландшафтов, пещер.

Стоит отметить, что стоки кислых минерализованных вод с отвалов, формирующихся при взаимодействии атмосферных осадков с породами, вносят определенный вклад в загрязнение поверхностных и подземных вод района. Такие стоки ведут к деградации растительности в зоне влияния отвала. Для очистки стоков могут применяться достаточно простые технологии с использованием щелочных отходов [10].

Сброс шахтных вод в долины рек приводит к выпадению железистого осадка и загрязнению грунтов на участках стока, а также донных отложений реки Косьвы. Грунты приобретают кислую реакцию, в них содержится большое количество водорастворимых соединений, что ведет к деградации растительности.

Существующие проблемы требуют детального изучения и поиска экономически выгодного способа очистки кислых шахтных вод. Таким способом может стать очистка с помощью щелочных отходов содового производства, миллионы тонн которых накоплены в шламонакопителях ОАО «Березниковский содовый завод» [10]. Отходы представляют собой мелкодисперсный известняк, безопасный и распространенный в природе, который не требует специальной подготовки и дополнительных инвестиций.

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ 16–35–00104 мол_а «Миграция углеводов при фильтрационно-диффузионном переносе в карстовых районах» и со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания №2014/153 № 269 в сфере научной деятельности.

Библиографический список

1. Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П., Максимович Н. Г. Карст и пещеры Пермской области // Пермь: Изд-во Перм. Ун-та, 1992. 200 с.
2. Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Андрейчук В. Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.– Пермь, 1990.–44с.
3. Имайкина А. К. Предложения по исключению загрязнения р. Усьвы кислыми водами бывшей шахты им 40–летия октября и уменьшению загрязнения подземных вод в районе данной шахты // мат. Всерос. конф. по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». Ярославский государственный университет, Ярославль, 2006. С. 77–80
4. Катаев В. Н., Максимович Н. Г., Блинов С. М. Загрязнение карстовых вод Кизеловского угольного бассейна // География и природные ресурсы. 1995. № 1. С. 57–60.
5. Кротова В. А. Карстовые формы рельефа // Ученые записки. Геология и география. Вып. 2. Т. 10.

Изд-во Харьковского госуниверситета, Харьков, 1956.

6. *Максимович Г. А.* Основы карстования. Вопросы гидрогеологии карста, реки и озера карстовых районов, карст мела, гидротермокарст // Пермь: Пермское книжное изд-во, 1969. Т. 2. 530 с.

7. *Максимович Н. Г.* Геохимия угольных месторождений и окружающая среда // Вестник Перм. ун-та. Пермь, 1997. Вып. 4. Геология. С. 171–185.

8. *Максимович Н. Г.* Пути решения экологических проблем, связанных с развитием карста в угледобывающих районах // Карстование – XXI век: теоретическое и практическое значение: мат. междунар. симпоз. Пермь, 2004. С. 307–312.

9. *Максимович Н. Г.* Использование геохимических барьеров для очистки изливов кислых вод Кизеловского угольного бассейна // Инженерная геология. 2011, сентябрь. С. 20–25.

10. *Максимович Н. Г., Басов В. Н., Холостое С. Б.* Способ нейтрализации кислых шахтных вод и установка для его осуществления / Патент на изобретение № 2293063 РФ: МПК С 02 F 1/66; заявитель и патентообладатель ФГНУ «Естественнонаучный институт». № 2005106659/15; заявл. 14.03.2005; опубл. 10.02.07, Бюл. «Изобретения. Полезные модели». № 4. С. 350.

11. *Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А.* Геохимические барьеры и охрана окружающей среды: учеб. пособие // Перм. гос. Ун-т. Пермь, 2011. 248с

12. *Особо охраняемые природные территории Пермской области: реестр / Отв.ред. Овеснов С. А.. // Пермь: «Книжный мир». 2002. С. 463.*

13. *Maximovich K, Khayrulina E.* Artificial geochemical barriers for environmental improvement in a coal basin region // Environmental Earth Sciences. 2014. № 72.