

загрязнение грунтов, поверхностных и подземных вод определяется как площадным воздействием медеплавильного производства, так и более локальным воздействием техногенно-минерального месторождения пиритных огарков, что определяет необходимость ведения экологического мониторинга при последующем извлечении металлов из отходов производства [1].

### Выводы

1. Отвалы пиритных огарков являются техногенно-минеральными месторождениями, содержат цветные, благородные металлы и в то же время являются локальным источником воздействия на природную окружающую среду: почвы, поверхностные и подземные воды вносят свой вклад в химическое загрязнение промышленной площадки.

2. Основными элементами-загрязнителями являются тяжелые металлы: Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, Sb и Bi. Вследствие различной миграционной способности спектр тяжелых металлов загрязнителей грунтов и вод имеет черты отличия.

3. Наличие воздействия техногенно-минеральных месторождений пиритных

огарков на природную окружающую среду определяет необходимость ведения экологического мониторинга в период их переработки.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуман О. М., Макаров А. Б., Захаров А. В. Особенности локального экологического мониторинга окружающей среды объектов горнопромышленного производства (на примере Среднего Урала) // Известия вузов. Горный журнал. 2007. № 2. С. 39–40.
2. Макаров А. Б. Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала: научное издание. Екатеринбург: УГТУ, 2006. 206 с.
3. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду / С. И. Мормиль, В. А. Сальников, А. А. Амосов и др. Екатеринбург, 2002. 206 с.
4. Фаткуллин И. Р. Пиритные огарки ОАО «Минудобрения» (г. Мелеуз) – ценное техногенное сырье // Реновация: отходы-технологии-доходы: тез. всерос. науч.-практ. конф. Уфа, 2004. С. 237–241.
5. Шин С. Н., Чумарев В. М., Гуляева Р. И. Усовершенствованный вариант бесхлоридной технологии комплексной переработки пиритных огарков // Экологические проблемы промышленных регионов: мат-лы всерос. конф. Екатеринбург, 2004. С. 324–325.

УДК 556.388(470.5)+551.311.231

## ЗАЩИЩЕННОСТЬ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА УРАЛЬСКОЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

В. П. Новиков, О. Н. Грязнов

Обоснована защищенность питьевых подземных вод восточного склона Урала от микробного загрязнения при мощности зоны аэрации, сложенной супглинистыми грунтами коры химического выветривания, не менее 2,3 м.

*Ключевые слова:* защищенность, питьевые подземные воды, микробное загрязнение, кора выветривания.

The protection of underground potable waters from microbe pollution is substantiated of the eastern slope of the Urals with high zone of aeration, composed of loamy soils of the crust of chemical weathering, not less than 2.3 m.

*Key words:* protectability, potable water, microb contamination, crust of weathering.

В связи с наступлением эпохи платного землепользования и недропользования требования к обоснованности зон санитарной охраны водозаборов питьевого назначения существенно возросли.

Согласно Санитарным правилам и нормам СанПиН 2.1.4.1110-02, введенным с 01.06.2002 г., зоны санитарной охраны организуются в составе трех поясов. Первый пояс (ЗСО-1) предназначен для защиты места водозаборов и водозаборных сооружений от случайного или умышленного загрязнения. Второй и третий пояса (ЗСО-2 и ЗСО-3) являются поясами ограничений для защиты подземных вод соответственно от микробного и химического загрязнений.

В любом варианте использования подземных вод в пределах Уральской гидрогеологической складчатой области они по критериям СанПиН 2.1.4.1110-02 относятся к недостаточно защищенным, что однозначно обосновывает установление границ ЗСО-1 для подземных водозаборов питьевого назначения на расстоянии 50 м. Для группы водозаборов граница ЗСО-1 должна находиться на расстоянии не менее 50 м от крайних скважин.

Сложившаяся практика назначения границ ЗСО-3 в пределах Уральской гидрогеологической складчатой области исходит из принципа высоких скоростей движения подземных вод к водозаборным сооружениям. Благодаря этому допустимое расстояние от водозабора до источника химического загрязнения, определяющее размеры ЗСО-3 и рассчитанное как произведение скорости латерального движения подземных вод на амортизационный срок эксплуатации водозаборного сооружения (25 лет), существенно превышает размеры площади захвата подземных вод водозаборным сооружением. Исходя из высокой скорости латеральной фильтрации трещинно-жильных и трещинно-карстовых подземных вод, границы ЗСО-3 совмещаются с границами локальных бассейнов подземного стока. Площади этих бассейнов одновременно используются в качестве балансовых площадей, обосновывающих обеспеченность эксплуатационных ресурсов (запасов) подземных вод водозаборных участков (месторождений). При этом в регулировании сезонной изменчивости восполнения ресурсов (запасов)

подземных вод, включая привлечение транзитного речного стока, исключительно большую роль играет емкость повсеместно развитой на Урале коры выветривания. Ее отсутствие в районах высокорасчлененного рельефа обосновывает очень малую величину ресурсов подземных вод в маловодные периоды.

Таким образом, обоснование границ ЗСО-1 и ЗСО-3 в пределах Уральской гидрогеологической складчатой области строго регламентировано и фактически не требует при их назначении каких-либо дополнительных гидрогеологических расчетов.

Существенно более сложным вопросом является обоснование границ ЗСО-2, поскольку практически для всех водозаборов, особенно малых, отсутствуют необходимые для этого исходные для расчетов параметры. Задача оптимизации границ ЗСО-2 существенно упрощается при наличии в верхней части геологического разреза коры выветривания, которая в зоне аэрации обладает значительными защитными свойствами.

Коры выветривания на Среднем Урале сформировались в разнообразных климатических и тектонических условиях [1, 2, 5]. Мезозойские коры выветривания образовались в условиях тропического климата. При поднятии региона в позднем палеогене – раннем миоцене значительная часть мезозойских кор выветривания была смыта, после чего в условиях умеренно теплого климата сформировалась новая кора выветривания существенно гидрослюдистого состава, наложенная на обнажившиеся к тому времени породы палеозоя, рыхлые образования мезозойских кор выветривания и на ранее образованные осадочные отложения. Это привело в ряде случаев к развитию «вторичных» горизонтов в ранее сформированных мезозойских корах. Таким образом, в настоящее время на рассматриваемой территории сохранилось два типа кор выветривания: линейный, имеющий в нижней части разреза преимущественно каолинитовый состав, и площадной – преимущественно гидрослюдистого состава. Условная граница между площадной и линейной кора выветривания может быть проведена по изолинии мощности 10 м, совпадающей с максимальной глубиной проникновения гидрослюдистого преобразования коры в дисперсной зоне [2].

Анализ многочисленных определений не выявил линейных меридиональных и широтных закономерностей минерального состава как мезозойской, так и кайнозойской кор выветривания. Более того, в пределах одной климатической зоны на самых разнообразных по исходному составу горных породах развиваются одинаковые профили выветривания, — «память» коры выветривания хранит в основном информацию об истории ее формирования [2], а свойства грунтов из различных геохимических зон коры выветривания оказываются очень близкими. При этом установлено, что региональное закономерное изменение физико-механических свойств кор выветривания устанавливается на расстоянии 700–900 км [1]. Это важное обстоятельство позволяет рассматривать площадь, расположенную в одной и той же климатической зоне, как находящуюся в одинаковых условиях регулирования восполняемых ресурсов подземных вод.

Мезозойская каолиновая кора выветривания имеет линейный характер распространения и приурочена к тектонически ослабленным зонам, контактам различных пород и даек, то есть к зонам повышенной трещиноватости, где мощность коры выветривания может достигать 100–150 м.

Олигоценовая гидрослюдистая кора выветривания имеет площадное распространение. Ее минимальная мощность до 5 м встречается на слаботрещиноватых породах, к которым прежде всего относятся центральные части многочисленных интрузий. В зонах повышенной трещиноватости гидрослюдистый состав наложен на каолиновую кору выветривания и ее мощность достигает 10 м. Состав и свойства дисперсной зоны мало изменяются по глубине.

Анализ процессов влагопереноса в зоне аэрации при обосновании зон санитарной охраны водозаборов, выполненный Г. Е. Ершовым (ЗАО «ГИДЭК») и С. П. Поздняковым (МГУ) [3] с привлечением результатов работ других исследователей (С. Ф. Аверьянова, Н. Н. Биндемана, И. С. Пашковского, В. М. Шестакова и др.), показал, что время просачивания загрязненных вод по вертикали до основного водоносного горизонта ( $t_o$ ) при малой интенсивности инфильтрации ( $\epsilon$ ) загрязненных вод ( $\epsilon < k_o$ ) имеет вид [4]:

$$t_o = \frac{n_o m_o}{\sqrt[n]{\epsilon^{n-1} k_o}}, \quad (1)$$

где  $n_o$  и  $m_o$  — активная пористость и мощность зоны аэрации при эксплуатации;  $\epsilon$  — величина инфильтрации, адекватная модулю подземного стока;  $k_o$  — коэффициент фильтрации пород зоны аэрации. В общем случае зависимость значения показателя степени  $n$  от значения коэффициента фильтрации  $k$  имеет обратный характер и в билогарифмическом виде может быть описана уравнением (рис. 1):

$$\lg n = 0,73 - 0,24 \lg k \quad (2)$$

при коэффициенте корреляции  $-0,88$ .

Исходя из корреляционного уравнения (2) авторами была построена зависимость показателя просачивания ( $\Pi$ ) от коэффициента фильтрации (рис. 2):

$$\Pi = \sqrt[n]{W^{n-1} k}. \quad (3)$$

Следовательно, скорость просачивания  $U_s$  можно записать в виде отношения:

$$U_s = \frac{\Pi}{n_o}. \quad (4)$$

Искомое время  $t_o$  — формула (1) — оценивается как отношение мощности зоны аэрации ( $m_o$ ) к скорости просачивания.

В формуле (1) в явном виде известна лишь мощность зоны аэрации ( $m_o$ ). Относительно удовлетворительная информация имеется и по модулю подземного стока ( $\epsilon$ ), который обычно выражается в л/с·км<sup>2</sup>, а в формуле (1) преобразован в размерность 86,4/10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>/сут·м<sup>2</sup> или м/сут. Неизвестными являются лишь значения активной пористости ( $n_o$ ) и коэффициента фильтрации ( $k_o$ ) пород зоны аэрации [5].

Нередкое в настоящее время в практике гидрогеологических расчетов рассматриваемых процессов приравнение активной пористости к разнице между общей пористостью и объемным выражением максимальной молекулярной влагоемкости к зоне аэрации отношения не имеет. В этой части гидрогеологического разреза активную пористость следует приравнивать к недостатку насыщения водовмещающих пород, как разнице между их полной влагоемкостью и естественной влажностью. Полная влагоемкость в объемном виде соответствует пористости. Очевидно, что трещиноватые породы имеют

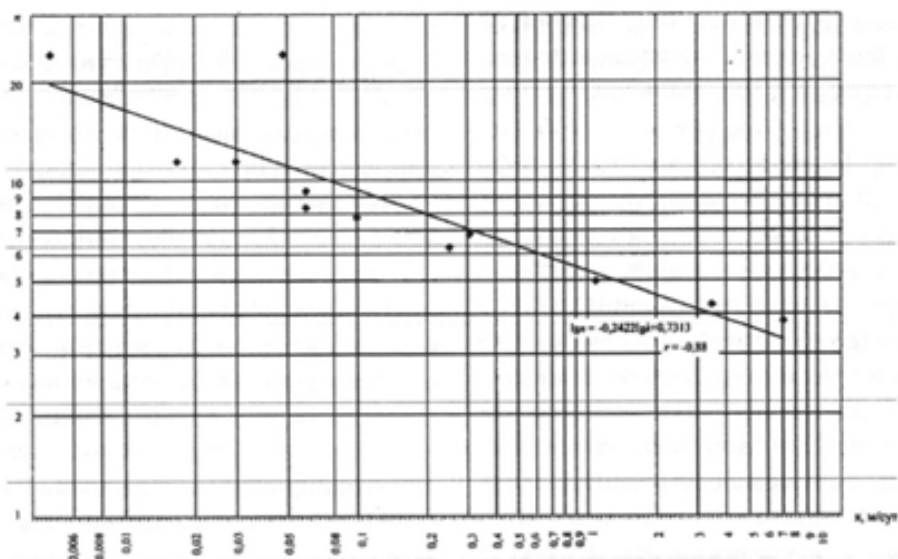
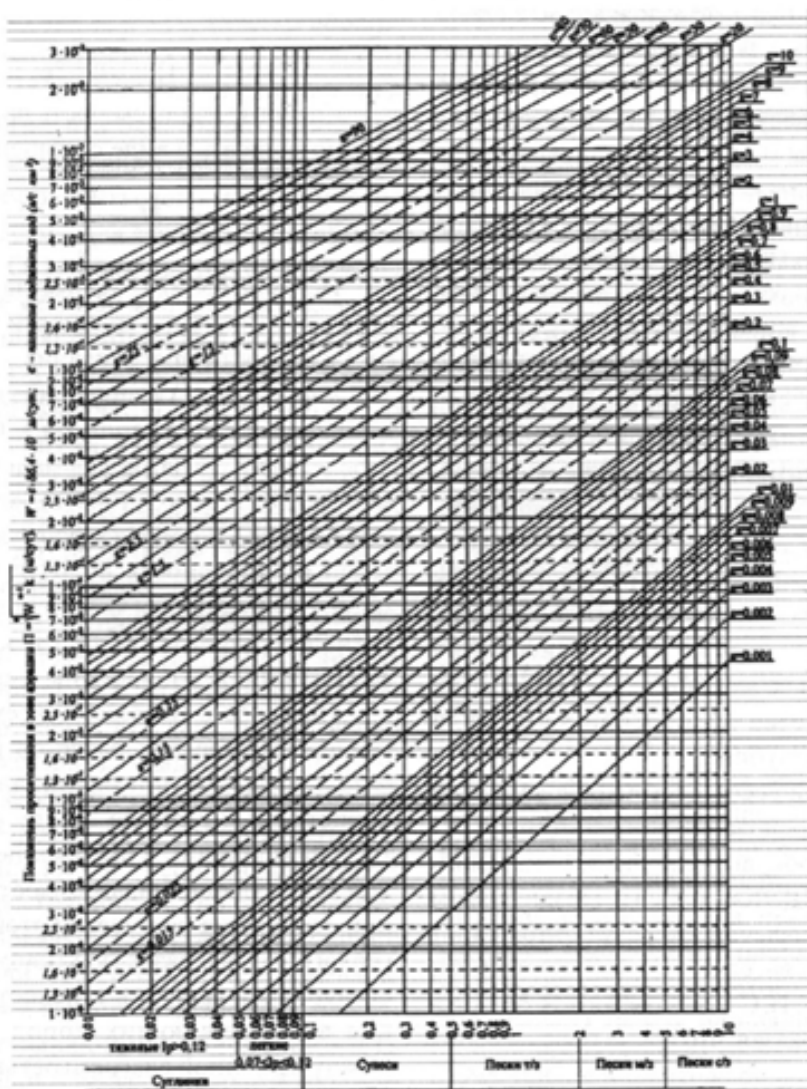


Рис. 1. Логарифмический график зависимости параметра Аверьянова ( $n$ ) от коэффициента фильтрации ( $k$ )



Коэффициент фильтрации ( $k$ ), м/сут

(по В. Д. Ломтадзе, В. М. Максимова с детализацией М. А. Солодухина и И. М. Архангельского)

Рис. 2. Зависимость показателя просачивания ( $\Pi$ ) от величины питания и коэффициента фильтрации



очень низкие значения как пористости (трещинной пустотности), так и естественной влажности. На площади их распространения в пределах Уральской гидрогеологической складчатой области практически повсеместно развита кора выветривания, мощность которой увеличивается с запада на восток. Верхнюю часть «глинистой» коры выветривания в инженерно-геологической терминологии слагают суглинки, среднюю – супеси, нижнюю – дресвяно-щебнистые образования с супесчаным заполнителем.

Закономерности в распределении численных значений недостатка насыщения суглинков и супесей в плане и разрезе по имеющимся в распоряжении авторов 110 значениям не выявлено. В таких случаях при расчетах традиционно пользуются статистическими характеристиками. Статистическое распределение показателя недостатка насыщения характеризуется высокой неоднородностью (коэффициент вариации 98 %) и не противоречит логнормальному распределению при крайних численных величинах от 0 до 33 % объема пор. Наиболее эффективной оценкой среднего при логнормальном распределении является его максимально правдоподобная оценка, которая для недостатка насыщения имеет значение 12 % (или 0,12 в д. ед.).

Значение коэффициента фильтрации в верхней части разреза коры выветривания по 45 определениям в составе работ по подземному выщелачиванию (ПВ) также имеет логнормальное распределение. Максимально правдоподобная оценка среднего значения равна для суглинков 0,047 м/сут. Следует отметить, что суглинки для процесса ПВ являются технологически непригодными. Рудные тела для ПВ находятся в обводненных породах, представленных супесью и тонкозернистыми песками. Максимально правдоподобная оценка коэффициента фильтрации по 285 определениям для супесей равна 1,0 м/сут при крайних значениях от 0,1 до 5 м/сут [4].

Питание подземных вод имеет более сложный характер по сравнению с упрощенными схемами его среднемноголетних значений. Фактически после наступления устойчивых отрицательных температур (конец октября – начало ноября) питание подземных вод

полностью прекращается. В морозный период (до начала апреля) происходит подтягивание влаги к фронту промерзания почвы. Оттаивание промерзшего слоя (мощностью 1-3 м), в котором степень насыщения пород льдом достигает предела, происходит как на верхней, так и на нижней его границе приблизительно с одинаковой скоростью. Влага, образовавшаяся при оттаивании верхней части промерзшего слоя после схода снежного покрова, расходуется на испарение; при оттаивании нижнего слоя – на питание подземных вод. В период оттаивания слоя сезонного промерзания происходит около 90 % годового питания подземных вод. Осеннее питание в период затяжных дождей обеспечивает восполнение ресурсов подземных вод не более чем на 10 %. Поэтому при обосновании границы 2-го пояса зоны санитарной охраны следует ориентироваться на «весеннюю» его составляющую. То есть среднемноголетнюю величину питания, традиционно выраженную через модуль подземного стока, необходимо увеличить по крайней мере в 9 раз. Вместе с тем необходимо учесть, что в морозный период (около 150 суток) движение влаги в зоне аэрации направлено вверх к фронту промерзания. Поэтому регламентируемое СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зона санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения» время выживания бактерий для рассматриваемого климатического района в 400 суток необходимо уменьшить на 150 суток. То есть по отношению к годовому питанию сезонное его значение допустимо увеличить на  $90 \cdot 150 / 400 = 33,7$  % в течение одного месяца.

Таким образом, общепринятую при расчете времени вертикальной инфильтрации величину приращения питания по отношению к годовому  $\Delta W$  в паводковый период, равную 30 % от годового в течение одного месяца, можно считать приемлемой.

Исходя из обоснованных выше значений исходных расчетных параметров и зависимости показателя просачивания (П) от величины питания и коэффициента фильтрации покровных образований (см. рис. 1), скорость инфильтрации в суглинках при годовом питании  $2 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$  (паводковом – около  $7 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ )

составит  $7 \cdot 10^{-4} / 0,12 = 0,0058$  м/сут, что достаточно для защиты от микробного загрязнения при мощности зоны аэрации:  $0,0058 \cdot 400 = 2,3$  м.

Высокие защитные свойства коры выветривания от микробного загрязнения подземных вод подтверждаются их благополучием по этим показателям практически всех действующих подземных источников водоснабжения, что позволяет в подавляющем большинстве случаев совмещать границы 1-го и 2-го поясов зоны санитарной охраны.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузовский Л. А. Карта кор выветривания Урала // Кобылинский Л. А. Саратова: Саратовский ун-т, 1963. С. 37-44.
2. Евсеева З. К., Костерова Т. К., Дубейковский С. Г. О расчленении дисперсной зоны коры выветривания на инженерно-геологические элементы // Гидрогеология и инженерная геология Урала: Труды / Свердловский горный ин-т. Свердловск, 1975. Вып. 117. С.101-107.

3. Ершов Г. Е. Поздняков С. П. Об учете влагопереноса в зоне аэрации при обосновании зон санитарной охраны водозаборов // Современные проблемы изучения и использования питьевых подземных вод (памяти Н. Н. Биндемана 1902-2002): мат-лы совещания. М.: ГИДЭК, 2003. С. 153-164.

4. Новиков В. П. Обоснование исходных данных для расчета времени просачивания // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Урала и сопредельных территорий: мат-лы всерос. конф. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2011.

5. Новиков В. П., Грязнов О. Н. Роль коры выветривания в защищенности подземных вод восточного склона Урала от микробного загрязнения // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Урала и сопредельных территорий: мат-лы всерос. конф. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2011.

6. Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2-го и 3-го поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения / под ред. В. С. Алексеева. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1983.

УДК 556.38:626.86

## О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИВЛЕКАЕМЫХ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ДРЕНАЖЕ ПАРКИНГА «ЕКАТЕРИНБУРГ-СИТИ»

А. А. Скалин

Анализируется опыт эксплуатации инфильтрационного водозабора для строительного водопонижения подземного паркинга высотного здания на берегу р. Исети в центре мегаполиса Среднего Урала. Для снижения стоимости эксплуатации дренажа, обеспечивающего безопасность, предлагаются инновационные технологии по очистке привлекаемых ресурсов подземных вод и последующего их использования для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

*Ключевые слова:* дренаж, инфильтрационный водозабор, трещинно-жильный коллектор, габбровый массив, высотное строительство, «Екатеринбург-СИТИ».

The experience of exploitation infiltration water-intake for the construction of water-lowering underground parking of a high-rise building on the bank of the Iset river in the center of the megapolis of the Middle Urals. To reduce the operating cost of drainage, providing security, some technologies on cleaning of involved groundwater resources are suggested and their future use for household and water supply is considered.

*Key words:* drainage, infiltration water intake, fracture-core collector, gabbro mass, high-rise building, «YeCITY».