

РАЗДЕЛ 2. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 502:504

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА

Клецкина О. В.¹, Красильников П. А.^{1,2}

¹УралНИИ «Экология», Пермь, Российская Федерация

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
Российская Федерация

E-mail: chisp07@gmail.com

В Российском законодательстве отсутствует однозначное определение термина «зона влияния объекта негативного воздействия» применительно к окружающей среде в целом. Соответственно, нет четкой методики, позволяющей устанавливать границы влияния объекта исследования, что очень важно для обоснованного принятия решения по определению территории, в пределах которой необходимо осуществлять мониторинг за компонентами природной среды.

В данной статье приводятся результаты исследования, связанные с геохимической оценкой состояния подземных вод Кирово-Чепецкого промузла.

Показан опыт выделения зоны влияния объекта размещения отходов на территории, где присутствует большое количество техногенных объектов, характеризующиеся выделением поллютантов, присущих исследуемому объекту.

Ключевые слова: объекты размещения отходов, гидрогеохимическая оценка, подземные воды.

ВВЕДЕНИЕ

В Российском законодательстве отсутствует однозначное определение термина «зона влияния объекта негативного воздействия» применительно к окружающей среде в целом. Имеющиеся определения термина «зона влияния» применимы только для отдельного компонента окружающей среды: атмосферы, геологической среды, поверхностных водных объектов. Для подземных вод, почв, растительности и животного мира такие понятия не встречены. Вот некоторые примеры определений:

«...зона влияния геологического нарушения — локальный участок углепородного массива, примыкающий к геологическому нарушению, в пределах которого изменены свойства угля и пород и его напряженно-деформированное состояние;...» [5];

«Зона влияния источника загрязнения — часть водоема или водотока, в которой превышены фоновые значения показателя качества воды, но нарушения норм качества не наблюдается» [6].

В системе нормативных документов в агропромышленном комплексе Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [7] отсутствует непосредственно определение термина «зона влияния», но дается представление о том, каким образом в подземных водах ее следует прогнозировать и какими документами следует руководствоваться:

- «необходимость проведения на оросительных системах с использованием сточных вод (ОССВ) инженерно-технических мероприятий по охране подземных вод от загрязнения устанавливается на основе гидрогеологических прогнозов, которые определяют зону влияния ОССВ на естественный уровенный и химический режимы подземных вод. Прогнозные расчеты рекомендуется проводить по методикам ВСЕГИНГЕО, ВНИИГиМ, МГУП и др., в частности, по «Методическим рекомендациям по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод» (М.: Союзводпроект, 1993) [9]. Для населенных пунктов, расположенных ниже по грунтовому потоку от ОССВ, где прогнозируется возможное загрязнение подземных вод, следует предусматривать организацию централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения из источников, расположенных вне зоны влияния ОССВ» [7];

- тем не менее, определение зоны влияния объекта размещения отходов на компоненты природной среды является важной задачей, решение которой позволяет обоснованно принимать решения при разработке программы мониторинга. Так, согласно Приказу № 103 от 8 декабря 2020 года, мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды необходимо вести на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия.

В работах [11, 12, 13, 14, 15, 16] автора рассматривают различные варианты определения и расчета зоны влияния, в том числе и с использованием современных программных средств гидродинамического моделирования.

Под зоной влияния объекта размещения отходов на окружающую среду авторы понимают пространственную область, в пределах которой наблюдаются индуцированные источником загрязнения, изменения состояния компонентов природной среды.

Объектом исследования, результаты которого приводятся в данной статье, является территория Кирово-Чепецкого промышленного узла, вплоть до р. Вятка.

Предметом исследования являются подземные воды и их геохимическая характеристика. Отдельное внимание в статье уделяется задаче по выделению зоны влияния объекта размещения отходов на подземные воды.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория исследования, располагается в техногенно-нагруженном районе к западу от г. Кирово-Чепецка. Город Кирово-Чепецк расположен в географическом центре Кировской области, в 20 км от г. Кирова. Он является крупным промышленным центром Кировской области и концентрирует на своей территории большое количество техногенных объектов.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И
ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ
В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА

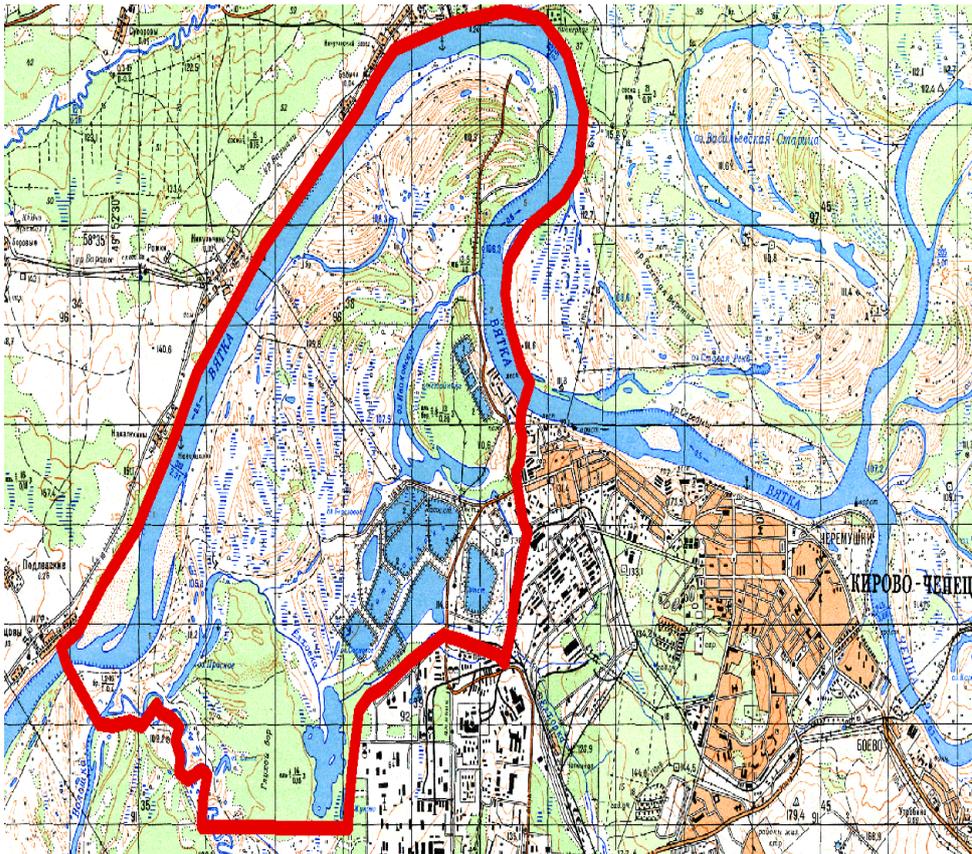


Рис. 1. Обзорная карта-схема исследуемой территории.

Одним из химических загрязнений, сформированных в пределах исследуемой территории, является загрязнение окружающей среды соединениями азота. Соединения азота, в силу высокой концентрации техногенных объектов на территории и специфики их деятельности, поступают в окружающую среду различными способами: в подземные воды путем инфильтрации, в поверхностные — с водовыпусками и с различными неконтролируемыми стоками, в атмосферный воздух с выбросами, в почву из загрязненных вод поверхностного стока и из атмосферы с осадками, растительность и животный мир воспринимают загрязнение опосредованно через другие компоненты природной среды. Поэтому азотному загрязнению в статье уделяется особое место и на его основе осуществляется определение зоны влияния.

Выделение зоны влияния объекта размещения отходов на окружающую среду осложняется тем, что объект размещения отходов, находится на площадке Кирово-Чепецкого промузла, где имеются источники загрязнения окружающей среды, характеризующиеся выделением поллютантов, аналогичных тем, которые свойственны исследуемому объекту.

Для определения индуцированных объектом размещения отходов изменений авторы посчитали целесообразным принимать фоновые значения загрязняющих веществ, отклонение от которых позволяет количественно оценить воздействие объекта на природную среду. Фоновыми показателями, следует считать не только те, которые существовали до строительства объекта, но и те, которые фиксируются в настоящее время вне зоны влияния объекта. Поэтому выявление границ зоны влияния является важнейшей задачей, как для пользователя объекта, так и для контролирующих органов.

ОБЪЕКТЫ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИССЛЕДУЕМУЮ ТЕРРИТОРИЮ

В пределах исследуемой территории на поверхностные и подземные воды воздействуют производственные объекты, расположенные на водосборной площади р. Елховка и прилегающего участка р. Вятки. Анализ местоположения производственных объектов г. Кирово-Чепецк и некоторых прилегающих населенных пунктов проведен на основе информации, имеющейся в сети Интернет. На водосборной площади р. Елховка расположено не менее 32 объектов, оказывающих воздействие на природную среду.

На расстоянии 7,8–8,5 км от устья отмечается воздействие нефтебазы и сток с территории нефтебазы с расходом 0,5 л/с, на расстоянии 7,3 км река протекает по территории промышленной площадки длиной 680 м, ниже в реку поступают воды с территории мебельного предприятия, далее на расстоянии 6,4 км от устья расположен выпуск сточных вод с нефтеперерабатывающего предприятия [3].

Среди загрязнений, следует отметить: радиоактивные в русле р. Елховка — плутониевое, стронциевое, цезиевое; химические – сульфатное (SO₄²⁻), хлоридное (Cl⁻), натриевое (Na⁺), кальциевое (Ca²⁺), стронциевое (Sr²⁺).

Согласно данным [1], здесь расположены крупные очистные сооружения, сбрасывающие сточные воды в р. Вятка и ее притоки. Кроме того, на территории присутствуют склады ядохимикатов и минеральных удобрений. На территории Кировской области установлено, что 50% объектов и мест размещения отходов, являются несанкционированными. Неправильное хранение и утилизация отходов производства животноводческих ферм и птицефабрик обуславливает нитратное загрязнение почвенного покрова и грунтовых вод [1].

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Район исследования расположен в северной части Волго-Камского артезианского бассейна [3, 4].

Подземные воды приурочены к проницаемым комплексам осадочных пород, с моноклиналильным залеганием, и к верхней части трещиноватых пород кристаллического фундамента. Мощность осадочного комплекса горных пород составляет 2500 м. Региональным водоупором являются гипс-ангидритовые отложения пермской системы, аргиллиты и глинистые известняки верейского горизонта каменноугольной системы [10].

**ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И
ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ
В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА**

В разрезе осадочного чехла выделяют три гидродинамические зоны: активного, затрудненного и весьма затрудненного водообмена (табл. 1).

По условиям формирования и циркуляции подземных вод, общности гидрогеологических условий и стратиграфической принадлежности в исследуемом районе выделяют следующие горизонты и комплексы:

- 1) водоносный горизонт четвертичных отложений (aQII-IV);
- 2) водоносный горизонт татарских отложений (P2t);
- 3) водоносный горизонт казанских отложений (P2kz);
- 4) ассельско-каширский водоносный комплекс (P1a-C3g-C2mc-ks);
- 5) серпуховско-окский водоносный комплекс (C1s-ok);
- 6) фаменско-франский водоносный комплекс (D3fm-f2-3);
- 7) пашийско-живетский водоносный комплекс (D3f-D2zv).

Первым от поверхности и наиболее восприимчивым к загрязнению является четвертичный водоносный горизонт, который распространен на исследуемой территории повсеместно. В районе Кирово-Чепецкого промузла он приурочен к аллювиальным песчано-гравийным (15 м) и болотным торфяным (0,5 м) отложениям. Горизонт преимущественно безнапорный, местами в верхней части толщи обладает местным напором до 1,5 м. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 1,0–2,5 м. В летнюю межень опускается до глубин 1,5–3,5 м, в болотистых понижениях приближается к дневной поверхности. Мощность обводнённых горных пород в этом водоносном горизонте достигает 10 м. Водоупором для горизонта грунтовых вод служат верхнепермские глины (56 м) с коэффициентом фильтрации 6,7·10⁻⁶ м/сут.

Таблица 1.

Характеристика гидродинамических зон района исследования

№ пп	Гидродинамическая зона	Нижняя граница	Гидрохимические параметры
1	Активного водообмена	Кровля казанского яруса, глубина 200 м	Пресные воды (до 1 г/дм ³) и солоноватые (1–10 г/дм ³)
2	Затруднённого водообмена	Кровля галогенно-карбонатных отложений сакмарского яруса пермской системы, глубина 450–500 м	Солёные (10–15 г/дм ³)
3	Весьма затруднённого водообмена	Подошва осадочного чехла	Рассолы (50–200 г/дм ³ и выше)

Питание горизонта осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, притока подземных вод с водораздельных областей, а также за счёт неорганизованного поступления сточных и транспортных вод.

Основная разгрузка грунтовых вод происходит в р. Вятку, частичная разгрузка подземных вод происходит в пойменные озёра и р. Елховка. Минерализация

грунтовых вод естественного химического состава в прилегающих районах к северу и северо-западу изменяется от 0,08 до 0,34 г/л.

В нижней части четвертичного водоносного горизонта имеется слой гравелистых и крупнозернистых песков, который, в силу его коэффициента фильтрации 10–25 м/сут., рассматривают в качестве основного пути фильтрации к р. Вятка.

Повсеместное распространение четвертичного водоносного горизонта, особенности его питания, послонное залегание водовмещающих пород и их литология обуславливают прямое влияние на него источников загрязнения. В то же время, значительная мощность водоупорной толщи, её низкие коэффициенты фильтрации дают основание предполагать отсутствие негативного воздействия на нижележащие водоносные горизонты. Однако, существует риск загрязнения поверхностных водных объектов, а именно р. Вятки.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В 1978 г. на территории исследования было выявлено, что ареол химического загрязнения грунтовых вод распространялся вниз по потоку на 1000 м и целиком охватывал площадку исследуемого проектируемого объекта размещения отходов. К северо-западу от цепи старичных озер минерализация грунтовой воды составляла 0,2–0,3 г/дм³, воды были преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниевые. К югу и юго-востоку от полосы старичных озер минерализация вод изменялась от 0,2 до 14,8 г/дм³. Таким образом, можно говорить, что в конце 1970-х гг. на грунтовые воды исследуемой территории оказывалось воздействие от ряда объектов размещения промышленных отходов, в том числе отходов производства электрической и тепловой энергии. На тот период, концентрации иона аммония в подземных водах были незначительными, достигая 25 мг/дм³ на глубине 0,9–1,2 м [2].

В 1978 г. на исследуемой территории выделялись два типа химического загрязнения [2]:

1 тип — загрязнение грунтовых вод отходами производства из существующих объектов размещения отходов. По составу воды в этом типе были преимущественно хлоридно-натро-калиево-кальциевые (более загрязненные) и хлоридно-гидрокарбонатно-кальциево-натро-калиевые (менее загрязненные);

2 тип — загрязнение грунтовых вод за счет утечек вод из дренажных систем предприятия по производству электрической и тепловой энергии. По составу воды преимущественно сульфано-хлоридно-кальциево магниевые (более загрязненные) и хлоридно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевые (менее загрязненные).

Таким образом, на территории исследования существовали ареолы химического загрязнения преимущественно хлоридного и сульфатного типа, также среди загрязняющих веществ присутствовали ионы аммония в концентрациях до 25 мг/дм³.

В настоящее время «спектр» основных компонентов загрязнения расширился за счет поступления нитрата аммония и стронций-иона из исследуемого объекта размещения отходов. На территории присутствуют: сульфатное, хлоридное, аммонийное, нитратное, натриевое загрязнения. Кроме него, в грунтовых водах

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА

исследуемой территории фиксируются радиоактивные элементы: стронций, уран, цезий, плутоний, торий [3].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ

В ходе выполнения исследования, авторами был проведен анализ данных для выявления зоны влияния объекта размещения отходов и фиксации текущего уровня загрязнения. Для этого на основе химического анализа воды были построены поэлементные карты распространения загрязняющих веществ.

Для выявления зоны влияния объекта исследования были выбраны следующие маркирующие элементы: стронций, азот аммонийный, азота нитратный (рис. 2, 3, 4, 5).

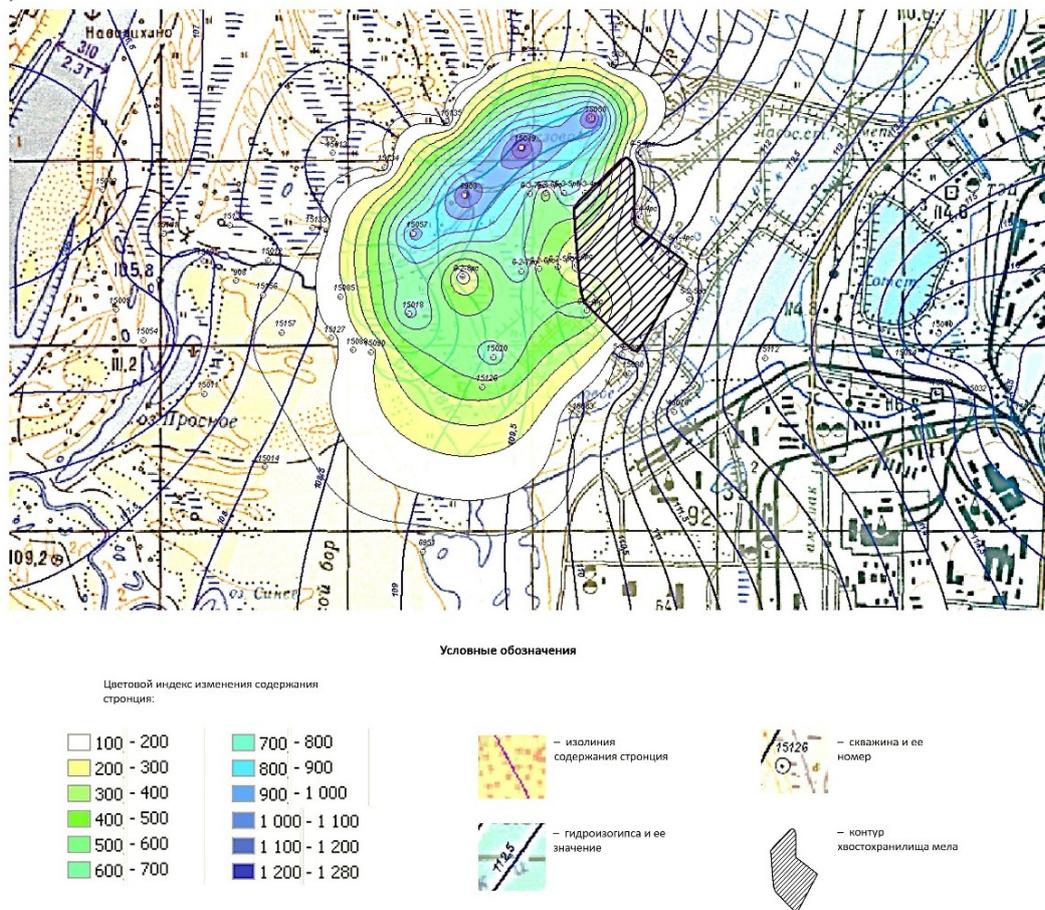
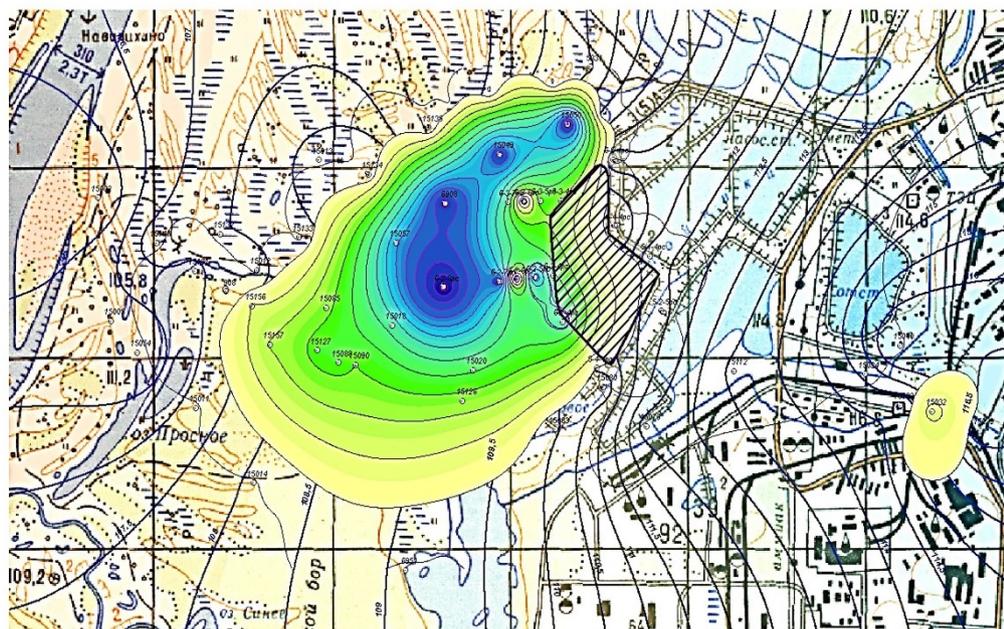


Рис. 2. Картограмма содержания стронция в грунтовых водах в осенний период.



Условные обозначения

Цветовой индекс изменения содержания азота аммонийного:

1 000 - 1 500	7 000 - 7 500
1 500 - 2 000	7 500 - 8 000
2 000 - 2 500	8 000 - 8 500
2 500 - 3 000	8 500 - 9 000
3 000 - 3 500	9 000 - 9 500
3 500 - 4 000	9 500 - 10 000
4 000 - 4 500	10 000 - 11 000
4 500 - 5 000	11 000 - 12 000
5 000 - 5 500	12 000 - 13 000
5 500 - 6 000	13 000 - 14 000
6 000 - 6 500	14 000 - 14 800
6 500 - 7 000	



— изолиния содержания азота аммонийного



— скважина и ее номер



— гидроизогипса и ее значение



— контур хвостохранилища мела

Рис. 3. Картограмма содержания азота аммонийного в грунтовых водах.

При построении изоконцентраций по сводным годовым данным выявлено, что контуры ареолов загрязнения азотом аммонийным имеют язык загрязнения, расположенный выше по течению от объекта размещения отходов (рис. 5). Согласно фоновым данным, формирование этого языка имеет пульсирующий характер, то есть его площадь, то уменьшается, то увеличивается.

**ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И
ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ
В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА**

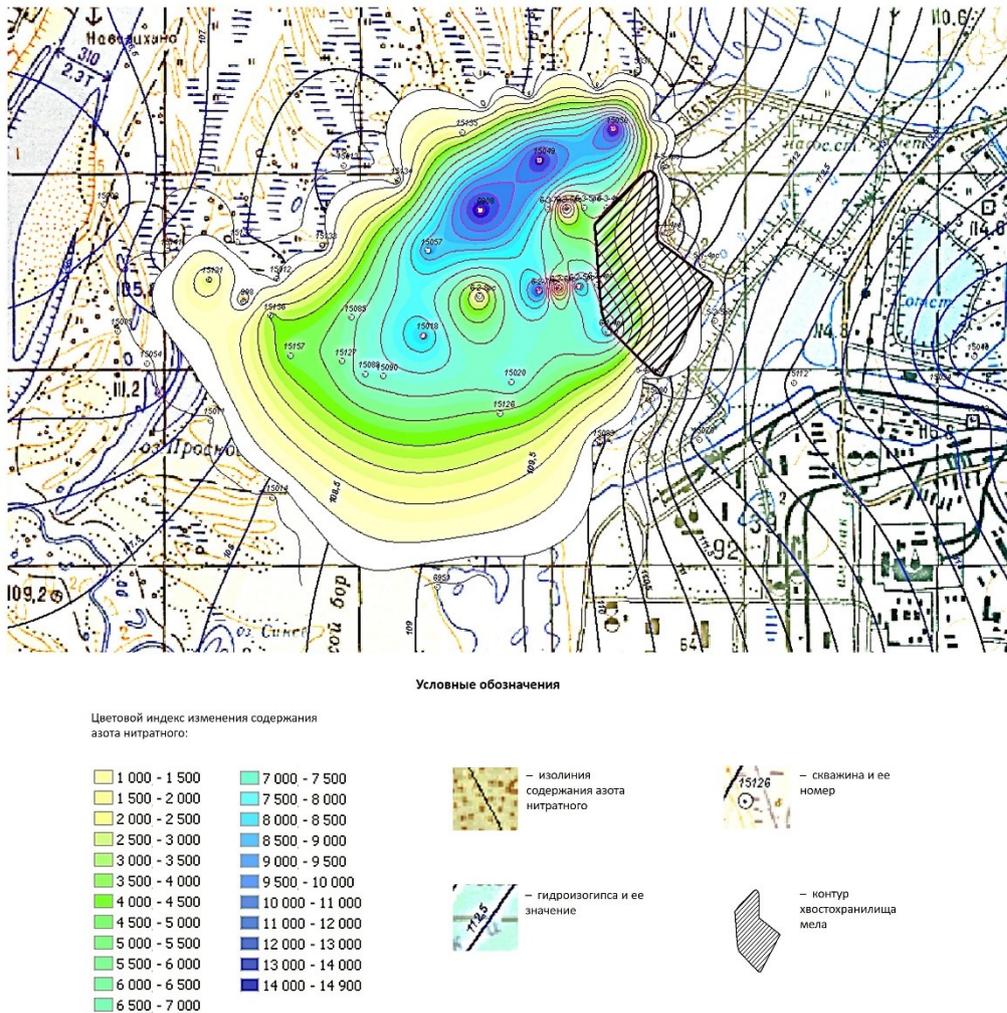


Рис. 4. Картограмма содержания азота нитратного в грунтовых водах.

Предположительно, существует еще несколько источников азотного загрязнения, находящихся выше исследуемого объекта. Подтверждением этого является и фиксация азота аммонийного в ряде наблюдательных скважин (рис. 3). По результатам химического анализа воды здесь присутствует значительное количество ионов аммония, при этом нитраты практически отсутствуют [4].

Таким образом, область распространения загрязнения азотом аммонийным, азотом нитратным сформировалась за счет слияния минимум двух ареолов загрязнений. Северная часть территории исследования подвержена загрязнению со стороны изучаемого объекта. Южная часть азотного загрязнения приурочена к пойме реки Елховки и формировалась с середины 20 века, когда в эксплуатацию были введены первые объекты размещения отходов на исследуемой территории.

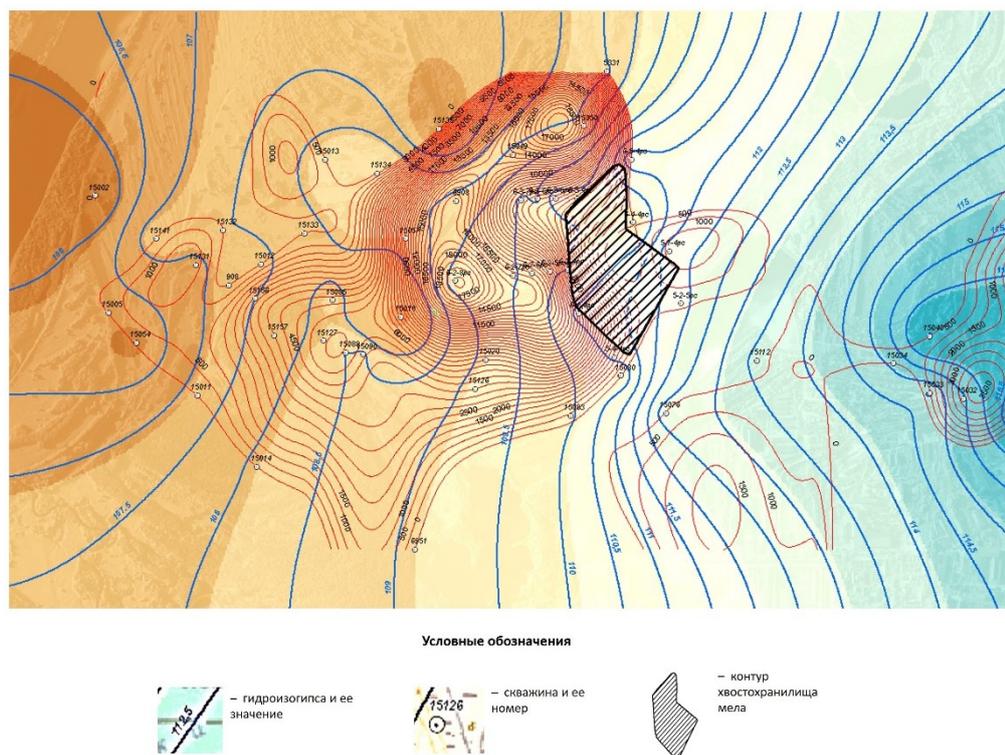


Рис. 5. Картограмма ареала распространения азотного загрязнения в грунтовых водах.

Анализ динамики развития загрязнения был выполнен на основе сопоставления разновременных карт, построенных по сводным данным. Так, площадь ареала азотного загрязнения за пятилетний период изменилась незначительно, а именно с 4,9 км² до 5,1 км².

Картографический анализ также позволил выявить, что за пятилетний период граница азотного загрязнения приблизилась к р. Вятка на 200 метров и, в настоящее время, находится на расстоянии 600 м уреза реки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведя итоги, необходимо отметить, что вклад исследуемого объекта в формирование области азотного загрязнения в пределах исследуемой территории является значительным. В тоже время, в формировании азотного загрязнения данной территории участвовали и другие источники.

Вычисление и оконтуривание зоны влияния объекта размещения отходов на подземные воды, лучше всего было бы сделать методом пространственной статистики, который позволяет статистически оценивать местоположение загрязнения от одного источника загрязнения. Однако, для корректного решения поставленной задачи указанным методом оказалось недостаточно исходных данных,

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА

а именно результатов опробований подземных вод выше по потоку. В связи с этим, для оконтуривания зоны влияния был использован другой подход.

Воздействие объекта размещения отходов на грунтовые воды определено по присутствию в них азота аммонийного, азота нитратного, стронций-иона. Из всех перечисленных элементов, ион стронция характерен только для этого объекта и не привносится из других техногенных источников, расположенных на исследуемой территории. Наличие стронций-иона в подземных водах можно обоснованно считать идентификатором загрязнения грунтовых вод, сформированного под воздействием изучаемого объекта. Для определения зоны влияния был использован метод пространственного сравнения ореолов загрязнения отдельными компонентами. Геостатистические расчеты были проведены методом интерполяции «естественная окрестность» для каждого элемента. В результате сравнения пространственных областей выявлено, что ареол распространения стронция в подземных водах немного меньше, чем остальных загрязняющих веществ, несмотря на то, что миграционная способность всех изучаемых нами элементов примерно равна, согласно [8].

Таким образом, зона влияния объекта ограничивается изолиниями минимальных концентраций стронций-иона и представлена на рисунке 6.

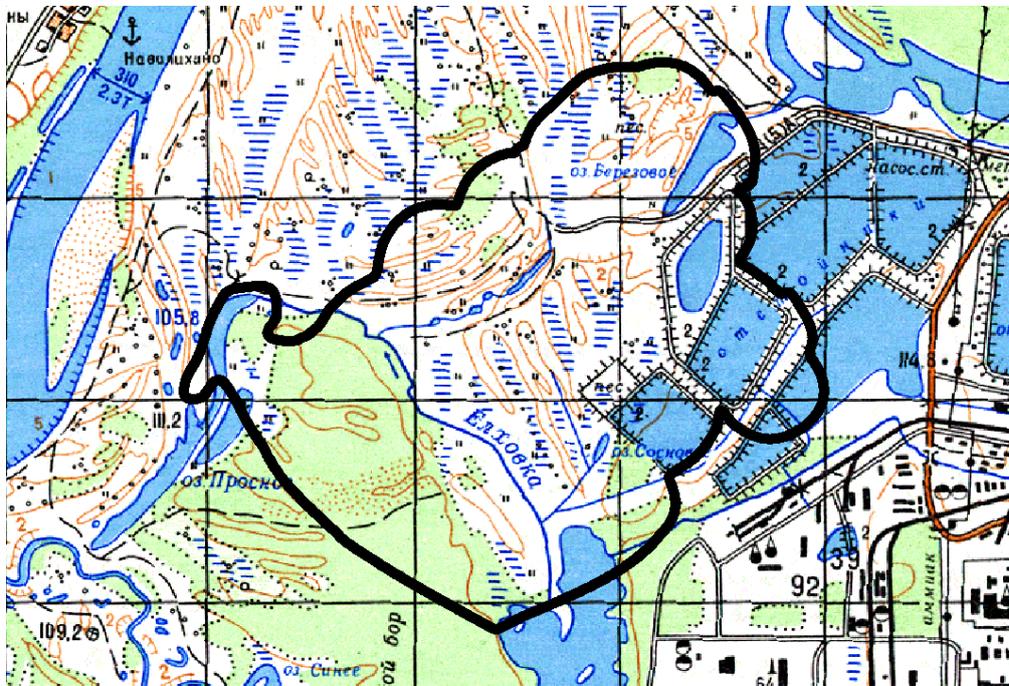


Рис. 6. Зона влияния изучаемого объекта на грунтовые воды.

Площадь зоны влияния составляет $4,7 \text{ км}^2$. Мощность зоны влияния на подземные воды соответствует разности между абсолютными отметками уровня грунтовых вод и кровли верхнепермских глин и составляет, в среднем, 10 м. С учетом

пористости водовмещающих грунтов объем подземных вод, попадающих под влияние объекта, составляет 14 100 000 м³.

Список литературы

1. Отчет по гидрогеологическому доизучению на площади листов О-39-ХII, XIV (Котельнич, Киров), выполненному Котельничской ГГСП в 2005-2008 гг. (Книга 2). Ответственный исполнитель И.В. Пшеничников. Нижний Новгород, 2008 г. 133 с.
2. Заключение об инженерно-геологических условиях площадок проектируемых шламохранилища цеха № 1 и хвостохранилища мела. 1978. 8 с.
3. «Мероприятия по выводу из эксплуатации радиационно-опасных объектов Кирово-Чепецкого отделения филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «РОСПРАО». ОВОС, ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РОСПРАО». Москва, 2011. 343 с.
4. «Отчет по результатам комплексной оценки влияния хозяйственной деятельности ОАО КЧХК и прилегающей к нему площади водосбора на режим формирования качества и количества стоков (в 3 томах). ООО «Геосервис». Том 1. Киров, 2006. 146 с.
5. Об утверждении Инструкции по дегазации угольных шахт [Электронный ресурс]: Приказ Ростехнадзора от 01.12.2011 N 679 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.12.2011 N 22811). Документ опубликован не был. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков [Электронный ресурс]: ГОСТ 17.1.3.07-82. Документ опубликован не был. - Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
7. Нормы технологического проектирования оросительных систем с использованием сточных вод [Электронный ресурс]: НТП-АПК 1.30.03.02-06 Система нормативных документов в агропромышленном комплексе Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. (Дата введения 2007-01-01). Документ опубликован не был. - Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
8. Самарина В.С. Гидрогеохимия. Учебное пособие. Л.: Ленингр. ун-т. 1977 г. 360 с.
9. Методическим рекомендациям по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод» (М.: Союзводпроект, 1993).
10. Акт проверки соблюдения требований водного законодательства РФ ООО «ЗМУ КЧХК» № 2-3/5-07 от 12.11.2007 г., составленный Управлением Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Кировской области. 8 с.
11. Коноплев А. В., Красильников П. А., Красильникова С. А., Клёцкина О. В. Картогеоинформационная модель как основа для создания гидродинамической модели // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 247–256.
12. Клецкина О. В., Красильников П. А. Краткий обзор направлений реабилитации территории, загрязненной соединениями азота // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. № 4 (41). С. 275–279.
13. Клёцкина О. В., Ощепкова А. З. Методический подход к обоснованию критериев допустимого воздействия объекта размещения отходов на подземные воды с использованием гидрогеологического моделирования // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 337–342.
14. Клёцкина О. В. Анализ гидрогеологических условий природно-технической системы в связи с проблемой химического загрязнения аллювиального водоносного горизонта // Геология и полезные ископаемые западного Урала. Статьи по материалам региональной научно-практической конференции. Пермь, 2013. С. 112–114.
15. Клёцкина О. В. Определение «зоны влияния объекта негативного воздействия» на подземные воды // Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам VI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Т. 2. Пермь, 2013. С. 154–156.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И
ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ
В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА

16. Красильникова С. А., Красильников П. А., Коноплев А. В. Геоинформационное обеспечение гидродинамического моделирования оценки эффективности проектируемой дренажной системы микрорайона Усольский г. Березники Пермского края // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2014. № 1. С. 80–85.

**HYDROGEOCHEMICAL ASSESSMENT OF GROUNDWATER CONDITIONS
AND DELINEATION OF THE IMPACT ZONE OF A WASTE DISPOSAL
FACILITY WITHIN THE KIROVO-CHEPETSKIY INDUSTRIAL AREA**

Kletschina O. V.¹, Krasilnikov P. A.^{1,2}

¹*UralNII "Ecology", Perm, Russian Federation*

²*Perm State National Research University, Perm, Russian Federation*

E-mail: chisp07@gmail.com

In the Russian legislation there is no unambiguous definition of the term "zone of influence of the object of negative impact" in relation to the environment as a whole. Accordingly, there is no clear methodology to establish the boundaries of the influence of the object of research, which is very important for informed decision-making on determining the territory within which it is necessary to monitor the components of the natural environment.

This article presents the results of the study related to geochemical assessment of groundwater condition in Kirovo-Chepetsk industrial area.

The experience of singling out the zone of influence of the waste disposal facility in the territory where there is a large number of technogenic objects characterized by allocation of pollutants peculiar to the object under study is shown.

In the course of the study, the authors analyzed data to identify the zone of influence of the waste disposal facility and fix the current level of pollution. For this purpose, element-by-element maps of pollutant distribution were built on the basis of chemical analysis of water. The following marking elements were selected to identify the zone of influence of the research object: strontium, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen. When constructing isoconcentrations according to consolidated annual data, it was revealed that the contours of areal pollution by ammonium nitrogen have a pollution tongue located upstream from the waste disposal facility. According to the stock data, the formation of this tongue has a pulsating character, that is, its area decreases and then increases.

Analysis of the dynamics of pollution development was carried out on the basis of comparison of multi-temporal maps, constructed on the basis of consolidated data.

Cartographic analysis also revealed that over a five-year period the boundary of nitrogen pollution approached the river Vyatka for 200 meters and, at present, is at a distance of 600 meters of the river edge.

Summing up, it should be noted that the contribution of the studied object in the formation of the area of nitrogen pollution within the study area is significant. At the same time, other sources were also involved in the formation of nitrogen pollution of this territory.

The impact of the tailing dump on ground waters was determined by the presence of ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, strontium ion in them. Of all the listed elements, strontium ion is characteristic only for this object and is not brought in from other technogenic sources located in the study area. The presence of strontium-ion in groundwater

can be reasonably considered as an identifier of groundwater contamination formed under the influence of the object under study. To determine the zone of influence we used the method of spatial comparison of halos of contamination by individual components. Geostatistical calculations were carried out by the method of interpolation "natural vicinity" for each element. As a result of comparison of spatial areas it was revealed that the areole of distribution of strontium in groundwater is slightly less than that of other pollutants, despite the fact that the migration capacity of all the studied elements is approximately equal.

Thus, the zone of influence of the object is limited by isolines of minimum concentrations of strontium-ion.

Thus, the area of the zone of influence is 4.7 km². Power zone of influence on groundwater corresponds to the difference between the absolute marks of the level of groundwater and the roof of the Upper Permian clays and is, on average, 10 m. Taking into account the porosity of water-bearing soils the volume of groundwater, falling under the influence of the object is 14 100 000 m³.

Keywords: waste disposal facilities, hydrogeochemical assessment, groundwater.

References

1. Otchet po gidrogeologicheskomu doizucheniju na ploshhadi listov O-39-XII, XIV (Kotel'nich, Kirov), vypolnennomu Kotel'nichskoj GGSP v 2005-2008 gg. (Kniga 2). Otvetstvennyj ispolnitel' I.V. Pshenichnikov. Nizhnij Novgorod, 2008 g. 133 s. (In Russian).
2. Zakljuchenie ob inzhenerno-geologicheskikh uslovijah ploshhadok proektiruemyh shlamohranilishha ceha № 1 i hvostohranilishha mela. 1978 g. 8 s. (In Russian).
3. «Meroprijatija po vyvodu iz jekspluatacii radiacionno-opasnyh ob#ektov Kirovo-Chepeckogo otdelenija filiala «Privolzhskij territorial'nyj okrug» FGUP «ROSRAO». OVOS, FGUP «Predpriyatje po obrashheniju s radioaktivnymi othodami «ROSRAO». Moskva, 2011 g. 343 s. (In Russian).
4. «Otchet po rezul'tatam kompleksnoj ocenki vlijanija hozjajstvennoj dejatel'nosti OAO KChHK i privilegajushhej k nemu ploshhadi vodosbora na rezhim formirovanija kachestva i kolichestva stokov (v 3 tomah). OOO «Geoservis». Tom 1. Kirov, 2006 g. 146 s. (In Russian).
5. Ob utverzhdenii Instrukcii po degazacii ugol'nyh shaht [Jelektronnyj resurs]: Prikaz Rostehnadzora ot 01.12.2011 N 679 (Zaregistrirvano v Minjuste RF 29.12.2011 N 22811). Dokument opublikovan ne byl. - Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPljus». (In Russian).
6. Ohrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolja kachestva vody vodoemov i vodotokov [Jelektronnyj resurs]: GOST 17.1.3.07-82. Dokument opublikovan ne byl. - Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Tehjeksper». (In Russian).
7. Normy tehnologicheskogo proektirovanija orositel'nyh sistem s ispol'zovaniem stochnyh vod [Jelektronnyj resurs]: NTP-APK 1.30.03.02-06 Sistema normativnyh dokumentov v agropromyshlennom komplekse Ministerstva sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii. (Data vvedenija 2007-01-01). Dokument opublikovan ne byl. - Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Tehksper». (In Russian).
8. Samarina V.S. Hidrogeohimija. Uchebnoe posobie. L.:Leningr. un-t. 1977 g. 360 s. (In Russian).
9. Metodicheskimi rekomendacijami po gidrogeologicheskim issledovanijam i prognozam dlja kontrolja za ohranoj podzemnyh vod» (M.: Sojuzvodproekt, 1993). (In Russian).
10. Akt proverki sobljudenija trebovanij vodnogo zakonodatel'stva RF OOO «ZMU KChHK» № 2-3/5-07 ot 12.11.2007 g., sostavlennyj Upravleniem Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere prirodopol'zovanija (Rosprirodnadzora) po Kirovskoj oblasti. 8 s. (In Russian).
11. Kartosemioticheskaja geoinformacionnaja model' kak osnova dlja sozdanija gidrodinamicheskoj modeli / Konoplev A.V., Krasil'nikov P.A., Krasil'nikova S.A., Kljockina O.V. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 84. S. 247–256. (In Russian).

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И
ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ
В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА

12. Kleckina O.V., Krasil'nikov P.A. Kratkij obzor napravlenij rehabilitacii territorii, zagriznennoj soedinenijami azota // Geologija i poleznye iskopajemye Zapadnogo Urala. 2021. № 4 (41). S. 275–279. (In Russian).
13. Kljockina O.V., Oshhepkova A.Z. Metodicheskij podhod k obosnovaniju kriteriev dopustimogo vozdejstvija ob#ekta razmeshhenija othodov na podzemnye vody s ispol'zovaniem gidrogeologicheskogo modelirovanija // Geologija i poleznye iskopajemye Zapadnogo Urala. 2019. № 2 (39). S. 337–342. (In Russian).
14. Kljockina O.V. Analiz gidrogeologicheskikh uslovij prirodno-tehnicheskoy sistemy v svjazi s problemoj himicheskogo zagriznenija alljuvial'nogo vodonosnogo gorizonta // Geologija i poleznye iskopajemye zapadnogo Urala. Stat'i po materialam regional'noj nauchnoprakticheskoy konferencii. Perm', 2013. S. 112–114. (In Russian).
15. Kljockina O.V. Opredelenie «zony vlijanija ob#ekta negativnogo vozdejstvija» na podzemnye vody // Geologija v razvivajushhemsja mire. Sbornik nauchnyh trudov po materialam VI nauchno-parkticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem. T. 2. Perm', 2013. S. 154–156. (In Russian).
16. Krasil'nikova S.A., Krasil'nikov P.A., Konoplev A.V. Geoinformacionnoe obespechenie gidrodinamicheskogo modelirovanija ocenki jeffektivnosti proektiruemoj drenazhnoj sistemy mikrorajona Usol'skij g. Berezniki Permskogo kraja // Geojekologija. Inzhenernaja geologija, gidrogeologija, geokriologija. 2014. № 1. S. 80–85. (In Russian).

Поступила в редакцию 28.03.2022 г.