

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.И.Вишняк

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИДОЛИННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Большая часть населения России пьет воду из поверхностных источников [1]. Примерно такое же положение наблюдается и в регионе Среднего Урала. При этом качество вод, получаемых из поверхностных источников, оставляет желать лучшего. В последнее время использование поверхностных источников водоснабжения осложняется и в силу экономических причин. Несмотря на дороговизну водоподготовки, ее качество остается очень низким.

Альтернативой является использование для хозяйственно-питьевого водоснабжения более качественного водоисточника - подземных вод. У эксплуатации подземных вод на Среднем Урале есть свои недостатки. Месторождения сосредоточены в локальных структурах, ограниченных, как правило, местными водоразделами. Они имеют небольшие эксплуатационные запасы, и их использование для целей крупного водоснабжения не всегда выгодно с экономической точки зрения. Исключения составляют месторождения подземных вод, приуроченные к долинам относительно крупных рек. Большая часть их эксплуатационных запасов связана с привлекаемыми ресурсами, т.е. в балансе месторождения преобладают речные воды. Эти месторождения характеризуются относительно большими эксплуатационными запасами и могут использоваться для крупного водоснабжения путем организации береговых водозаборов. Анализ опубликованных и фондовых материалов, моделирование процессов геомиграции на ряде придолинных месторождений позволили обратить внимание на экологические аспекты эксплуатации придолинных месторождений ПВ на Среднем Урале. Эксплуатация придолинных месторождений порождает ряд задач: прогноз качества подземных вод на этапе разведки месторождения и его уточнение на этапе эксплуатации, прогноз качества подземных вод при аварийных выбросах загрязнения в реку, выработка на основе прогнозов рекомендаций по эксплуатации водозабора (в том числе в случае возникновения аварийных ситуаций). Для решения этих задач необходимо создание постоянно действующей гидрогеомиграционной модели месторождения и комплексный модельно-ориентированный мониторинг данного месторождения [4,5].

Для месторождений подземных вод, расположенных в пределах Больше-Уральского бассейна, в том числе и для придолинных месторождений, характерно сходство вертикальных разрезов. Как правило, верхняя часть разреза сложена рыхлыми покровными отложениями, представленными корами выветривания на водораздельных пространствах либо аллювиальными отложениями в пределах речных долин. Нижняя часть разреза представлена коренными трещиноватыми или закарстованными породами и резко отличается от верхней по фильтрационным и емкостным свойствам. Основные емкостные запасы сосредоточены в рыхлых покровных отложениях, а горизонтальная фильтрация осуществляется через нижний трещинный (трещинно-карстовый) водоносный горизонт. Отбор воды производится из нижнего горизонта, а верхний выступает в качестве регулирующей емкости.

На береговых водозаборах Среднего Урала действуют три группы факторов, определяющих качество получаемой воды. Во-первых, это разбавление привлекаемых речных вод подземными водами, которые формируются на площади месторождения. Во-вторых, это процессы трансформации состава речных вод при прохождении ими механических, физико-химических, биологических и других барьеров, расположенных, главным образом, в пределах аллювиальных отложений. Эти процессы в

большинстве своем приводят к улучшению качества речных вод, хотя возможны и негативные изменения их состава. В-третьих, это процессы, приводящие к сглаживанию концентрационных пиков в речных водах, поступающих к водозаборным скважинам. Прогноз качества вод на береговых водозаборах должен вестись по трем направлениям, связанным с этими группами факторов. Выбор этих направлений не случаен. Он определяется характером загрязнения рек Среднего Урала и его взаимосвязью с подземными водами. В разных природно-техногенных условиях приоритет следует отдавать тем или иным направлениям прогноза. Так, для постоянно грязных рек нет смысла прогнозировать сглаживание концентрационных пиков до тех пор, пока не будет доказана возможность серьезного улучшения качества речных вод при прохождении ими гидрогеохимических барьеров или путем разбавления их подземными водами. Для периодически загрязненных рек, наоборот, основное внимание должно сосредоточиться на прогнозе сглаживания концентрационных пиков, разумеется, при учете разбавления и барьерных свойств аллювия. Для придолинных месторождений с невысоким коэффициентом притяжения речных вод, а также при его резкой сезонной изменчивости принципиальное значение приобретает изучение степени разбавления речных вод подземными. Для месторождений, расположенных на берегах крупных водохранилищ, прогноз сглаживания концентрационных пиков менее значим, чем для месторождений, расположенных на реках, так как некоторое перемешивание может происходить уже в пределах чаши водохранилища.

Одной из очень важных особенностей береговых водозаборов является их способность сглаживать концентрационные пики, т.е. резкие, но кратковременные всплески концентрации загрязняющего компонента в речных водах. В результате к водозаборным скважинам поступает концентрационная волна, растянутая во времени и имеющая значительно меньшие содержания загрязнения, чем речные воды в момент прохождения пика. До сих пор этому процессу уделяется мало внимания, а между тем он очень важен. Во-первых, сглаживание концентрационных пиков исключает залповое поступление высоких концентраций вредного компонента в водопроводную сеть, а следовательно, и в человеческий организм. Во-вторых, резко повышается надежность контроля за качеством воды перед подачей ее населению. Это связано с тем, что продолжительность прохождения концентрационных пиков по поверхностным водотокам невысока (вплоть до нескольких часов), следовательно, отследить эти пики при эксплуатации поверхностных источников практически невозможно, особенно учитывая большое разнообразие загрязняющих веществ. Это приводит к бесконтрольному поступлению в водопроводную сеть высоких концентраций вредных соединений. При эксплуатации берегового водозабора эти концентрационные пики значительно растягиваются во времени, и отследить их намного проще.

Следует отметить, что традиционная методика разведки месторождений подземных вод на Среднем Урале не всегда позволяет сделать прогноз качества вод на придолинных месторождениях. Обычно такой прогноз выполняется по простому уравнению смешения с оценкой времени прохождения речными водами аллювиальных отложений, либо чисто качественно, по методу аналогий с уже действующими береговыми водозаборами. В этой связи открывается широкое поле деятельности по данной тематике. Существует необходимость прогноза качества вод практически на всех придолинных месторождениях Среднего Урала, в том числе на действующих водозаборах. На последних необходимо изучить степень сглаживания концентрационных пиков, которая практически не известна. Определить ее на основании наблюдений за химическим составом речных вод и воды, получаемой из водозабора, не представляется возможным, так как концентрационные пики в реках практически не фиксируются и регулярно изучается содержание весьма узкого круга загрязняющих компонентов. Кроме этого, по данным многолетних наблюдений за составом речных и отбираемых вод, необходимо изучить барьерные свойства аллювиальных отложений. Эти исследования могут оказаться полезными при прогнозе качества вод на месторождениях-аналогах. Прогноз качества вод на еще не эксплуатируемом месторождении возможен только в том случае, если уже намечена конкретная схема его эксплуатации.

На большинстве придолинных месторождений подземных вод Среднего Урала прогноз степени разбавления речных вод подземными производился балансовыми методами. Данные о балансе, полученные на этапе оценки эксплуатационных запасов месторождения, использовались для прогноза качества вод с помощью уравнения смешения. На некоторых месторождениях для изучения баланса запасов применялось математическое моделирование (И.И.Крашин, Р.С.Штенгелов, Л.С.Рыбникова). Преимуществом математического моделирования является возможность более точно оценить сезонную цикличность изменения баланса эксплуатационных запасов. Необходимость

изучения цикличности баланса связана с тем, что большинство уральских береговых водозаборов относятся к регулирующим. Регулирующими называются (Зайцев Г.И., 1967) такие водозаборы, в зоне влияния которых под воздействием эксплуатации происходят цикличные процессы регулирования речного стока за счет периодической сработки и восполнения емкостных запасов аллювия. Степень разбавления речных вод подземными может сильно меняться на протяжении года, поэтому усредненный (среднегодовой) прогноз качества вод по уравнению смешения часто является неприемлемым. Прогноз по уравнению смешения должен выполняться для наиболее неблагоприятных периодов года, когда доля речных вод в общем балансе максимальна. Такой прогноз должен опираться на решение геофильтрационной задачи методами математического моделирования, так как учесть сезонную цикличность инфильтрационного питания и периодическое затопление пойм, а также сложную гидрогеологическую обстановку другими методами сложно. Также нужно иметь в виду, что неблагоприятность периода года зависит не только от доли привлекаемых речных вод в общем балансе месторождения, но и от водности реки в этот период. Выявление наиболее неблагоприятных для загрязнения реки периодов года необходимо для планирования профилактических мероприятий. Например, можно рекомендовать промышленным предприятиям изменить график продувки систем оборотного водоснабжения для того, чтобы избежать поступления в реку загрязнений в неблагоприятные для водозабора периоды года, максимально ужесточить экологический контроль за сбросом сточных вод.

Речные воды не всегда являются главным источником загрязнения на придолинных месторождениях. В условиях Среднего Урала иногда наблюдается и обратная картина. Подток соленоватых вод из глубоких горизонтов проявился на Сергинском месторождении подземных вод и на Бардымском участке. В первом случае путем длительной опытной откачки была доказана возможность сильного разбавления соленоватых вод речными, тогда как во втором случае аналогичная откачка дала отрицательный результат (Зайцев Г.И., Крашин И.И., Владимиров Ю.И., 1972). В данных сложных гидрогеологических условиях другие способы определения степени разбавления подтягиваемых соленоватых вод вряд ли приемлемы, тем более, что в таких условиях для ее определения не требуется слишком длительная откачка.

Как уже отмечалось выше, одной из очень важных особенностей береговых водозаборов является их способность сглаживать концентрационные пики, т.е. резкие, но кратковременные всплески концентрации загрязняющего компонента в речных водах. Это свойство береговых водозаборов обуславливают следующие факторы:

1. Различное время прохождения речными водами аллювиальных отложений на разных участках реки. Разница во времени прохождения аллювиальных отложений может быть связана с несколькими причинами, прежде всего с колебаниями мощности аллювиальных отложений на разных участках, различными коэффициентами фильтрации, различной активной или эффективной (в случае сорбируемого компонента) пористостью. Даже если аллювиальный горизонт абсолютно однороден в пределах месторождения, время прохождения аллювия речными водами все равно будет различным. Это связано с особенностями развития депрессионной воронки в нижнем трещиноватом горизонте, в результате чего перепады напоров между ним и аллювием будут различными на разных участках месторождения.

2. Различное время движения речных вод от подошвы аллювия до водозаборных скважин. Это связано с тремя основными причинами. Во-первых, с различным расстоянием от водозаборных скважин до разных участков реки. Во-вторых, с различной горизонтальной скоростью фильтрации в трещинном (трещинно-карстовом) водоносном горизонте на разном расстоянии от водозаборной скважины. С увеличением расстояния от скважины депрессионная воронка выполаживается, а фильтрационные градиенты уменьшаются. Это также вызывает запаздывание прихода фронта речных вод к скважине от удаленных участков. В-третьих, различная действительная скорость фильтрации в трещиноватом (трещинно-карстовом) горизонте на разных участках связана с его неоднородностью (с вариациями коэффициента фильтрации и особенно активной трещиноватости).

3. Дисперсионное размывание концентрационной волны при движении речных вод через трещиноватый горизонт. Во-первых, оно связано с высокими значениями показателей микродисперсии в трещиноватых породах, причем в размазывании концентрационной волны принимает активное участие как продольная, так и поперечная микродисперсия. В некоторых случаях, особенно когда трещиноватый горизонт сложен карбонатными породами, важную роль наряду с микродисперсией начинает играть и макродисперсия.

4. Сглаживание концентрационной волны за счет смешения речных и подземных вод в прискважинной зоне и в скважине.

Для общей оценки защищенности берегового водозабора от залповых выбросов загрязняющих веществ в реку, а также для разработки на основании результата этой оценки необходимых рекомендаций и профилактических мероприятий нам необходимо изучить следующие характеристики сглаживания концентрационных пиков:

1. Определить максимальную продолжительность концентрационного всплеска в реке, при которой еще возможен эффект сглаживания.

2. Изучить зависимость степени сглаживания от продолжительности концентрационного всплеска в реке. Ясно, что чем более кратковременным будет загрязнение реки, тем сильнее будет степень сглаживания концентрационного пика. Поэтому очень кратковременные загрязнения реки могут оказаться вполне безопасными для берегового водозабора, даже если концентрация загрязняющих веществ в реке будет в десятки раз превышать ПДК.

3. Определить длину по времени концентрационной волны приходящей к скважине, так как если промежуток времени между двумя всплесками концентрации в реке меньше длины (по времени) этой волны, то произойдет наложение волн от этих двух пиков, и результирующая концентрация в волне приходящей к скважине окажется выше предполагаемой.

Оценка барьерной роли аллювиальных отложений необходима для тех загрязняющих компонентов, содержание которых в реке превышает ПДК на протяжении длительных периодов времени, особенно в тех случаях, когда разбавление речных вод подземными не приводит к необходимому снижению их концентрации. Геохимические барьеры, образующиеся в аллювиальных отложениях при эксплуатации берегового водозабора, способны задерживать многие виды загрязнений, сводя до минимума затраты на водоподготовку.

Характерной особенностью уральских придолинных месторождений является наличие весьма надежного механического барьера. Гранулометрический состав аллювиальных отложений позволяет задерживать даже мельчайшие взвешенные в воде частицы. Это связано с высокими содержаниями в аллювии пылеватых и глинистых фракций. Важным благоприятным фактором является низкая скорость фильтрации в аллювии, связанная с невысоким коэффициентом фильтрации. Такая ситуация приводит к тому, что почти все взвешенные частицы оседают в первых сантиметрах верхней части аллювия, образуя на его поверхности илистую пленку. Эта пленка препятствует проникновению в подземный горизонт не только взвешенных частиц, но и большей части микроорганизмов и водорослей [3]. Она также сорбирует многие виды химических загрязнений. Несмотря на оседание взвесей, условия для накопления коагулирующего слоя на многих месторождениях отсутствуют, так как в паводок верхний слой аллювия испытывает значительный размыв. Необходимым условием для этого является сохранение баланса наносов. Если отбор воды слишком велик, то естественное равновесие нарушается и начинают преобладать процессы заиления русла. В процессе фильтрации речных вод через аллювий слой русловых наносов на участке месторождения может значительно загрязниться и исчерпать свою сорбционную емкость. Если баланс наносов соблюдается, то в паводок часть этих наносов переместится вниз по течению, а часть будет снесена на пойму. Их место займут более чистые наносы, которые до этого находились выше по течению. Образно говоря, самый верхний слой аллювия может работать как сменный фильтр, сорбционная емкость которого ежегодно обновляется. Методы изучения и расчета баланса наносов как в естественном, так и в нарушенном режимах подробно рассмотрены в работе [2]. При этом следует учитывать, что донные отложения при их загрязнении мелкими коллоидными взвешьями, органическими веществами и нефтепродуктами увеличивают свою связность и труднее поддаются размыву [2]. Огромное значение имеет фактор времени. На береговых водозаборах Среднего Урала вследствие весьма низких скоростей фильтрации речных вод через аллювиальные отложения достигается высокая эффективность очистки вод на окислительно-восстановительных барьерах. На многих водозаборах время пребывания речных вод в аллювии превышает время выживания большинства видов болезнетворных бактерий, что способствует почти полной очистке от них.

К сожалению, сделать серьезный прогноз очистки речных вод от многих загрязняющих компонентов при их фильтрации через аллювиальные отложения без проведения миграционных наблюдений на конкретном объекте пока невозможно. Поэтому, по традиции, на этапе детальной разведки месторождения во время длительной опытной откачки, имитирующей эксплуатацию месторождения, производится регулярный отбор проб воды из реки и скважин. По результатам

анализов делаются выводы об очищающей способности аллювиальных отложений. У данного метода есть большие недостатки. Во-первых, зачастую продолжительность опытной откачки не позволяет речным водам достигнуть водозаборных скважин. Во-вторых, происходит интенсивная сорбция многих веществ, которая при эксплуатации водозабора не будет работать, так как сорбционная емкость окажется исчерпанной. В-третьих, мы получаем данные, характерные только для определенного периода года, в то время как степень очистки различна для разных сезонов. В-четвертых, есть опасность получить отрицательный результат, после того как потрачены большие деньги на разведку месторождения. Выходом из этого положения может служить нередко применяемый на практике метод аналогий. Для разведываемого месторождения выбирается месторождение-аналог, на котором давно ведется эксплуатация и проводятся режимные наблюдения за составом как подземных, так и речных вод. По результатам этих наблюдений делаются выводы об очищающей способности аллювиальных отложений месторождения-аналога, которые по аналогии переносятся на разведываемое месторождение.

На сегодняшний день в Свердловской области эксплуатируется несколько придолинных месторождений: это Ильинский участок Восточно-Асбестовского месторождения, Малорефтинское, Большерефтинское, Сергинское, Демидовское месторождения; разведаны, но пока не эксплуатируются Южно-Шемахинское, Уткинское, Черемшанское месторождения подземных вод.

Рассмотрим особенности эксплуатации Ильинского участка Восточно-Асбестовского месторождения, которая производится с марта 1993 года. Разведка участка для водоснабжения г.Асбеста производилась в 1990-1991 годах Уральской ГПП. Основную площадь участка слагают габбро, плагиограниты, диориты и габбродиориты. Зона экзогенной трещиноватости распространена до глубины 25 м. Водопроницаемость трещинного водоносного горизонта по результатам опытно-фильтрационных работ составляет около 150 м/сут. С поверхности породы палеозойского субстрата перекрыты рыхлыми, преимущественно глинистыми элювиально-делювиальными образованиями мощностью 3-6 м и дресвяно-щебнистой корой выветривания мощностью 1-10 м. В долинах водотоков развит аллювий мощностью 4.5-7 м. Строение аллювия типично для всего участка: сверху иловатые суглинки пойменной фации мощностью около 2 м, ниже залегает пачка песков с суглинистым заполнителем мощностью 2.5-3 м. Нижняя часть аллювия сложена гравийно-песчаными отложениями с глинистым заполнителем. Фильтрационные свойства аллювия на стадии разведки изучены недостаточно. Оценка вертикального коэф. фильтрации разными методами дает значения порядка 0.001-0.01 м/сут.

Из 3500 м<sup>3</sup>/сут отбираемой воды около двух третей составляют воды, привлекаемые из реки Б.Рефт и верховьев Рефтинского водохранилища. Река Б.Рефт находится под сильным техногенным прессом предприятий города Асбеста и прилегающих поселков. Главными источниками загрязнения реки являются дренажные воды горных выработок Баженовского месторождения хризотил-асбеста, хозяйственные стоки городских очистных сооружений и ливневый сток с городской территории (рис.1). Дренажные воды содержат бор в концентрации 1.2-3 мг/л и нитраты в концентрации 21-80 мг/л. Хозяйственные сточные воды г.Асбеста и поселка Малышево являются главным источником полифосфатов

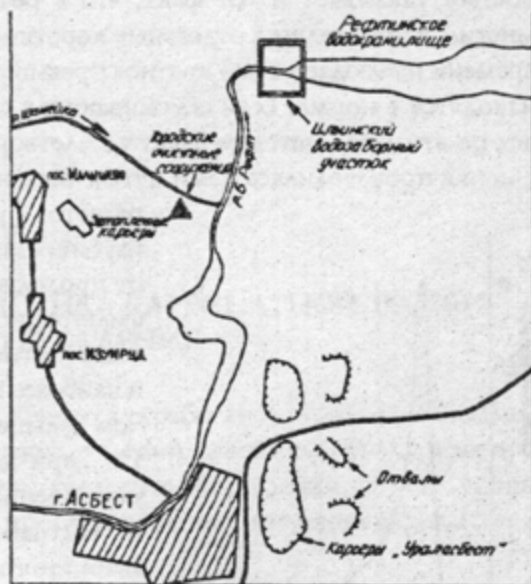


Рис.1. Ситуационный план района Ильинского водозаборного участка

0.3-17.4 мг/л, аммиака 7.9-14.1, взвесей 19.5-34.4 г/л, нефтепродуктов 0.1-5.1 мг/л, а также разнообразных органических веществ (БПК<sub>5</sub> - 8.8-18.5). Кроме этого, не исключается возможность загрязнения бериллием из отвалов и затопленных карьеров, расположенных в районе пос.Малышево. Город Асбест расположен в 15 км от водозабора выше по течению р.Б.Рефт, а городские очистные сооружения еще ближе (в 7 км выше по течению реки). Дренажная система карьеров "Ураласбест" откачивает и сбрасывает в реку Б.Рефт в среднем 15000 м<sup>3</sup>/сут загрязненных дренажных вод. Мощность городской станции очистки хозяйственных вод составляет 45000 м<sup>3</sup>/сут. Большую часть года расход реки Б.Рефт не превышает 70000 м<sup>3</sup>/сут.

Сопоставив цифры, нетрудно заметить, что р.Б.Рефт практически является сточной канавой. В меженные периоды речные воды почти на 100% состоят из смеси сточных и дренажных вод. На участке водозабора речные воды доходят, имея концентрацию бора 0.05-0.86 мг/л, нитратов 0.05-0.86 мг/л, полифосфатов 0.2-18.5 мг/л, фенолов до 0.003 мг/л, нефтепродуктов до 0.26 мг/л, окисляемость от 6 до 19.4 и мутность до 8.4 г/л (по данным периода наблюдений 1988-1991 гг.).

За все время эксплуатации водозабора, начиная с 1993 года, ведется отбор проб на химический анализ. Результаты анализов свидетельствуют, что вода, получаемая из водозаборных скважин, находится в пределах ПДК по мутности, окисляемости, полифосфатам, нитратам, органолептическим и микробиологическим показателям. Данные по содержанию бора и нефтепродуктов отсутствуют. Пока нельзя однозначно говорить о высокой барьерной роли аллювиальных отложений, так как рассмотренные анализы охватывают период до августа 1994 года. За это время (1.5 года) речные воды могли не успеть дойти до водозаборных скважин, а точно оценить время подтягивания речных вод трудно из-за недостаточной изученности фильтрационных свойств аллювия. Более однозначные выводы могут быть сделаны при получении доступа к данным анализов за 1995-1996 гг.

Не исключается вероятность возникновения аварийных ситуаций на городских очистных сооружениях и на предприятиях города, поэтому необходима оценка способности Ильинского водозабора сглаживать концентрационные пики. На необходимость такой оценки указывает и тот факт, что в речных водах по многим показателям в отдельные короткие промежутки времени наблюдается 2-3 кратное превышение ПДК, хотя среднегодовые значения этих показателей находятся в норме. Если сглаживающая способность достаточно велика, то качество отбираемых вод по этим показателям будет удовлетворительным даже при полном отсутствии самоочищения. Оценка производилась нами путем численного моделирования на ПЭВМ. Выполнялось несколько

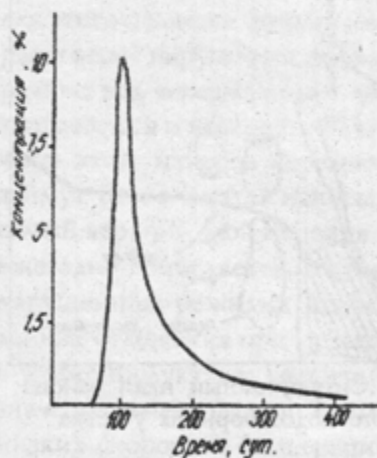


Рис.3. Распределение концентрации загрязнения в водозаборных скважинах Ильинского участка во времени после всплеска загрязнения в речных водах (по результатам моделирования с длительностью всплеска 20 суток)

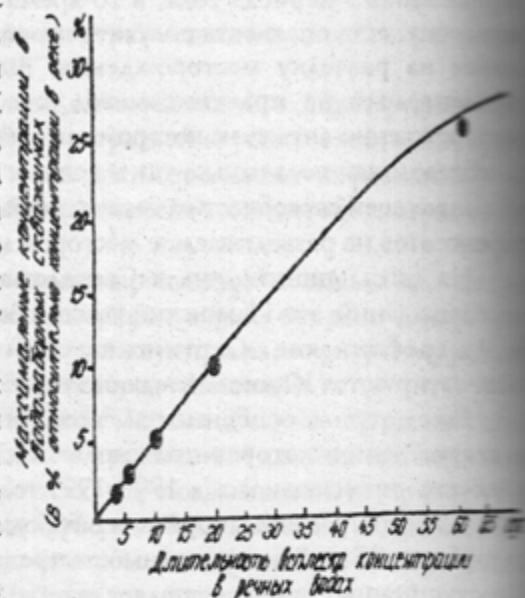


Рис.2. Максимальные концентрации загрязнения в водозаборных скважинах Ильинского участка после аварийного сброса загрязнения в реку в зависимости от длительности всплеска концентрации в реке (по результатам моделирования)

расчетов с различной продолжительностью аварийного выброса для изучения зависимости степени сглаживания концентрационного пика от продолжительности выброса. Из-за недостаточной изученности фильтрационных и миграционных параметров пришлось прибегать к вариантному моделированию (благоприятный, неблагоприятный и наиболее вероятный варианты задания миграционных параметров). Чем дольше длится выброс, тем ниже степень сглаживания (рис.2). Так, при длительности выброса 10 суток происходит 20-кратное уменьшение пиковой концентрации загрязнения в воде, получаемой из водозаборных скважин, относительно речных вод в момент аварийного выброса. При длительности выброса 20 и 60 суток происходит соответственно 10- и 4-кратное уменьшение всплеска концентрации (результаты наиболее вероятного варианта). При этом поступление загрязнения в водозаборные скважины растягивается на 300 суток после выброса (рис.3).

## Выводы

1. При эксплуатации придолинных месторождений происходит естественная самоочистка привлекаемых речных вод. Это дает преимущества придолинным месторождениям подземных вод перед поверхностными источниками водоснабжения как в экологическом,

так и в экономическом отношении (более дешевая водоподготовка).

2. Водозаборы придолинных месторождений более надежно защищены от залповых выбросов загрязнения, чем поверхностные источники, так как на них происходит сглаживание концентрационных пиков в привлекаемых речных водах. По этой же причине контроль качества вод на береговых водозаборах более надежен (размазанные во времени всплески концентрации легче фиксируются, чем кратковременные).

3. На этапе разведки трудно сделать надежный прогноз качества вод. Целесообразно использовать комплексный подход, описанный в работе [4]: создание постоянно действующей гидрогеомиграционной модели месторождения и модельно-ориентированный мониторинг на этапе эксплуатации с уточнением модели, проигрыванием на ней возможных ситуаций и выработкой рекомендаций по дальнейшей эксплуатации месторождения и действий в аварийных ситуациях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булатов Р.В. Альтернативное водоснабжение крупных городов Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - 1995. - №5. - С.177-187.
2. Плотников Н.И., Плотников Н.А., Сычев К.И. Гидрогеологические основы искусственного восполнения запасов подземных вод. - М.: Недра, 1978. - 311 с.
3. Малые реки России (использование, регулирование, охрана, методы водохозяйственных расчетов). - Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1988. - 320 с.: черт.
4. Фельдман А.Л., Рыбникова Л.С., Копылов Д.В. Оценка эксплуатационных запасов и мониторинг месторождений подземных вод в многопластовых гидрогеологических системах Зауралья // Проблемы изучения и использования геологической среды: Межвузовский сборник. - Новочеркасск, 1996. - С.36-50.
5. Шестаков В.М. Мониторинг подземных вод - принципы, методы, проблемы // Геоэкология. - 1993. - № 6.

УДК 624.131.43;622.

И.В.Абатурова Э.И.Афанасиади

### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩИ ВОРОНЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Оптимизация строительства горных предприятий и процесса отработки полезного ископаемого требует обоснованной оценки инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых; выделения главных компонентов инженерно-геологических условий, определяющих процесс отработки; оценки масштаба их воздействия и прогнозирования поведения горных пород при разработке месторождения.

Одной из главных особенностей Воронцовского месторождения, которые определяют условия отработки месторождения, является развитие в его пределах карбонатных пород.

Карбонатные породы представлены брекчированными известняками девонского возраста, в разной степени мраморизованными, неравномернозернистой структуры.

Брекчированные известняки - это обломки известняков размером 1-2-10 мм, промежутки между которыми выполнены метасоматически измененным туфогенным цементом.

Рельеф кровли известняков отличается чрезвычайной сложностью, изрезанностью, здесь отмечаются карстово-эрозионные уступы глубиной 100-120 м, карстовые щели, карстовые козырьки мощностью 5-10 м, карстовые долины.

Карстовые депрессии, имеющие различные формы в плане (вытянутые в меридиональном направлении асимметричной формы, сложной формы, соединяющей несколько карстовых котловин),