

УДК 556.3.06: 556.3.04

Оценка защищенности подземных вод на территории размещения отходов горнодобывающего предприятия

И.А. Лямин, Р.Ю. Рузманов

Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: lyaminilya@mail.ru; rostislave.r@yandex.ru
(Статья поступила в редакцию 15 июля 2019 г.)

Техногенная нагрузка, вызванная деятельностью человека, оказывает влияние на верхнюю часть литосферы или геологической среды, которая включает почвенный покров, зону аэрации и зону активного водообмена подземных вод. Зона аэрации служит естественной защитой подземных вод от поверхностного загрязнения и предопределяет степень их уязвимости. Оценка защищенности подземных вод является одним из основных вопросов при размещении отходов горнодобывающих предприятий.

В ходе работы были использованы информация по 500 архивным инженерно-геологическим скважинам и более 1500 результатов определения физико-механических и фильтрационных свойств грунтов. Расчетная часть была реализована средствами геоинформационного программного оборудования ArcGIS.

Определены фильтрационные характеристики слабопроницаемых отложений методом налива в шурфы и дан прогноз скорости проникновения загрязнения в подземные воды. Создан комплект карт, позволяющий определить участки, подверженные загрязнению при размещении на исследуемой территории хвостового хозяйства горнодобывающего предприятия.

Ключевые слова: зона аэрации, подземные воды, инфильтрация, слабопроницаемые отложения, шламохранилище.

DOI: 10.17072/psu.geol.19.3.241

Подземные воды в современном мире играют все более важную роль в питьевом водоснабжении. Сегодня особенно обострилась проблема загрязнения подземных вод. С каждым годом техногенная нагрузка на жидкое полезное ископаемое возрастает, и не всегда природа сама может обеспечить необходимую защиту его качества. Несмотря на то, что Россия занимает второе место в мире по объему возобновляемых водных ресурсов после Бразилии, подземные воды в нашей стране нуждаются в защите.

Техногенная нагрузка, вызванная деятельностью человека, оказывает влияние на верхнюю часть литосферы или геологической среды, которая включает почвенный покров, зону аэрации и зону активного водообмена подземных вод. Зона аэрации является естественной защитой подземных вод от поверхностного загрязнения и предопределяет степень их уязвимости.

В процессе разработки месторождений возникает вопрос о размещении отходов производства и оценке их влияния на подземные воды. Необходима оценка и фильтрационных свойств зоны аэрации. Все эти данные послужат основой для проектирования естественного экрана ложа хвостохранилища. Комплексное изучение строения зоны аэрации и условий формирования инфильтрационного питания в техногенно нарушенных территориях позволит минимизировать техногенную нагрузку на гидросферу и запроектировать необходимые мероприятия для ее снижения.

Оценка мощности зоны аэрации проводилась в рамках гидрогеологических исследований промышленной площадки в пределах городского округа Березники и Усольского муниципального района Пермского края, в 12 км к юго-востоку от г. Березники и в 1,5 км от пос. Железнодорожный.

Согласно инженерно-географическому районированию, территория располагается на восточной окраине Восточно-Европейской равнины. В геоморфологическом отношении представляет собой всхолмленную денудационную равнину, расчлененную долинами рек, ручьев и оврагов. Рельеф имеет холмисто-увалистый характер, что оказывает существенное влияние на формирование естественных запасов подземных вод.

Методика исследования

Зона аэрации представлена рыхлыми четвертичными отложениями, сложенными глинами, суглинками и крупнообломочными грунтами элювиально-делювиального генезиса. На рис. 1 представлены типовые геолого-литологические колонки зоны аэрации (Кудряшов, 2001).

В ходе работы были изучены архивные данные более 500 инженерно-геологических скважин и более 1500 результатов определения физико-механических и фильтрационных свойств грунтов. В результате была составлена база характеристик слабопроницаемых отложений, что позволило систематизировать имеющуюся информацию по инженерно-геологическим скважинам и структурировать геологическое строение верхней части зоны аэрации.

Расчетная часть была реализована средствами геоинформационного программного оборудования ArcGIS с использованием географической информации для проведения анализа с помощью модуля Spatial Analyst. Данный модуль применяется для пространственного анализа на основе растровых изображений. При интерполяции данных использовался метод Кригинга (Kriging) с линейной вариограммой, который позволяет

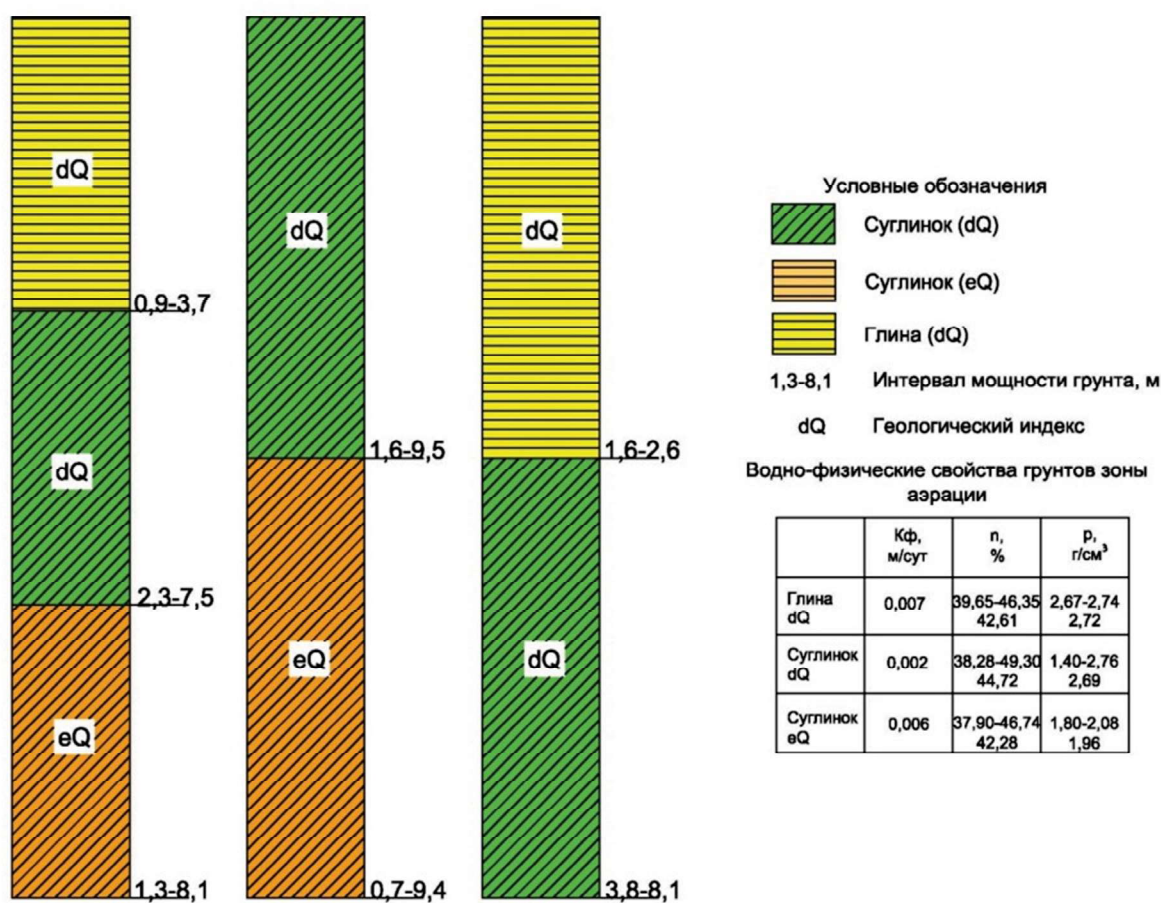


Рис. 1. Типовые геолого-литологические колонки зоны аэрации территории исследований (Лямин, 2019)

строить предполагаемую поверхность из набора точек с z-значениями.

На рис. 2 представлена схема суммарной мощности слабопроницаемых отложений естественного ложа. Как можно видеть, суммарная мощность слабопроницаемых отложений на рассматриваемом участке составляет не менее 3,5 м, а преобладающая мощность в среднем – 5,0 – 10,0 м.

По результатам обработки архивных данных была построена схема значений коэф-

фициентов фильтрации слабопроницаемых отложений зоны аэрации (рис. 3). Архивные результаты подтверждались полевыми определениями коэффициентов фильтрации методом налива в шурфы.

Для оценки защищенности подземных вод использовалась методика В.М. Гольдберга. Свойство защищенности, согласно В.М. Гольдбергу (1984), обуславливается «перекрытостью водоносного горизонта отложениями, прежде всего слабопроницаемыми,



Рис. 2. Схема суммарной мощности слабопроницаемых отложений естественного ложа

препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды». Межпластовые воды защищены, если время обезвреживания загрязняющих веществ меньше времени их фильтрации до зеркала и тогда, когда при сплошном водоупоре пьезометрический уровень располагается выше уровня грунтовых вод и движение воды в данном месте может происходить только вверх.

По результатам анализа архивных данных можно заключить, что рассматриваемая территория хвостохранилища по категории

защищенности относится к незащищенным, т.к. средняя мощность слабопроницаемых отложений до 10,0 м. Наибольшие мощности слабопроницаемых отложений распределены достаточно локально (рис. 2).

Для определения времени фильтрации применялись коэффициенты фильтрации, полученные в результате полевых опытно-фильтрационных работ. Так, по результатам налива в шурфы для суглинков коэффициент фильтрации составляет 0,0014–0,0031 м/сут, а для глин – 0,00039–0,0008 м/сут (рис. 3).

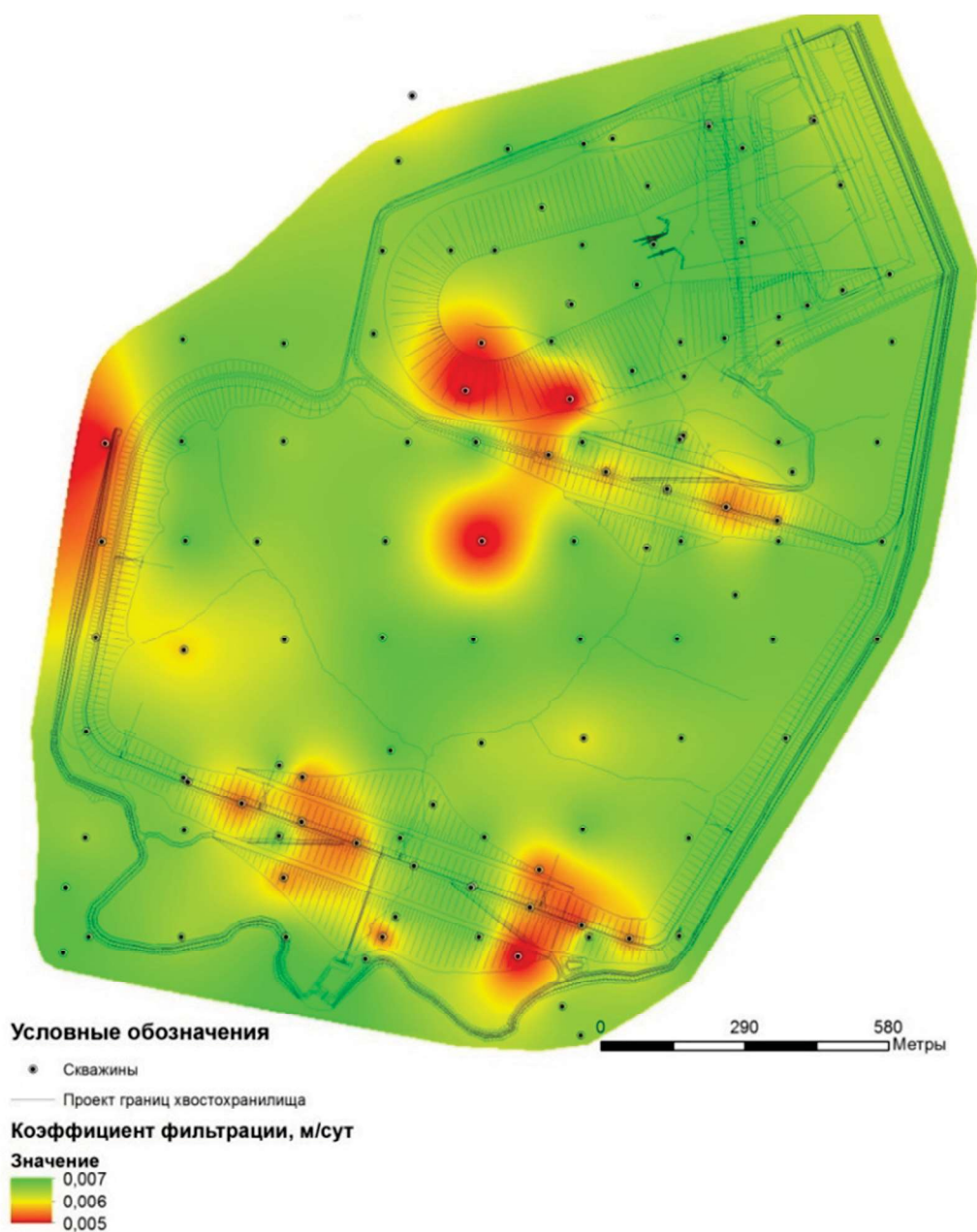


Рис. 3. Схема средневзвешенных значений коэффициентов фильтрации слабопроницаемых отложений зоны аэрации

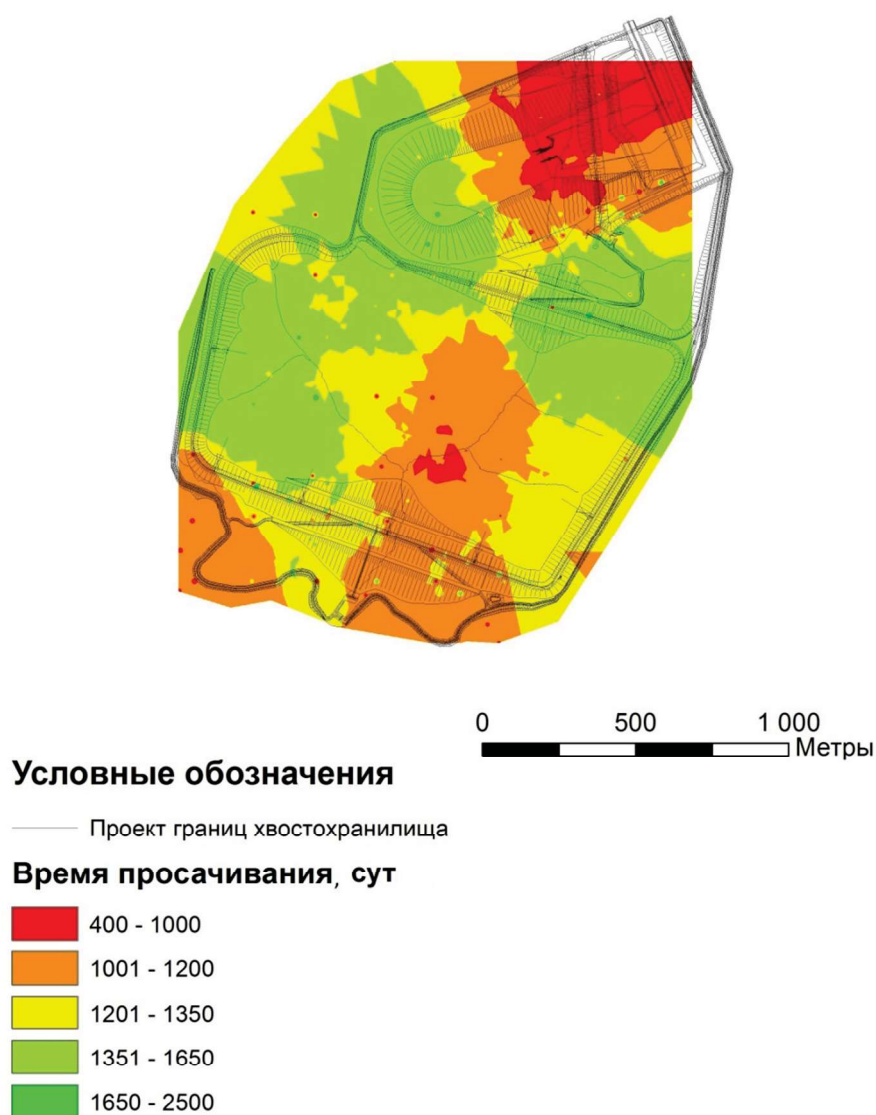


Рис. 4. Карта времени просачивания слабопроницаемых отложений (масштаб 1:15 000)

Для определения времени фильтрации (t) были использованы коэффициенты фильтрации (k), полученные в ходе проведения полевых работ, и мощность зоны аэрации (m), вычисленная в результате обработки архивных данных (Методическое ..., 1979).

Выводы

По результатам проведенных работ была построена схема суммарной мощности слабопроницаемых отложений естественного ложа. Согласно полученной схеме суммарная мощность слабопроницаемых отложений на рассматриваемом участке составляет не менее 3,5 м, а преобладающая мощность в среднем – 5,0 – 10,0 м.

По результатам обработки архивных дан-

ных и проведенных полевых опытно-фильтрационных работ (наливы в шурфы) было получено следующее значение коэффициента фильтрации для слабопроницаемых отложений: суглинки – 0,0014–0,0031, глины – 0,00039–0,0008 м/сут.

Для оценки защищенности подземных вод использовалась методика В.М. Гольдберга. С учетом схемы суммарной мощности слабопроницаемых отложений естественного ложа можно отметить, что рассматриваемая территория хвостохранилища по категории защищенности относится к незащищенным, т.к. средняя мощность слабопроницаемых отложений до 10,0 м. Наибольшие мощности слабопроницаемых отложений распределены достаточно локально (рис. 2).

Библиографический список

Гольдберг В.М. Оценка условий защищенности подземных вод и построение карт защищенности // Гидрогеологические основы охраны подземных вод. М., 1984. С. 171–177.

Елохина С.Н. Учет защищенности и загрязнения подземных вод при долгосрочном планировании // Охрана природных вод Урала. 1982. №13. С. 95–98.

Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / ГИ УрО РАН. Пермь. 2013. 368 с.

Лямин И.А. Оценка фильтрационных свойств и мощности слабопроницаемых отложений ложа хвосто- и шламохранилищ горнодобывающих предприятий // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2019. №3 (159). М.: НИИ-Природа. 2019. С. 10.

Методическое руководство по охране подземных вод от загрязнения. М., 1979. 30 с.

Estimation of Ground Water Protection on the Waste Disposal Site of a Mining Enterprise

I.A. Lyamin, R.Yu. Ruzmanov

Perm State University

15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia. E-mail: lyaminilya@mail.ru; rostislave.r@yandex.ru

The relevance of the research is due to the study of possibility of placing tailings facilities of mining enterprises in areas with minimal negative impact on the environment, in particular on groundwater. This work allows us to estimate the time of penetration of waste pollution into the surface of groundwater. Objective: to determine the areas of the study that are most exposed to groundwater pollution. Objects: filtration parameters of weakly permeable deposits of the aeration zone. Methods: collection and analysis of archival materials, field filtration tests, simulation of the unsaturated zone, geocentrifuge. Results: a set of maps has been created that allows determining the areas that are most susceptible to contamination when placing the tailings of a mining enterprise on the studied territory. Based on data from more than 500 archived engineering-geological wells, a model of the aeration zone was constructed and the power of weakly permeable deposits that will serve as a natural anti-filtration screen was estimated. Filtration characteristics of weakly permeable sediments are determined by the method of filling in pits, and a forecast of the rate of penetration of pollution into underground waters is given.

Keywords: *aeration zone; underground water; infiltration; weakly permeable deposits; sludge storage.*

References

Goldberg V.M. 1984. Otsenka usloviy zashchishchennosti podzemnykh vod i postroenie kart zashchishchennosti [Assessment of underground water protection conditions and construction of protection maps]. In: *Gidrogeologicheskie osnovy okhrany podzemnykh vod*. Moskva, pp. 171-177. (in Russian)

Elokhina S. N. 1982. Uchet izashchishchennosti i zagryazneniya podzemnykh vod pri dolgosrochnom planirovanii [Accounting for protection and pollution of underground waters in long-term planning]. *Okhrana prirodnnykh vod Urala*. 13:95-98. (in Russian)

Kudryashov A.I. 2013. Verkhnekamskoye mestorozhdeniye soley [Verkhnekamskoye salt deposit]. Moskva, p. 368. (in Russian)

Lyamin I.A. 2019. Otsenka filtratsionnykh svoystv i moshchnosti slabopronitsaemykh otlozheniy lozha khvosto- i shlamokhranilishch gornodobyvayushchikh predpriyatiy [Estimation of filtration properties and capacity of weakly permeable deposits of tailings and slime storage beds of mining enterprises]. *Ispolzovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii*. 3(159):10. (in Russian)

Metodicheskoe rukovodstvo po okhrane podzemnykh vod ot zagryazneniya [Methodological guide to the protection of underground water from pollution]. Moskva, p. 30. (in Russian)