

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, ОБУСЛОВЛЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРАХ

О. В. Елохина, В. А. Елохин

Evaluation of surface water pollution, conditioned upon the placement of waste placement in depleted pits

O. V. Elokhina, V. A. Elokhin

Examined places: cinder dump, that is located on a high rock-defended coast of Pyshma river 250 m away from the river slope in the region of Sukhoy Log and waste deposit of solid industrial wastes that is located in depleted pit on the section of organized discharge of waste waters by the companies on the left coast of Iset river in Kamensk-Uralskiy. The purpose of the research was determining the level of impact of industrial wastes that are placed in depleted pits on the quality of surface waters. Main methods of researches were: field hydrochemical sampling and laboratory investigation of received results of laboratory investigations of collected water samples. In 2013 hydrochemical sampling of surface waters (8 samples were collected) in the storage area of slag dump was done in 2 spots: site 1 (100 m above the Eighteen water samples were selected for the purpose of studying the quality of surface and discharge waters and detecting the level of influence of discharged water on the quality of water in Iset river, which includes: 9 samples of waste-waters from series 1-3, three samples were taken from the pit and six samples from the Iset river - above and below of the disposal. In order to determine the level of influence of waste dump on the quality of water in the Pyshma river and solid industrial waste disposal site on the quality of water in Iset river accumulation factors were estimated. Estimations showed that the researched facilities in various degree influence the quality of surface waters. Received results of environmental monitoring should become the basis of data support for preparation and managerial decision making. A conclusion on the necessity of conducting further environmental monitoring was made.

Keywords: pit; surface waters; pollution; monitoring.

Исследуемые объекты – шлаковый отвал, расположенный на высоком берегу р. Пышмы в 250 м от ее уреза в районе г. Сухой Лог, и свалка твердых промышленных отходов, расположенная в отработанном карьере на участке организованного выпуска на рельеф сточных вод предприятий на левом берегу р. Исеть в городе Каменск-Уральский. Целью исследований являлось определение степени влияния промышленных отходов, размещенных в отработанных карьерах, на качество поверхностных вод. Основными методами исследований являлись полевое гидрохимическое опробование и камеральная обработка полученных результатов лабораторных исследований отобранных проб воды. В 2013 г. гидрохимическое опробование поверхностных вод (отобрано 8 проб) в районе размещения шлакового отвала выполнено в 2 точках: створ 1 (100 м выше устья Лиственного Лога), створ 2 (500 м ниже устья Лиственного Лога). С целью изучения качества поверхностных и сточных вод и выявления степени влияния сбрасываемых вод на качество воды в реке Исеть отобраны восемнадцать проб воды, в том числе: 9 проб сточных вод из выпусков 1–3, три пробы взяты из карьера и шесть проб из реки Исеть – выше и ниже сброса. Для определения степени влияния шлакового отвала на качество воды в р. Пышме и свалки твердых промышленных отходов на качество воды в р. Исеть рассчитаны коэффициенты накопления элементов. Расчеты показали, что изучаемые объекты в разной степени влияют на качество поверхностных вод. Полученные результаты экологического мониторинга должны стать основой информационного обеспечения подготовки и принятия управленческих решений. Сделан вывод о необходимости дальнейшего ведения экологического мониторинга окружающей среды

Ключевые слова: карьер; поверхностные воды; загрязнение; мониторинг.

Отработанные карьеры на Урале, как правило, заполняются отходами производства. Разные технико-экономические условия, в которых происходило превращение карьеров в полигоны складирования отходов производства, определяют различную степень их экологической безопасности. Особое место в этом ряду занимают карьеры, в которых накопленные отходы подвергаются вторичной переработке, сопровождаемой выработкой дисперсного минерального вещества и его аэрогенным распространением. Именно к таким относится один из изучаемых объектов, который расположен на высоком берегу р. Пышмы, являющейся основной водной артерией района, в 250 м от уреза реки, в г. Сухой Лог. В отработанном щебеночном карьере глубиной 10–20 м, расположенном на карбонатных породах, с 1974 г. складировались промышленные отходы IV класса опасности, образующиеся в процессе производства вторичных сплавов. В районе г. Сухого Лога долина р. Пышмы имеет каньонно-образную форму шириной до 150 м со скальными выходами известняков. Здесь выделяются первая и вторая надпойменные террасы, расчлененные глубокими сухими короткими логами временных потоков. Отвал шлаков расположен на местном водоразделе между р. Пышмой и глубоко врезанным урочищем Лиственный Лог. Севернее и северо-восточнее отвала шлаков также имеется лог, открывающийся в сторону Лиственного.

Река Пышма является местным базисом эрозии. В районе отвала высота берегового обрыва составляет 40–41 м, что обуславливает значительную мощность зоны аэрации прилегающей территории. Гидрохимическое опробование поверхностных вод (ГОСТ Р 51592–2000. Вода. Общие требования к отбору проб; ГОСТ 17.1.1.03–86. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований; ГОСТ 17.1.3.07–82; ГОСТ 17.1.3.08–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля) выполнялось в двух точках: створ 1 (100 м выше устья Лиственного Лога), створ 2 (500 м ниже устья Лиственного Лога) и осуществлялось в соответствии с требованиями [1, 2].

В мае 2015 г. вода в р. Пышме превышала нормативы по водородному показателю, кроме того, в течение года отмечалось постоянное превышение норматива (ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2007. 7 с.) для объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКх/п) [3, 4] по показателю окисляемости (рис. 1). При сравнении качества поверхностных вод с нормативами для объектов рыбохозяйственного назначения (ПДКр/х) [3, 4], отмечаются повышенные содержания Cu (рис. 2) и F как выше зоны влияния шлакового отвала, так и ниже, в то же время концентрации перечисленных компонентов значительно ниже ПДК х/п.

С целью определения степени влияния шлакового отвала на качество воды в р. Пышме рассчитаны коэффициенты накопления элементов в створе 2 по отношению к створу 1. Расчеты показали, что отчетливо проявленных закономерностей в распределении исследованных параметров в течение года не выявляется. Вариации коэффициентов накопления могут объясняться несколькими причинами, а именно:

- водностью реки в различные временные отрезки;
- загрязнением воды объектами, расположенными выше по течению;
- поверхностным стоком атмосферных осадков;
- погрешностью анализов.

В то же время за период 2013–2015 гг. по отдельным параметрам, характерным для геохимического спектра шлаков, наблюдается тенденция к загрязнению воды в створе 2 (рис. 3–7).

Согласно изложенному, значительное влияние на изменение качества поверхностных вод оказывают сезонные изменения, которые могут быть обусловлены целым рядом факторов. Однако в отдельные периоды фиксируются превышения элементов, характерных для геохимических спектров подземных вод [5], что может свидетельствовать о некотором влиянии шлакового отвала на качество воды р. Пышмы.

Выполненное биотестирование проб поверхностных и подземных вод показало, что все проанализированные пробы не оказывают острого токсического действия.

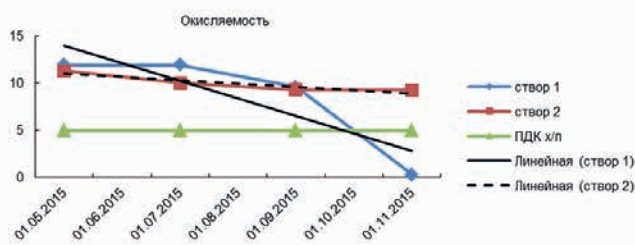


Рисунок 1. Динамика изменения показателя окисляемости (мгО/дм³) воды р. Пышмы в 2015 г.

Предприятие – свалка твердых промышленных отходов (ТПО) «Прометей» – расположено в карьерной выемке на участке организованного выпуска на рельеф сточных вод предприятий на левом берегу р. Исеть в г. Каменске-Уральском и занимает площадь 5,8 га.

Река Исеть является главной водной артерией г. Каменска-Уральского и протекает в 300 м от свалки ТПО. Река Исеть при течении в границах Свердловской области испытывает большую антропогенную нагрузку. Качество воды в р. Исеть в основном соответствует 4 классу В: вода классифицируется как «очень грязная» [6]. В реку Исеть осуществляется сброс поверхностных и сточных вод в районе размещения свалки ТПО.

С целью изучения качества поверхностных и сточных вод и выявления степени влияния сбрасываемых вод на качество воды в

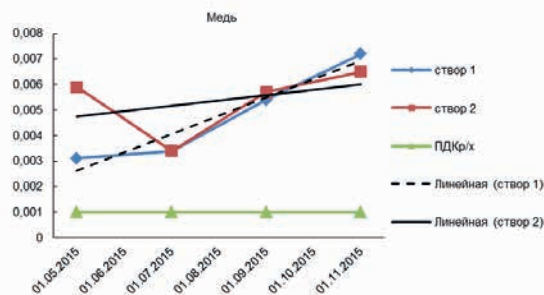


Рисунок 2. Динамика изменения содержания Cu (мг/дм³) в составе воды р. Пышмы в 2015 г.

реке Исеть в разные периоды 2013 г. отобраны восемнадцать проб воды, в том числе 9 проб сточных вод из выпусков 1–3, три пробы взяты из карьера и шесть проб из р. Исеть – выше и ниже сброса.

Сточная вода из выпуска 1 характеризуется превышениями нормативов по нефтепродуктам (47,4 ПДК) и фенолам (2,0 ПДК). Именно по этим показателям она отличается от воды, отобранной этого выпуска в августе 2013 г. В ноябре 2013 г. в выпуске 1 отмечались превышения нормативов по содержанию кремнезема, аммиака, меди и количеству сухого остатка.

Качество воды из выпуска 2 по своему составу резко отличается от сточной воды из выпуска 1. Здесь фиксируются высокие концентрации

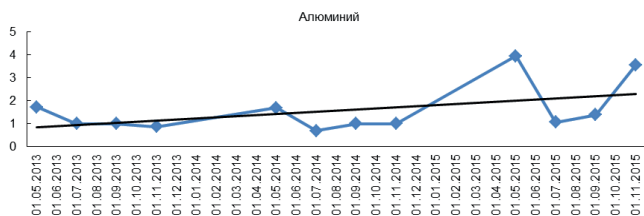


Рисунок 3. Динамика изменения коэффициента накопления алюминия в створе 2 за 2013–2015 гг.

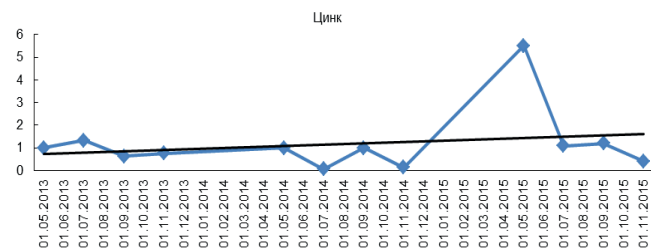


Рисунок 4. Динамика изменения коэффициента накопления цинка в створе 2 за 2013–2015 гг.

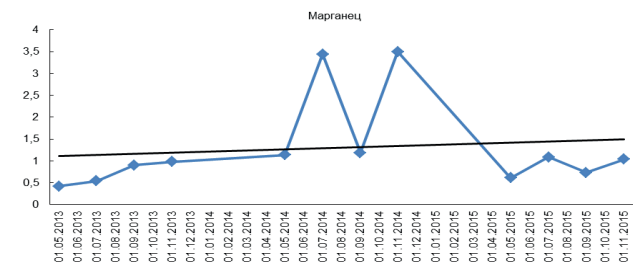


Рисунок 5. Динамика изменения коэффициента накопления марганца в створе 2 за 2013–2015 гг.

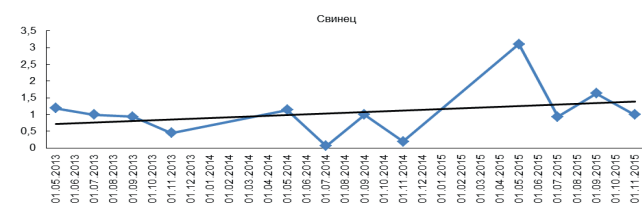


Рисунок 6. Динамика изменения коэффициента накопления свинца в створе 2 за 2013–2015 гг.

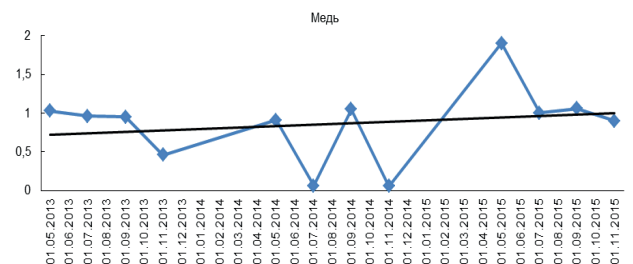


Рисунок 7. Динамика изменения коэффициента накопления меди в створе 2

NO₂ (64,38 ПДКр/х), Cu (42 ПДКр/х), NH₄ (30,2 ПДКр/х), кроме того, отмечаются повышенные содержания SO₄ (7,7 ПДКр/х), Na (6,29 ПДКр/х), SiO₂ (3,69 ПДКр/х), нефтепродуктов (3,0 ПДКр/х), фенолов (2,56 ПДКр/х). При сравнении с ПДКх/п отмечаются превышения содержаний Cd (6,0 ПДК), Na (3,77 ПДК), SiO₂ (3,69 ПДК), нефтепродуктов (3,0 ПДК), NO₃ (2,28 ПДК); кроме того, возрастает окисляемость (4,2 ПДК). В целом гео-

химический спектр поверхностной воды, отобранной из выпуска 2 в октябре 2013 г., с некоторыми вариациями соответствует воде, отобранной в августе 2013 г. Опробование, выполненное в ноябре 2013 г., показало, что в исследованной воде отмечаются превышения нормативов по 11 из 26 определяемых показателей. Так, превышения нормативов ПДКр/х зафиксированы для SiO₂, SO₄, NO₃ и Cu, а превышения нормативов ПДКх/п – по количеству сухого остатка, Na, NH₄, NO₃, Cd, фенолов.

Вода из выпуска 3 в октябре 2013 г. значительно отличалась от воды, отобранной в августе 2013 г. Так, в октябре резко возросли содержания Cu (с 16 ПДКр/х до 1040 ПДКр/х), Zn (с 0,34 ПДКр/х до 33 ПДКр/х), Cd (с 4,4 ПДКр/х до 11,6 ПДКр/х), но в то же время резко сократились содержания фенолов (с 660 ПДКр/х до 1 ПДКр/х). При сравнении с ПДКх/п отмечаются превышения содержаний Cd (58,0 ПДК), нефтепродуктов (3,0 ПДК), кроме того возрастает окисляемость (1,24 ПДК).

В целом геохимический спектр воды, отобранной из выпуска 3 в октябре 2013 г., с некоторыми вариациями соответствует воде, отобранной в августе 2013 г.

Опробование, выполненное в ноябре 2013 г., показало, что воде из выпуска 3 свойственны превышения нормативов ПДК по 16 из 26 определяемых показателей (сухой остаток, окисляемость, Na, NH₄, Ca, Mg, Cl, NO₃, Cd, фенолы, Fe, SO₄, NO₂, Cu, Zn, Ni).

Вода, отобранной из карьерного озера в октябре 2013 г., при сравнении с нормативами ПДКр/х свойственны высокие концентрации Cu (180

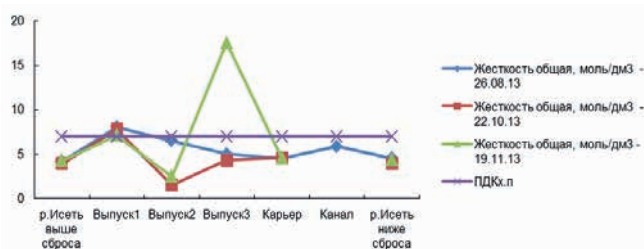


Рисунок 8. Изменение общей жесткости в поверхностных водах

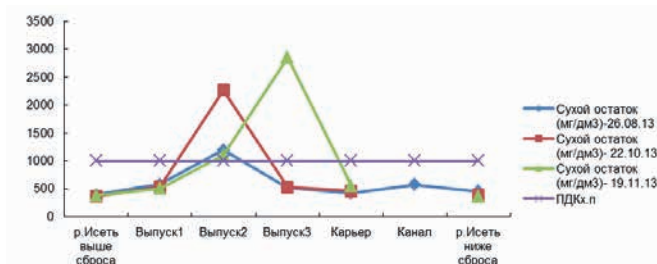


Рисунок 9. Количество сухого остатка в поверхностных водах

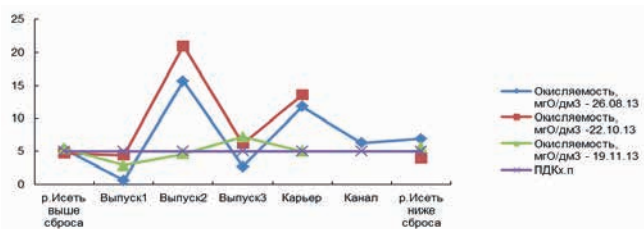


Рисунок 10. Изменение окисляемости поверхностных вод

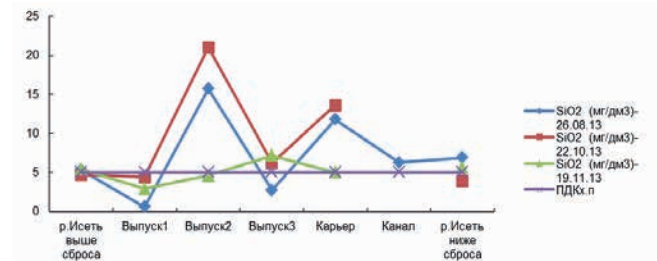


Рисунок 11. Содержание кремния в поверхностных водах

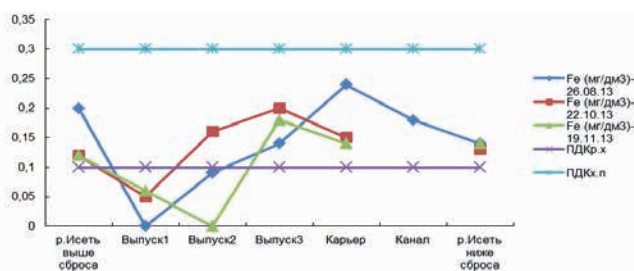


Рисунок 12. Содержание железа в поверхностных водах

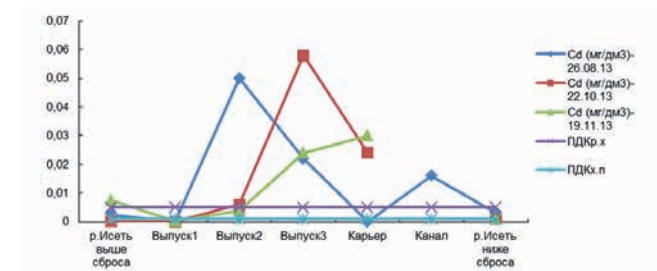


Рисунок 13. Содержание кадмия в поверхностных водах

ПДК), NO₂ (40,63 ПДК), а также повышенные содержания Zn (10 ПДК), Cd (4,8 ПДК), Ni (9,9 ПДК) при ощутимом снижении содержаний нефтепродуктов, аммиака и фенолов.

При сравнении качества воды с нормативами ПДКк/п фиксируются повышенные концентрации Cd, которые возросли с 1,0 ПДК до 24 ПДК, но в то же время уменьшились содержания нефтепродуктов (с 376 ПДК до 8,0 ПДК), фенолов (с 30 ПДК до 2 ПДК) и аммиака (с 4,83 ПДК до 0,57 ПДК). Исследование качества воды, отобранной в ноябре 2013 г., выявило превышения нормативов ПДК по 11 показателям, в том числе по величине окисляемости, по содержанию NO₃, NO₂, NH₄, SO₄, Cd, Cu, Zn, Ni и фенолов.

Для оценки качества воды в реке Исеть проанализированы пробы, отобранные выше и ниже сброса поверхностных вод. Вода выше по течению от устья стока поверхностных вод характеризуется повышенными содержаниями Cu (5,3 ПДКр/х), нефтепродуктов (2,2 ПДКр/х), Zn (1,3 ПДКр/х), Fe (1,2 ПДКр/х). В целом геохимический спектр воды в р. Исеть с некоторыми вариациями соответствовал геохимическому спектру воды, отобранной в августе

2013 г. В ноябре 2013 г. установлены превышения нормативов ПДК по 8 показателям: окисляемость, Cd, фенолы, NH₄, Fe, Cu, Zn, NO₂.

Поверхностная вода из точки отбора, расположенной ниже по течению, практически полностью соответствовала нормативам ПДКк/п. Однако нормативы ПДКр/х превышены по Cu (10 ПДК), Zn (1,5 ПДК) и Fe (1,3 ПДК). Опробование, выполненное в ноябре 2013 г., показало, что в исследованной воде отмечаются превышения нормативов по шести из 26 определяемых показателей. Здесь зафиксированы превышения по окисляемости, NH₄, NO₂, Cu, Zn, Fe.

Содержания основных загрязняющих веществ в поверхностных и сточных водах по периодам опробования приведены на рис. 8–13. С целью определения степени влияния поверхностных стоков на качество водоевр. Исеть были рассчитаны коэффициенты накопления (таблица).

Расчеты показали, что вода в р. Исеть ниже сброса сточных вод в октябре 2013 г. характеризовалась увеличением содержаний Cd в 3,5 раза, Cu – в 1,89 раза, Ni – в 1,46 раз, Zn – в 1,15 раза. Кроме того, фиксируется некоторое накопление Fe, SO₄, As и сухого остатка. Опробование,

Коэффициенты накопления загрязняющих веществ в р. Исеть по периодам опробования

Параметр	26.08.13	22.10.13	19.11.13	Параметр	26.08.13	22.10.13	19.11.13
Водородный показатель	0,99	0,99	0,98	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	1,11	1,05	1,15
Жесткость общая, моль/дм ³	1,08	1,01	1,02	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	1,06	0,99	1,02
Жесткость карбонатная, моль/дм ³	1,03	1,01	1,00	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	1,00	< 1,00	0,74
Сухой остаток, мг/дм ³	1,15	1,07	0,94	CO ₃ ²⁻ , мг/дм ³	1,00	< 1,00	1,00
Минерализация, мг/дм ³	1,08	1,02	1,05	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	1,03	1,02	1,00
Окисляемость, мгО/дм ³	1,30	0,83	1,04	Cu, мг/дм ³	1,36	1,89	1,86
SiO ₂ , мг/дм ³	0,78	1,00	2,22	Zn, мг/дм ³	1,36	1,15	1,17
Na ⁺ , мг/дм ³	1,10	1,03	1,11	Cd, мг/дм ³	1,32	3,50	0,11
K ⁺ , мг/дм ³	1,20	1,01	1,25	Pb, мг/дм ³	0,71	–	–
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,43	1,00	1,00	Ni, мг/дм ³	1,45	1,46	1,28
Ca ²⁺ , мг/дм ³	1,10	1,00	1,01	As, мг/дм ³	1,00	1,06	0,93
Mg ²⁺ , мг/дм ³	1,07	1,03	1,04	Hg, мг/дм ³	1,00	–	–
Fe, мг/дм ³	0,70	1,08	1,17	Нефтепродукты, мг/дм ³	1,43	0,18	> 1,00
Cl ⁻ , мг/дм ³	1,18	0,96	1,00	Фенолы (общие и летучие), мг/дм ³	> 3,30	< 1,00	0,33

выполненное в ноябре 2013 г., показало, что концентрации SiO₂, Na, K, Fe, SO₄, Cu, Ni и общая минерализация в воде ниже сброса сточных вод превышают содержания этих компонентов в воде выше сброса. Следует отметить, что во все три периода опробования в нижнем створе фиксировалось увеличение (накопление) количеств сульфатов, меди, никеля и общей минерализации. Из этого можно сделать вывод что этот процесс обусловлен стоком поверхностных вод с территории свалки, так как химические элементы, по которым фиксируется загрязнение р. Исеть, отвечают геохимическим спектрам подземных и сточных поверхностных вод.

Таким образом, проведенные исследования качества поверхностных вод в районах размещения промышленных отходов (шлаковый отвал и свалка твердых промышленных отходов) позволяют сделать следующий вывод: учитывая то, что подземные воды, сточные и поверхностные воды характеризуются наличием загрязняющих веществ в количествах, превышающих ПДК, необходимо вести экологический мониторинг окружающей среды, который бы включал:

- наблюдение за состоянием параметров окружающей среды, природных ресурсов и источников антропогенного воздействия на них;
- оценку состояния указанных объектов наблюдения;
- выявление основных источников загрязнения с целью качественной и количественной оценки степени их влияния на компоненты окружающей природной среды;
- оценку эффективности природоохранных мероприятий с целью оптимизации природопользования;
- обеспечение контролируемых и природоохранных органов систематизированными данными об уровне загрязнения окружающей среды, прогнозом их изменений, а также экстренной информацией при резких повышениях в природных средах уровня содержания загрязняющих веществ.

Полученные результаты экологического мониторинга должны стать основой информационного обеспечения подготовки и принятия управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вострокнутов Г. А. Временное методическое руководство по проведению геохимических исследований при геоэкологических работах. Екатеринбург: Уралгеология, 1991. 137 с.
2. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / под ред. Л. К. Исаева. СПб.: Союз, 1998.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.1315–03. М.: Нефтяник, 2003. 14 с.

Оксана Владимировна Елохина,
Уральский государственный колледж имени И. И. Ползунова
Россия, Екатеринбург, просп. Ленина, 28

Владимир Аскольдович Елохин,
Elokhin.v.a@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

4. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.2307–07. М.: Нефтяник, 2003. 10 с.
5. Елохин В. А., Елохина О. В. Влияние промышленных отходов, складированных в отработанных карьерах, на качество подземных вод (на примере шлакового отвала и свалки твердых промышленных отходов) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: материалы и доклады X межрегион. науч.-практ. конф. (Уфа, 13–15 мая 2014 г.). Уфа: ДизайнПресс, 2014. С. 223–225.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 2008 г. Екатеринбург.: Изд-во Урал. ун-та, 2009.

REFERENCES

1. Vostroknutov G. A. 1991, *Vremennoye metodicheskoye rukovodstvo po provedeniyu geokhimicheskikh issledovaniy pri geoekologicheskikh rabotakh* [Temporary methodological guideline on conducting geochemical surveys during geo-ecological works]. Ekaterinburg. 137 p.
2. Isaev L. K. 1998, *Kontrol himicheskikh i biologicheskikh parametrov okruzhayushey sredy* [Control of chemical and biological parameters of environment]. Saint-Petersburg.
3. GN 2.1.5.1315–03. 2003, *Predel'no dopustimiye kontsentratsii (PDK) himicheskikh veshestv v vode vodnykh ob'ektov hozyaystvenno-pityevogo i kulturno-bitovogo vodopolzovaniya* [Maximum Permissible Concentrations (MPC) of chemical substances in the water of water bodies of drinking and household and domestic water consumption]. Moscow, 14 p.
4. GN 2.1.5.2307–07. 2003, *Orientirovochnye dopustimiye urovni (ODU) himicheskikh veshestv v vode vodnykh ob'ektov hozyaystvenno-pityevogo i kulturno-bitovogo vodopolzovaniya* [Safe Reference Levels of Impact of chemical substances in water of drinking and household and domestic water usage water areas]. Moscow, 10 p.
5. Elokhin V. A., Elokhina O. V. 2014, *Vliyaniye promyshlennykh othodov, skladirovemykh v otrabotannykh karyerakh, na kachestvo podzemnykh vod (na primere shlakovogo otvala i svalki tverdykh promyshlennykh otkhodov)* [Effect of industrial wastes that are stockpiled in depleted pits on the quality of groundwaters (on the example of slagheap and disposal site of solid industrial wastes)]. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredelnykh territoriy: materialy i doklady X Mezhtsebnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa, 13–15 maya, 2014* [Geology, useful mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, Ural and cross-border regions: materials and reports. Transregional research-to-practice conference, Ufa, 13–15 may, 2014]. Ufa, 223–225 p.
6. 2009, *Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii okruzhayushey sredy i vliyaniya sredy obitaniya na zdorovye naseleniya Sverdlovskoy oblasti v 2008 godu* [State report on the environment condition and influence of the environment condition on the health of population of Sverdlovsk Oblast in 2008]. Ekaterinburg.

Oksana Vladimirovna Elokhina,
Ural State College named after I. I. Polzunov
Ekaterinburg, Russia

Vladimir Askoldovich Elokhin,
Elokhin.v.a@mail.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia