

Проведенные испытания по очистке сточных вод ЦБП от лигносульфонатов и серосодержащих соединений позволили обосновать выбор коагулянта и флокулянта и определить оптимальные условия проведения процесса: коагулянт – железный купорос, оптимальная доза по товарному продукту в зависимости от исходного показателя ХПК сточной воды – 1,2-1,5 г/дм³, флокулянт – катионный флокулянт Праестол-810, доза флокулянта – 1,0-1,5 мг/ дм³, рН – 8,5-9,0.

Предварительная реагентная обработка сточных вод в установленном режиме позволит на 60-70% снизить ХПК сточной воды, удалить на 80-90% гидросульфид-ионы и повысить качество очистки воды на биологических очистных сооружениях и, соответственно, значительно снизить экологическую нагрузку на водные объекты.

Библиографический список

1. Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. Л.: Химия, 1977. 464 с.
2. Богомолов Б.Д. Сапожницкий С.А. и др. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков. М.: Лесная промышленность, 1989. 360 с.
3. Пат. 2165892 РФ Способ очистки сточных вод от сульфидов / Быковский Н.А., Быковская Л.Н., Шулаев Н.С., Абрамов В.Ф., Рыскулов Р.Г. // Заявка №99122118/12; заявл. 20.10.1999.
4. Седова Е.Л., Воронцов К.Б. Коагуляционно-адсорбционная очистка лигнинсодержащих сточных вод [Электронный ресурс] // 2014. №7. URL:<http://nauka-rastudent.ru/7/1946/>.
5. Чалакова Е.С. Эффективность использования флокулянтов различных типов после коагуляционной очистки лигнинсодержащих сточных вод // Инновационные технологии в науке и образовании: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. № 4 (4). С.34-36.

УДК 504.54:556

О.А. Березина, Н.Г. Максимович, А.М. Сединин
berezina.olga16@gmail.com, nmax@psu.ru, sedinin_alexey@mail.ru
Естественнаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, г. Пермь

ВЛИЯНИЕ ЛИКВИДИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА БАССЕЙН р. ЯЙВЫ*

Ликвидация угольных шахт обычно связана с целым рядом экологических проблем, одна из них – негативное влияние на речную сеть района. Приводится гидроэкологическая характеристика состояния бассейна р.Яйва, расположенного на территории Кизеловского угольного бассейна (КУБ). Являясь наиболее типичным для данного района, он был выбран

© Березина О.А., Максимович Н.Г., Сединин А.М., 2019

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-45-590703

как модельный объект для отработки алгоритмов исследования, что позволит применить их для других рек, протекающих по территории КУБа. Выявлены основные негативные последствия техногенного воздействия на водотоки бассейна р.Яйва.

Ключевые слова: угольный бассейн, кислые шахтные воды, стоки с отвалов, техногенные донные отложения, нейтрализация кислых вод.

O.A. Berezina, N.G. Maksimovich, A.M. Sedinin
berezina.olgal6@gmail.com, nmax@psu.ru, sedinin_alexey@mail.ru
Institute of Natural Science of Perm State University, Perm

INFLUENCE OF CLOSED COAL INDUSTRY ON THE BASIN OF YAYVA RIVER

Coal mines closure is usually associated with a list of environmental problems and one of them is their negative impact on a region's river system. Hydroecological features of the Yaiva river basin located on the Kizel coal basin territory have been assessed. This river basin is typical for the Kizel coal basin territory that is why it has been taken as a model to verify the research algorithms. Further these algorithms will be applied for the investigation of other rivers running the Kizel coal basin territory. The main negative consequences of technogenic impact on waterways of the basin of the Yayva River are revealed.

Keywords: coal basin, acid mine water, technogenic bottom deposits, neutralization of acid waters.

Введение

Кизеловский угольный бассейн (КУБ), расположенный на востоке Пермского края (Россия), разрабатывался длительное время (более 200 лет), добыча велась в разные годы на 17 основных шахтах. Территория КУБа отличается сложными горно-геологическими условиями, обусловленными высокой обводненностью и интенсивной закарстованностью пород, а также высоким содержанием сульфидной серы в углях [1;2]. Прекращение работы шахт в 90-е гг. XX в. повлекло за собой ряд экологических проблем, основными из которых являются изливы кислых шахтных вод. Эти факторы обеспечили условия для интенсивного загрязнения окружающей среды как при разработке месторождения, так и после её прекращения. При содержании пирита более 4 % и вследствие его окисления воды приобретают кислую реакцию (рН 2–3) и сульфатный состав. Сульфатные железисто-алюминиевые, натриево-кальциевые воды имеют минерализацию 2,5-19 г/л. При работе бассейна шахтные воды объемом до 100 млн м³ без очистки сбрасывались в местную гидрологическую сеть. Реки до сброса в них шахтных вод имели гидрокарбонатно-кальциево-натриевую гидрохимическую фацию, минерализацию 90-150 мг/л и близкую к нейтральной реакцию среды [2].

Ликвидация шахт в период 1990-х гг. не решила экологических проблем [11]. Откачка кислых шахтных вод на поверхность была прекращена. Шахтные воды затопленных горных выработок смешивались с подземными водами и сформировали техногенные водоносные горизонты мощностью 25-30 м [4]. После восстановления уровня подземных вод в течение нескольких лет сформировались изливы шахтных вод. По данным некоторых авторов качество

воды изливов на протяжении 20-40 лет может как улучшаться, так и оставаться неизменным [10].

Территория КУБа находится в районе стока рек западного Урала, относящихся к бассейну р. Кама (Камское водохранилище). Все они подвержены интенсивному влиянию КУБа. В настоящее время существует 18 участков изливов шахтных вод на поверхность. Влиянию от деятельности угольной промышленности подвержен бассейн р. Яйва, на примере которого проведено исследование (рис 1).

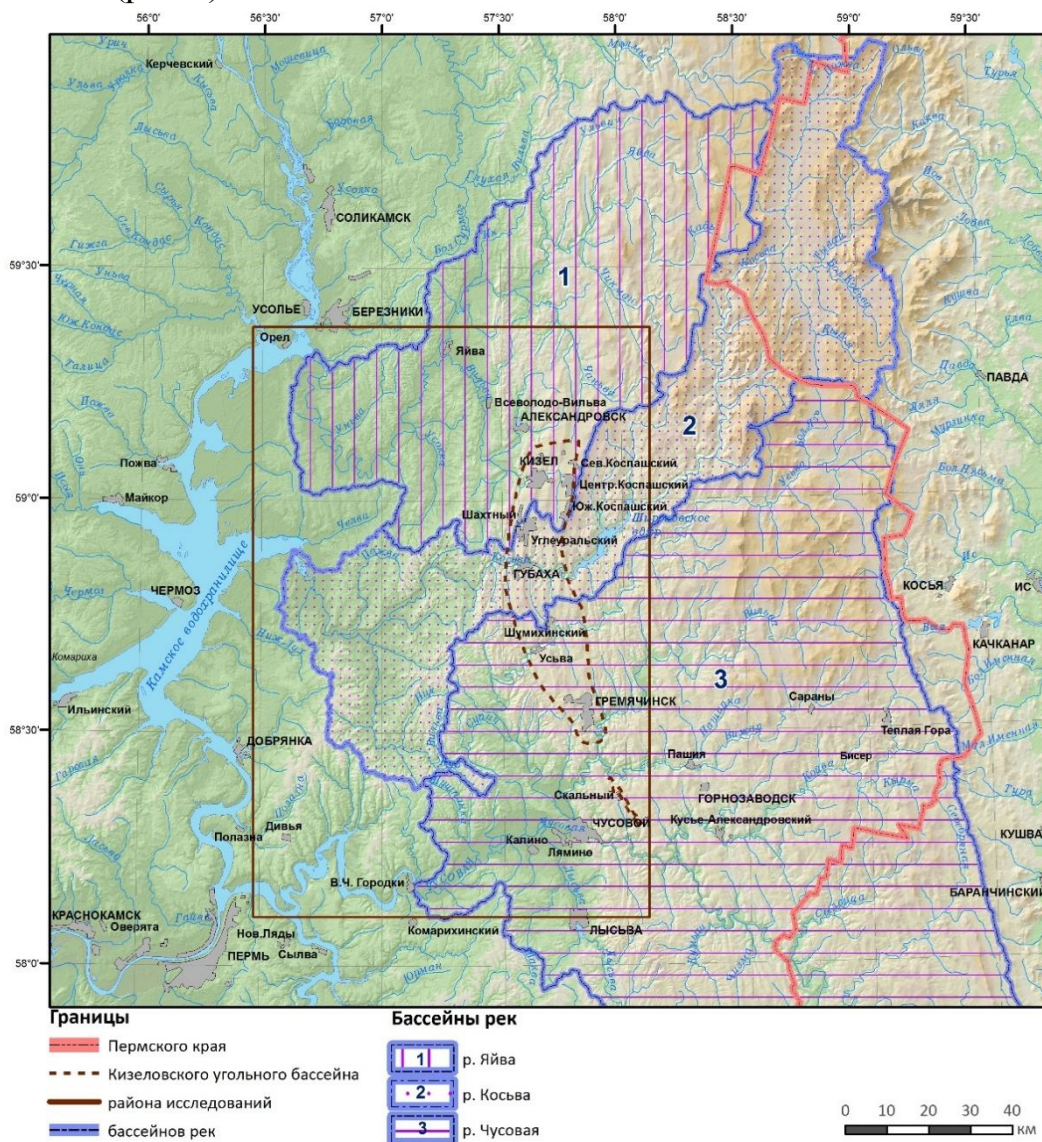


Рис. 1. Поверхностные воды Кизеловского угольного бассейна

Материалы и методы исследования

Река Яйва берет начало в горах Северного Урала (хр. Кваркуш), впадает в Камское водохранилище на 879 км от устья, образуя Яйвинский залив [8]. Большая часть бассейна р. Яйва находится за пределами территории Кизеловского угольного бассейна, в его пределах расположена только юго-восточная часть водосбора р. Яйвы. В непосредственной близости к ранее разрабатываемому месторождению протекает р. Сев. Вильва, которая является притоком 1 порядка р. Яйва. Практически все источники загрязнения, связанные

с добычей угля, расположены на водосборе правого притока р. Сев. Вильва – р. Бол. Кизел. Она и ее притоки вследствие длительного влияния на них шахтных вод являются загрязненными. Среди притоков р. Бол. Кизел только на водосборе р. Сев. Кизел отсутствуют источники загрязнения, поэтому наблюдения за гидрохимическим составом ее вод не выполняются. Загрязненные воды р. Бол. Кизел оказывают негативное воздействие на р. Сев. Вильва, в которую впадают.

На водосборе р. Яйва присутствуют три основных источника загрязнения поверхностных вод: изливы шахтных вод, загрязненные родники и стоки с породных отвалов. В бассейне этой реки закартированы 7 самоизливов шахтных вод, 13 родников (из которых 7 загрязнены), 24 породных отвалов (рис. 2).

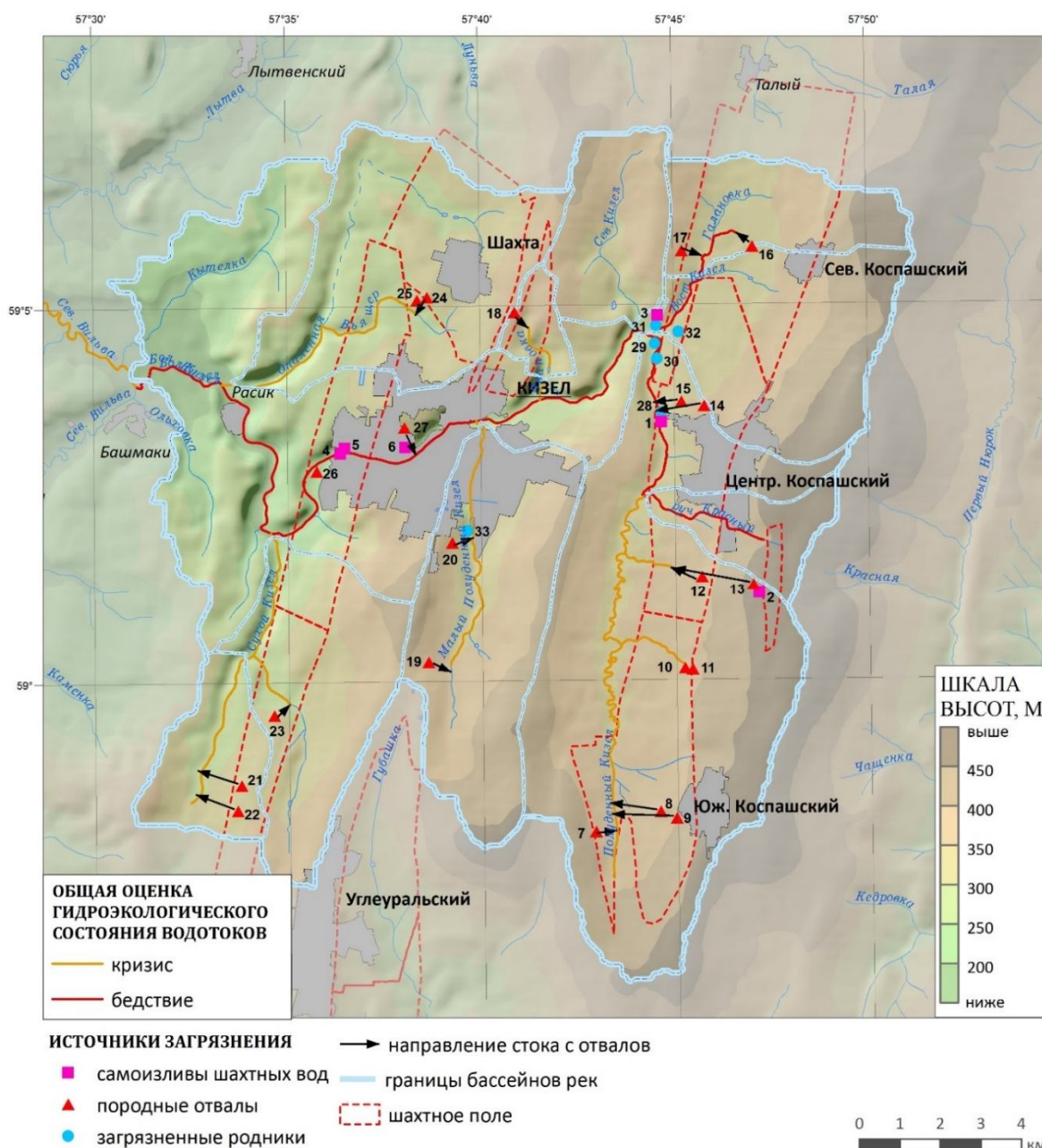


Рис. 2. Источники загрязнения поверхностных вод в бассейне р. Бол. Кизел

Системой мониторинга поверхностных вод Кизеловского угольного бассейна, проводимого «Уральским центром социально-экологического мониторинга углепромышленных территорий», предусмотрены регулярные наблюдения за составом вод р. Яйва на всём ее протяжении. Результаты исследований свидетельствуют о наличии негативного влияния КУБа на воды р. Яйвы и ее притоков, которое прослеживается вплоть до впадения в Камское водохранилище. Для оценки качества вод был рассчитан удельный комбинаторный индекс загрязненности (УК ИЗВ) воды по действующему руководящему документу [9]. На основе значений УК ИЗВ поверхностные воды делятся на 5 классов в зависимости от их загрязненности. Большей степени загрязненности комплексом загрязняющих веществ соответствует больший номер класса.

Результаты и их обсуждение

По результатам расчёта УК ИЗВ за 2013 г. по 14 компонентам (рис. 2) степень загрязненности воды в анализируемых створах колебалась от грязной (4 класс «а») до слабозагрязненной. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят соединения железа, алюминия, бериллия, лития, марганца, что относит их к критическим показателям загрязненности воды этих водных объектов. На рисунке 3 приведены максимальные превышения ПДК_{рх} в наблюдательных створах с 2005 г.

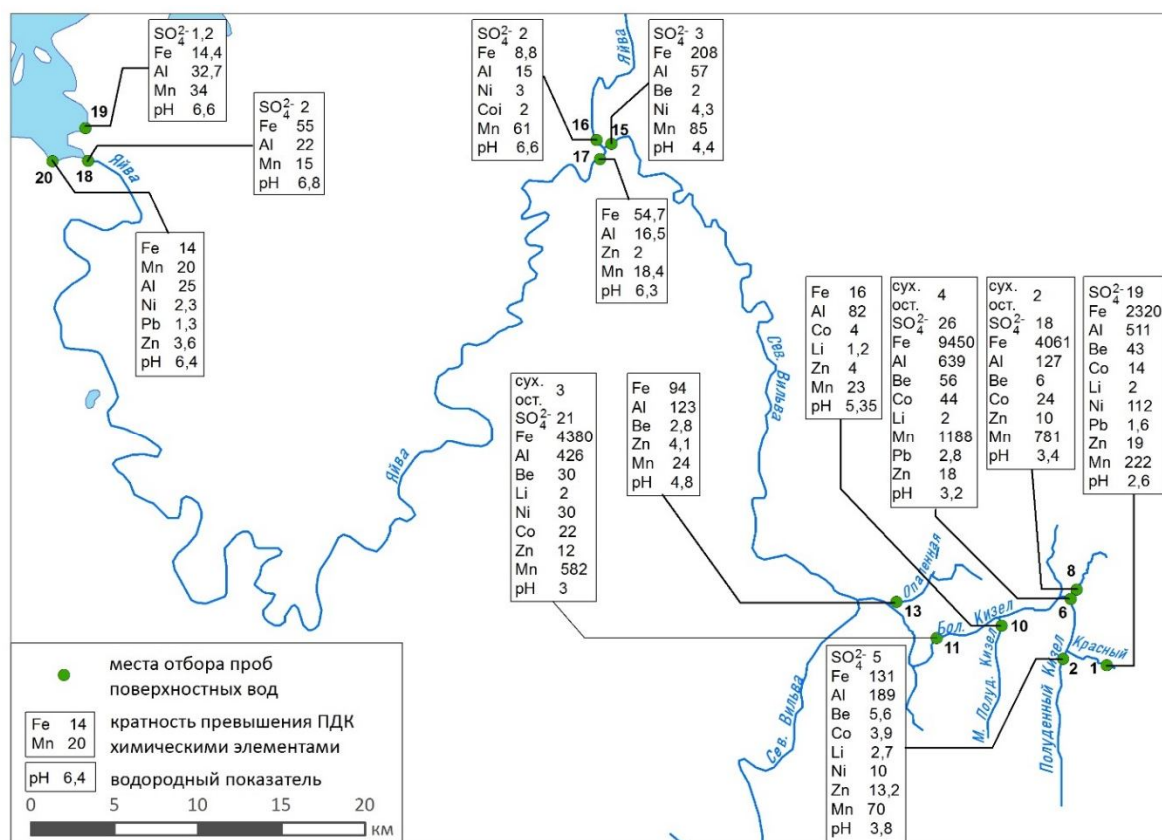


Рис. 3. Схема гидрохимического опробования рек бассейна р. Яйвы после закрытия шахт и его основные результаты

Максимальные превышения ПДК_{рх} наблюдаются в р. Полуденный Кизел: Fe – 3150, Al – 51, Be – 84, Mn – 118. Из чего можно сделать вывод, что загрязнение поверхностных вод происходит по цепочке рек: Полуденный Кизел, Б. Кизел, С. Вильва, Яйва, вплоть до Камского водохранилища. Особое внимание стоит уделить бассейну р. Б. Кизел, на территории которого располагается основная часть источников загрязнения.

Река Бол. Кизел начинается от места слияния рек Полуденный Кизел и Вост. Кизел. Ее протяженность р. Бол. Кизел от места впадения р. Полуденный Кизел и до устья составляет около 20 км. На своем пути река принимает воды семи малых рек, из которых только одна (р. Сев. Кизел) не испытывает техногенной нагрузки от разработки Кизеловского угольного месторождения. Притоки приносят в р. Бол. Кизел огромное количество загрязнителей. Кроме того, сама р. Бол. Кизел находится под воздействием кислых стоков с породных отвалов и изливов шахтных вод. На всем протяжении русло р. Бол. Кизел каменистое и покрыто техногенным осадком [5].

Для составления характеристики источников загрязнения, влияющих на р. Бол. Кизел и его притоков, проанализированы данные по изливам шахтных вод и стокам с породных отвалов. Основные характеристики изливов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Объемы изливов шахтных вод в р. Бол. Кизел и его притоки

<i>Место излива шахтной воды</i>	<i>Река</i>	<i>Средний расход, м³/час</i>	<i>Максимальный расход, м³/час</i>	<i>Минимальный расход, м³/час</i>
Вспом. ствол шахты им. Ленина	Бол. Кизел	21,2	86,0	5,0
Ствол 8 шахты им. Ленина	Бол. Кизел	268,0	587,0	94,0
Штольня шахты им. Володарского	Бол. Кизел	13,4	40,0	1,0
Шурф 2-бис шахты Коспашская	Полуденный Кизел и руч. Красный	165,5	337,0	42
Шурф 63 шахты Белый Спой	р. Полуденный Кизел и руч. Красный	59,7	147,0	22,0
Итого		527,8	1197	164

Суммарный объем шахтных вод, изливающихся непосредственно в р. Бол. Кизел (не считая водосбора притоков) в среднем составляет 302 м³/час, при этом 89 % загрязненных шахтных вод изливаются из ствола 8 шахты им. Ленина. Максимальный зафиксированный расход излива на этой шахте измеряется значительной величиной – 587 м³/час.

Для изливающихся на поверхность шахтных вод характерна кислая реакция среды (рН 3 – 4), сульфатный состав, чрезвычайно высокие

концентрации ряда микроэлементов, прежде всего железа, алюминия, марганца, бериллия, содержание которых превышает ПДК_{хп} в сотни и тысячи раз.

В среднем за год непосредственно в р. Бол. Кизел (не считая загрязненных притоков) поступает почти 15300 т сульфатов, 6000 т железа, 400 т алюминия, 57 тонн марганца; количество других загрязнителей значительно меньше (рис. 4).

Наблюдения за объемом и составом сточных вод, стекающих с породных отвалов проводятся на 15 точках. Максимальные величины объема стоков с отвалов наблюдаются на шахтах им. Володарского и Коспашская, составляют 20 и 22 м³/час соответственно. Приведенные данные свидетельствуют о больших объемах сточных вод, поступающих в р. Бол. Кизел.

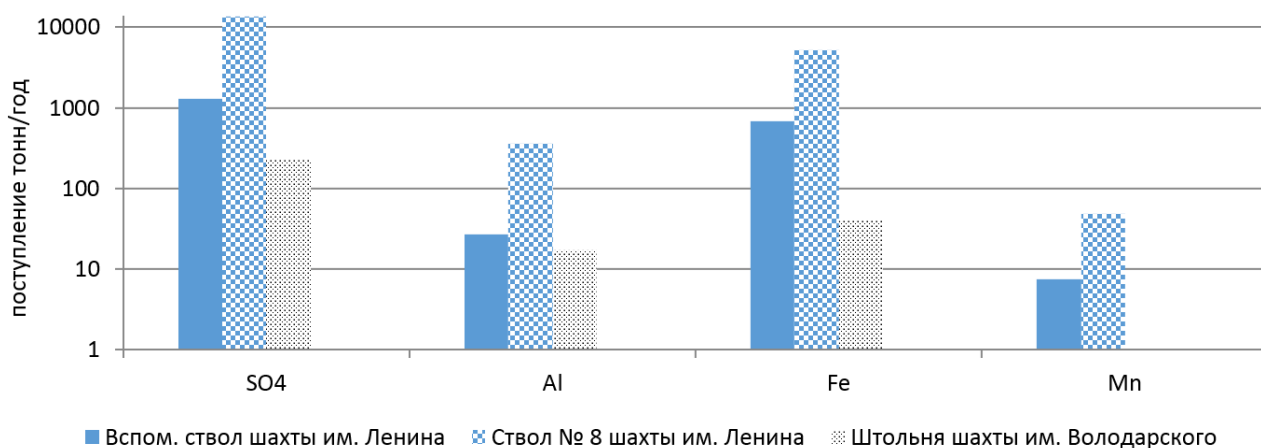


Рис. 4. Поступление загрязнителей с изливами на водосбор р. Бол. Кизел (без учета притоков)

Стоки с отвалов характеризуются очень высоким содержанием загрязняющих веществ и кислой реакцией среды (рН меньше 3). В результате инфильтрации атмосферных осадков из породных отвалов в больших концентрациях в воды поступает железо, алюминий, бериллий и марганец. Их содержание в сточных водах с отвалов превышает ПДК_{хп} в сотни и тысячи раз, что приводит к деградации ландшафтов. В меньшем количестве, но также повсеместно, обнаруживаются тяжелые металлы (кадмий, кобальт, никель). Эпизодически в пробах воды с отвалов встречаются свинец и цинк, превышение по которым составляет от 2 до 70 ПДК_{хп}.

Наибольшей степенью загрязненности отличаются стоки с конусного и плоского отвалов шахты Коспашская. В стоках с конусного отвала содержание основных загрязнителей шахтных вод измеряется огромными величинами: железо – 2083 - 6157 ПДК_{хп}, алюминий – 5245 – 10955 ПДК_{хп}, марганец – 250 – 880 ПДК_{хп}, показатель рН – стабильно менее 3,0.

Особый интерес представляет пруд на р. Кизел, который существовал долгое время. Площадь около 30 га. В настоящее время пруд спущен, однако, за долгие годы накопился мощный слой осадков (около 1,2 млн. м³). На этом участке 2-километровый участок русла р. Бол.Кизел проходит сквозь толщу техногенных осадков, которые являются потенциальным источником экологической опасности для окружающей среды.

Таким образом, основная река рассматриваемого бассейна – р. Яйва испытывает воздействие источников загрязнения, размещенных на ее водосборе, несмотря на то, что эти источники удалены на десятки километров и ограничены местными водоразделами. Негативное влияние их осуществляется через приток – р. Сев. Вильва, в которую впадают загрязненные воды р. Бол. Кизел. Изменение цвета вод р. Сев. Вильва после впадения в неё р. Бол. Кизел отлично видно на рисунке ниже.

Ниже места впадения р. Сев. Вильва концентрации железа, алюминия, марганца закономерно возрастают. В устьевой части р. Яйва их количество снижается, но не достигает уровня фоновых створов (выше устья р. Сев. Вильва) и остается выше ПДК_{рх}. Многолетняя динамика содержания железа, алюминия, марганца не позволяет сделать вывода об улучшении качества вод р. Яйва.

Выводы

Таким образом, реки, протекающие по территории КУБа существенно изменяют свой облик. Трансформируется химический состав речных вод. Основную роль в питании, особенно малых рек, занимают воды шахтных изливов. Донные отложения многих рек и прудов представляют собой техногенные осадки, имеющие кислую реакцию среды и большое количество железа, алюминия, сульфатов и тяжёлых металлов, в результате чего они являются источниками вторичного загрязнения. В таких условиях биотические компоненты рек на отдельных участках практически отсутствуют или находятся в крайне угнетённом состоянии. Можно говорить, что реки полностью теряют свой природный облик и представляют собой новые техногенные образования.

В настоящее время разрабатываются мероприятия по улучшению ситуации на основе искусственных геохимических барьеров [3; 7]. Их реализация позволит снизить техногенную нагрузку на речные системы КУБа.

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / под общ. ред. А. М. Тартаковского. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2012. 124 с.
2. 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.
3. Максимович Н.Г., Хайрулина Е.А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды: учеб. пособие. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. 248 с.
4. Имайкин А.К., Имайкин К.К. Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений. Пермь, 2013. 112 с.
5. Красавин А.П., Сафин Р.Т. Экологическая реабилитация углепромышленных территорий Кизеловского бассейна в связи с закрытием шахт. Пермь: ИПК Звезда, 2005. 278 с.
6. Максимович Н.Г. Создание геохимических барьеров для очистки кислых стоков породных отвалов // Уголь. 2006. №9(965). С. 64-65.

7. *Максимович Н.Г., Пьянков С.В.* Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения: монография. Пермь, 2018. 288 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Л.: Гидрометеиздат, 1963 и 1975. Т. 11. Вып.1
9. Руководящий документ 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 49 с.
10. *Demchak J., Skosen J., McDonald L.* Distribution and behavior of heavy metals in a river polluted by acid mine drainage in the Dabaoshan mine area, China // J Enviorn. Qual., 2004, 33(2), Pp. 656-668.
11. *Maksimovich N., Pyankov S., Khayrulina E.* Environmental assessment of closed coal mine territory using GIS analysis // Mine Water and Circular Economy, IMWA 2017. Lappeenranta, Finland, 2017. Pp. 212-217.