

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ИХ ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Понятие «риски» пришло в гидрогеологию из теории принятия управленческих решений, т.е. является чисто экономическим понятием, которое формулируется как **«возможность возникновения неблагоприятной ситуации или неудачного исхода производственно-хозяйственной или какой-либо другой деятельности»**.

При оценке запасов **твердых полезных ископаемых** оценка рисков связана обычно с оценками стоимости разработки месторождения (до получения конечного продукта), величиной запасов полезного ископаемого заданной кондиции и ценой на него на рынке, т.е. с оценкой влияния неблагоприятных ситуаций (в том числе экономического характера) на величину прибыли. Добыча **подземных вод как полезного ископаемого** также может характеризоваться стоимостной оценкой строительства и эксплуатации водозаборов с учетом водоподготовки и стоимостью отпуска хозяйственно-питьевой воды потребителю (или долей себестоимости в собственном производстве)

Специфические отличия воды от других полезных ископаемых:

1) формирование цены на воду при водоснабжении населения не определяется чисто рыночным механизмом вследствие того, что хозяйственно-питьевая вода представляет собой жизнеобеспечивающий стратегический продукт, т.е. водоснабжение населения не может быть прекращено даже при отсутствии прибыли добывающего предприятия

2) запасы подземных вод - возобновляемый ресурс, зависящий как от гидрогеологических факторов, так и от заявленной потребности в подземных водах, т.е. невозможно однократно оценить конечную прибыль от разработки месторождения при изменяющихся потребности в ней, технологий водоподготовки и цены на воду в долгосрочном плане.

В экономической теории риски характеризуются:

- **объективностью** проявления (т.е. риск возникает независимо от принятия конкретных управленческих решений, хотя ряд его параметров и зависит от них);
 - **вероятностью** возникновения (т.е. рисковое событие может произойти, а может и не произойти);
 - **неопределенностью** последствий (т.е. риски могут сопровождаться как уменьшением, так и увеличением доходов от деятельности);
 - **ожидаемой неблагоприятностью** воздействий (т.е. несмотря на возможность позитивных воздействий, уровень риска определяется уровнем отрицательных последствий);
 - **вариабельностью** уровня (уровень риска не является постоянным);
- субъективностью оценки (определяется уровнем полноты информации, квалификацией и опытом риск-менеджеров и другими факторами).



По роду опасности риски разделяются на
природные, техногенные и смешанные.

Смешанные риски возникают в результате различных комбинаций природных и техногенных и должны оцениваться при разработке сценариев возникновения различных чрезвычайных ситуаций, здесь мы их подробно не рассматриваем.

К **природным рискам** при оценке запасов подземных вод можно отнести:

- вероятность наступления **засушливых лет**,
- **природные чрезвычайные ситуации**, связанные с землетрясениями, наводнениями и пожарами,
- возможность **привлечения некондиционных подземных вод** природного происхождения в разрезе или в плане при эксплуатации водозаборов и др.

К **техногенным** можно отнести:

- **техногенные загрязнения** источников **поверхностных вод**,
- **аварийные разливы** загрязненных вод на поверхности земли или утечки из накопителей промстоков и очистных сооружений городов и предприятий,
- **сама эксплуатация подземных вод**,
- **возможность отрицательного экологического воздействия** эксплуатации подземных вод **на природную среду** и др.

Вероятность наступления засушливых лет, когда восполнение запасов подземных вод затруднено, наиболее характерна для инфильтрационных водозаборов в долинах рек. Для учета этого риска ранее «Инструкцией по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод» (1984 г., п. 5.3) предусматривалось, что при подсчете эксплуатационных запасов подземных вод, обеспечиваемых поверхностными водами или родниковым стоком, вероятность превышения среднегодовых, среднемесячных или среднесуточных расходов (уровней) воды поверхностных водоисточников и родников в зависимости от категорий систем водоснабжения по надежности подачи воды принимается согласно СНиП II-31-74 и составляет для I категории 95 %, II - 90 % и III - 85 %. В настоящее время столь жесткого количественного требования к обеспеченности запасов «Методические рекомендации по применению Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод» (2007 г.) не предусматривают, но указывается требование о количественной характеристике источников формирования запасов (для месторождений II группы – различной степени достоверности). Действующий в настоящее время СНиП 2.04.02-84 устанавливает для поверхностных источников те же вероятности обеспеченности, т.е. 5 лет из 100 для водозаборов I категории надежности относятся к годам вероятного наступления риска недостаточной обеспеченности поверхностным стоком.

В то же время подземные водозаборы, в отличие от поверхностных, имеют возможность регулирования запасов за счет фильтрационной емкости в зависимости от размеров и мощности водовмещающих аллювиальных отложений. В связи с этим при оценке запасов инфильтрационных водозаборов для оценок данного риска необходимо обоснование максимальной продолжительности периода недостаточного стока в год 95% обеспеченности, минимальной величины питания (фильтрации) подземных вод за счет поверхностных в этот период и емкостных характеристик водовмещающих отложений. В ряде случаев оказывается необходимым при этом выделять несколько интервалов внутри меженного периода для учета изменений фильтрационных свойств подрусловых отложений на действующих инфильтрационных водозаборах.

Природные чрезвычайные ситуации, связанные с землетрясениями, наводнениями и пожарами при моделировании водозаборов обычно не оцениваются; для минимизации данных рисков при проектировании принимаются требования, установленные для строительства водозаборов (СНиП 2.04.02-84), предусматривающие возможность наступления катастрофических событий такого рода в строительных конструкциях и инженерной защите водозаборных сооружений. Однако надо иметь в виду, что для учета риска пожаров **при моделировании водозаборов** обычно следует рассматривать необходимость кратковременного интенсивного отбора для заполнения пожарных емкостей при сохранении средней подачи воды потребителям. Величину и продолжительность такого отбора следует заранее специально обосновывать **в техническом задании** на моделирование. Если для крупных водозаборов эта возможность может быть предусмотрена на этапе проектирования строительства ВЗУ или при разработке проекта эксплуатации за счет увеличения кратковременного водоотбора по отдельным скважинам и привлечения резервных скважин, то для средних и мелких водозаборов возможность наступления данных рисков следует учитывать уже на этапе оценки запасов месторождения.

Возможность привлечения некондиционных подземных вод природного происхождения в разрезе или в плане при эксплуатации водозаборов. В экономическом плане данный природный риск заключается в том, что при ухудшении качества подземных вод в процессе эксплуатации водозаборов могут расти затраты на водоподготовку, вплоть до применения дорогостоящих мембранных технологий, а если компонент-загрязнитель является токсичным или радиоактивным (таким, как природный мышьяк, стронций и т.п.), то это может обусловить необходимость полного вывода водозабора из эксплуатации. Риски подобного рода должны рассматриваться уже на этапе проведения ГРП, они вызывают необходимость более детального изучения закономерностей распределения качества подземных вод и обоснования миграционных параметров водовмещающих пород, требуют повышения детальности гидрогеологической модели. В этих случаях особенно актуальным становится разведочное моделирование, выполняющееся в процессе проведения ГРП. В то же время в данном случае затраты на дополнительные исследования при ГРП являются разовыми, в то время как необходимость водоподготовки при крупном водоотборе может привести к увеличению постоянных долговременных затрат.

В ряде случаев, при эксплуатации на месторождении нескольких водоносных горизонтов с подземными водами различного качества, эффективным способом снижения данного риска является **смешение вод разных горизонтов** с подбором соотношения их подачи в накопительные резервуары водозабора до достижения требуемых показателей качества. Данный способ широко применяется в Московской области при одновременной эксплуатации вод подольско-мячковского и касимовского горизонтов с регулированием в смеси показателей по содержанию стронция, фтора, бора и ряда других компонентов. В то же время этот способ эффективен только при превышениях содержаний природных компонентов в водах одного из горизонтов на уровне не более 2-5 ПДК.

К роду природных рисков, видимо, следует отнести и самый главный фактор риска гидрогеологического обоснования водозаборов, связанный с **ограниченностью геологической и гидрогеологической информации** и, соответственно, неоднозначностью (некорректностью в математическом плане) построения гидрогеологических моделей. Как и все другие, он характеризуется всеми перечисленными свойствами рисков, т.е. является объективным по проявлению, вероятным, вариабельным, неопределенным по последствиям и субъективным по оценке. Анализ этого фактора и разработке путей снижения соответствующего риска уже посвящено множество статей и книг.

Риск, определяемый этим фактором, заключается в двух основных неопределенностях. Первая состоит в том, что природная среда неоднородна и непрерывна, при том что наши **данные точечны**, а модели в большинстве своем - кусочно-однородны или закономерно (функционально) изменяются по фильтрационным или гидрохимическим свойствам; вторая обусловлена тем, что модели всегда описывают **не все процессы** (фильтрации, геомиграции, гидрогеохимических преобразований, взаимодействия твердой, жидкой и газовой фазы), а только их часть, и преимущественно только в одном масштабе рассмотрения.

И этого достаточно, даже если не говорить о том, что на настоящем этапе развития науки мы, возможно, еще не знаем ряда природных процессов, т.е. еще не имеем для них вообще никаких моделей.

В России для оптимизации риска, связанного с этим фактором, при моделировании месторождений подземных вод на разных этапах оценки запасов месторождений в практике принято применять два основных подхода.

На этапе проведения ГРП – **выполнение факторно-диапазонных оценок** фильтрационных и гидрохимических параметров на предварительной (разведочной) модели месторождения с целью определения факторов, наиболее сильно влияющих на результаты подсчета, и оперативной постановки работ по дальнейшему доизучению месторождения. Наиболее активно данный подход развивался в работах И.К. Гавич [5].

На этапе подсчета запасов и обоснования водозаборов – это применение принципа **инженерного запаса расчетов**, предполагающего выбор минимальных значений из возможного набора параметров и показателей модели, т.е. рассмотрение «наихудшего» из возможных варианта с точки зрения решаемой задачи (минимальные возможные расходы – при водоснабжении, максимальные – при оценке притоков в горные выработки и ущерба водоемам, наихудший из возможных вариант изменения качества подземных вод). Этот подход широко использовался в XX в., в период индустриализации и разведки новых месторождений подземных вод при избыточности прогнозных ресурсов последних над потребностями в них.

Риски, связанные с чрезмерным ужесточением прогнозных оценок, состоят в:

- проектировании затрат излишних энергетических мощностей на подъём подземных вод из скважин (выше регламентированного СНиПами резерва);
- проектировании и строительстве излишнего количества эксплуатационных и резервных скважин, завышении их проектной глубины при эксплуатации слоистых водоносных толщ;
- увеличении площади земельного отвода для размещения скважин и подъездных путей к ним выше необходимого;

Таким образом, на этапе проектирования следует производить оценку не только максимально возможных понижений уровня и конфигурации водозабора с инженерным запасом расчётов, но и оценку понижений уровня при благоприятных гидрогеологических условиях, лежащих в области неопределённости решений при калибрации гидрогеологических моделей. Если при этом отклонение результатов прогнозных решений лежит в области 20-25% точности, то это может быть отнесено к необходимому резерву мощностей, предусмотренному СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Риск от инженерного запаса прогнозных расчётов

Отметим, что в работах Б.В. Боровского указывается, что принцип инженерного запаса расчетов имеет свои ограничения, так как неоправданно большой запас расчетов на основе заниженных значений фильтрационных параметров (или недоучет значимых факторов восполнения запасов подземных вод) может приводить к проектированию неоправданно дорогих водозаборов с неоптимальным отведением площадей под водозаборные сооружения и избыточным количеством скважин. В этих случаях риск неоправданного завышения стоимости водозаборных сооружений **может быть снижен** на основе поэтапного освоения месторождения или опытной эксплуатации части водозаборов с последующей переоценкой запасов и уточнением параметров расчетных моделей по факту реальной эксплуатации.

Таким образом, **факторно-диапазонный анализ** (на основе оценок максимальных и минимальных значений параметров гидрогеологической модели) с учетом оптимального инженерного запаса решений как на этапе проведения ГРР, так и на этапах оценки запасов подземных вод и проектирования водозаборов, остается наиболее эффективным инструментом оценки и уменьшения риска ограниченности имеющейся гидрогеологической информации.

Учёт рисков в классификации запасов подземных вод

Заметим, что в определенном отношении указанный вид риска отражен в классификации запасов подземных вод при разделении месторождений на группы сложности гидрогеологических условий и отнесении оцененных запасов к различным категориям их изученности. Однако формализация требований к длительности и частоте режимных наблюдений и объемам проведения ОФР не всегда приводит к прямой связи категории изученности со степенью риска освоения месторождения, так как последний, как категория экономическая, зависит также и **от масштабов проектируемого водозабора**. Кроме того, как известно, почти каждое месторождение подземных вод уникально, имеет свои отличительные особенности и требует индивидуального подхода при оценке возникающих рисков.

Поэтому оценки рисков, сделанной при квалификации запасов по степени их гидрогеологической изученности, как правило, недостаточно для экономических оценок, которые должны быть сделаны на этапе дальнейшего **проектирования водозаборов** и разработке технологических схем их эксплуатации. Для крупных месторождений это требует применения математического моделирования и дополнительного уточнения или разработки специальных моделей, нацеленных на решение этих задач.

Риски, связанные с точностью измерений и расчётов

Следует отличать риск ошибок, связанных с недостаточностью и отрывочностью гидрогеологической информации при построении моделей, от рисков, связанных с пределами точности: как непосредственно выполняемых измерений при проведении гидрогеологических наблюдений, так и точностью выполняемых компьютерных расчетов. К последним, в частности, могут добавляться численные эффекты при применении того или иного программного обеспечения (примем, что используемые программы по умолчанию правильно решают заданные системы уравнений), определяемые выбором расчетной сетки, временного шага и других настроек численных расчетов. Снижение рисков этого рода зависит исключительно от квалификации исполнителей, выполняющих выбор и использование применяемых инструментов.

В случае **техногенных загрязнений источников поверхностных вод**, являющихся основным источником или одним из источников восполнения запасов, особенно, на инфильтрационных водозаборах, следует различать

- 1) **катастрофические загрязнения** (аварийные сбросы из очистных сооружений предприятий или населенных пунктов, прорывы нефтепроводов, транспортные аварии с разливом транспортируемых химических веществ и т.п.). К этому виду относятся также возможные случаи диверсий, аварий на атомных электростанциях или военных действий с применением химического и ядерного оружия.

В 1995г. был введен в действие ГОСТ Р 22.6.01-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита систем хозяйственно-питьевого водоснабжения». В соответствии с ним защита центральных систем водоснабжения при чрезвычайных ситуациях должна обеспечивать возможность их работы в условиях ЧС и осуществляться заблаговременно на основе прогнозных данных о возможности загрязнения поверхности источников и территории системы.

- 2) **постоянно растущие загрязнения** вследствие длительной хозяйственной деятельности (смывы удобрений с полей, неконтролируемые утечки из очистных и канализационных систем территорий промышленной и селитебной застройки и др.)

Оценка **первого вида рисков** при моделировании водозаборов требует прежде всего разработки наиболее вероятного **сценария аварийной ситуации**. Так, для случая аварийных сбросов из очистных сооружений крупных населенных пунктов и предприятий необходим сбор и анализ информации о возможных объемах таких сбросов, их химическом составе, времени следования и характеристиках разбавления стоков поверхностными водами по пути от места аварии к месторождению подземных вод, о возможной длительности аварийных сбросов до ликвидации аварии. Поскольку аварийные загрязнения являются ограниченными во времени, важную роль при оценке соответствующих рисков на этапе ГРР играет **изучение параметров рассеяния** загрязняющих веществ по пути следования к водозаборным сооружениям - дисперсии, сорбции, биodeградации, распада веществ-загрязнителей. После этого на модели, детализированной на участке миграции подземных вод от русла к водозаборным скважинам, выполняются оценки масштабов возможных последствий аварии для качества подземных вод и разрабатываются **варианты возможной инженерной защиты** (временная остановка водозабора, создание гидродинамической завесы, перехват основной части загрязненных вод с возвратом их в поверхностные воды, специальная очистка подземных вод на поверхности после извлечения и т.п.).

Одним из характерных примеров такого обоснования является оценка последствий возможных чрезвычайных ситуаций на Приокском месторождении подземных вод

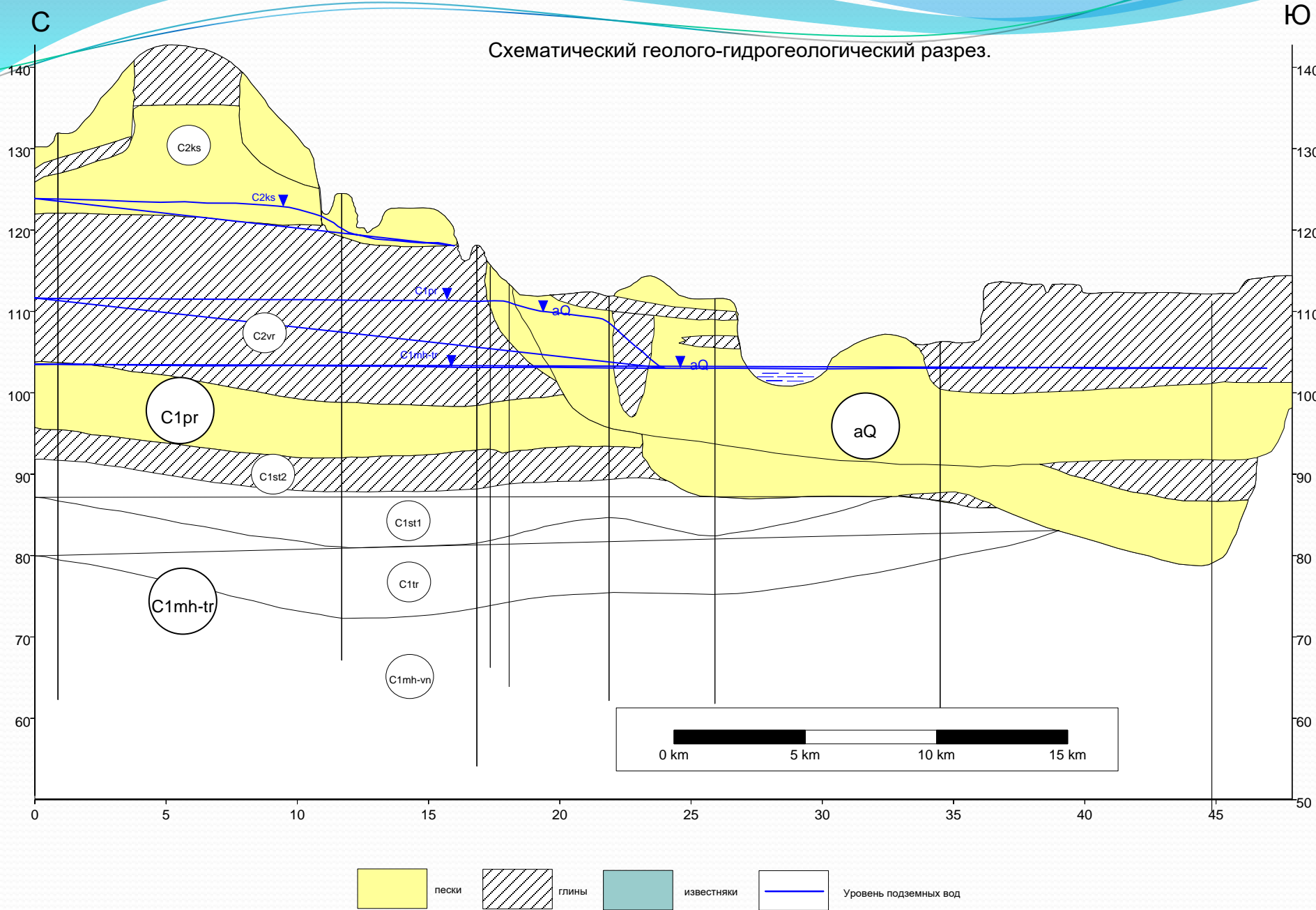
Эксплуатационные запасы подземных вод Приокского месторождения были утверждены Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых Минприроды РФ 27 декабря 1995 года в размере **1286,5 тыс.м³/сут**, из них **502,5 тыс. м³/сут** - по Прилукскому участку (1 очередь водозабора) и 344 тыс. м³/сут по Ступинскому участку – 2 очередь). Месторождение является одним из крупнейших в Южной системе водоснабжения г. Москвы и Московской области.

Приокское месторождение подземных питьевых вод находится на юге Московской области на левобережье р. Оки ниже устьевой части р. Лопасни. По своим геолого-гидрогеологическим условиям и строению оно является типичным месторождением речных долин с двухслойным строением разреза в пойменной части и многослойным строением – в бортах долины.

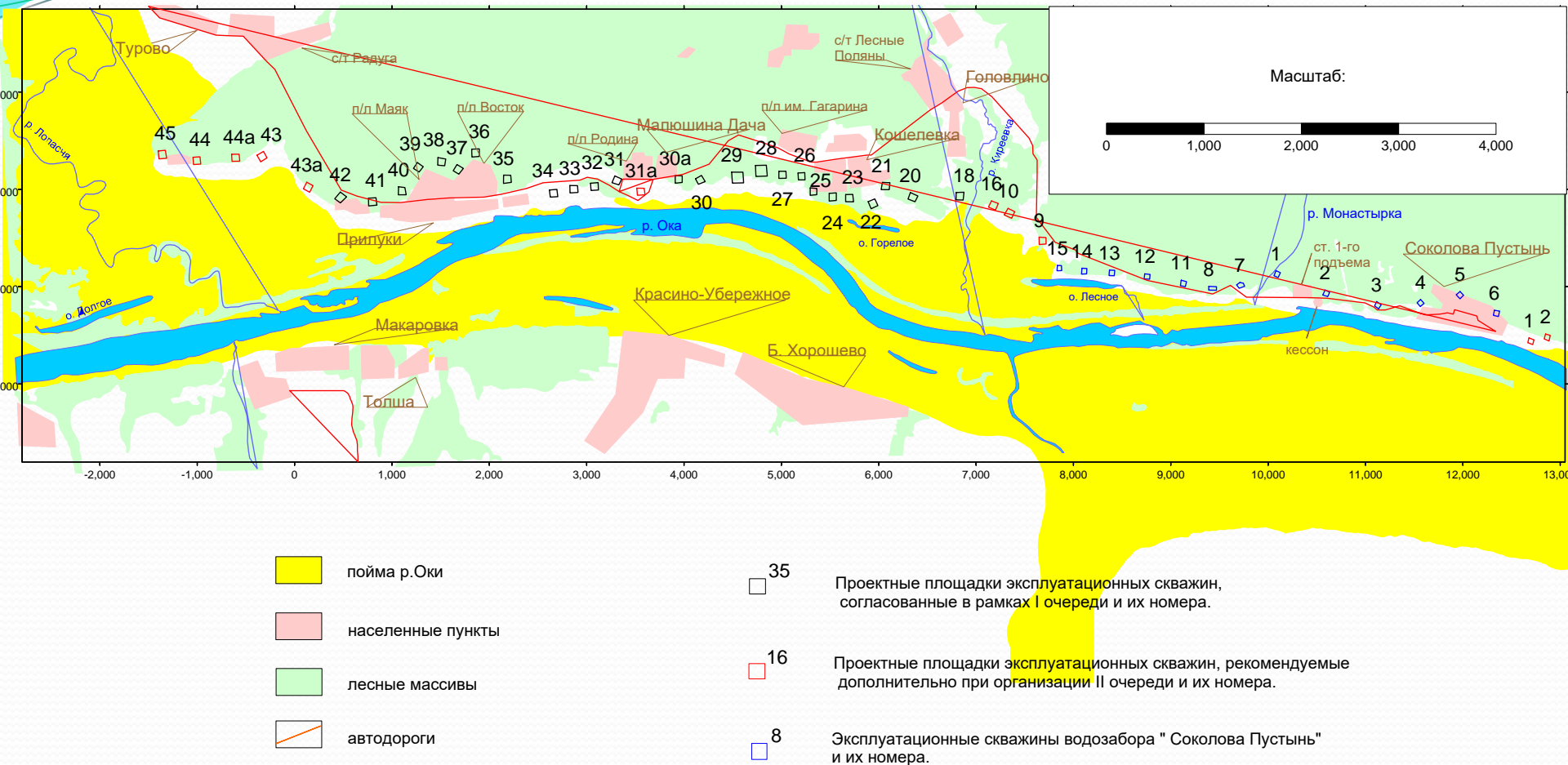
Продуктивный водоносный горизонт приурочен к михайловско-тарусским отложениям нижнего карбона, представленным трещиноватыми, закарстованными известняками, обладающими высокими водообильностью и водопроницаемостью. На территории водоразделов и надпойменных террас р. Оки водоносный горизонт перекрыт слоистой толщей разновозрастных водовмещающих и слабопроницаемых отложений среднего и нижнего карбона общей мощностью до 120 м.

В пределах поймы р. Оки продуктивный горизонт перекрыт четвертичными аллювиальными песчаными отложениями, через которое осуществляется прямая **гидравлическая связь с поверхностными водами**. Основным источником формирования эксплуатационных запасов подземных вод месторождения является транзитный поверхностный сток, составляющие 93% в балансе проектного водоотбора.

Схематический геолого-гидрогеологический разрез.



Техногенные риски. Загрязнение поверхностных вод



Обзорная карта-схема Прилуцкого и Ступинского участков.



Защищённость подземных вод Приокского месторождения от загрязнения обеспечивается:

- 1) Многослойным строением разреза, наличием мощных слабопроницаемых толщ верейских и стешевских глин и буфферных водоносных горизонтов в пределах террас р. Оки, где расположены эксплуатационные скважины водозабора;
- 2) Наличием перекрывающих слабопроницаемых суглинистых отложений мощностью 10-12 м на большей части площади поймы р. Оки;
- 3) Высокими сорбционными свойствами почв и грунтов в пойменной части долины, которые, в совокупности с условиями формирования запасов (менее 1% поступления воды в баланс водоотбора с площади поймы) обеспечивают защиту качества подземных вод от всех возможных аварийных загрязнений, в том числе и токсичными компонентами.



Защищённость подземных вод от аварийного загрязнения поверхностных вод обеспечивается также следующими факторами:

- 4) Высокими разбавляющими и регенерационными свойствами поверхностных вод самой реки;
- 5) Действием комплекса геохимических барьеров на пути миграции загрязняющих веществ. По мере движения к водозаборным скважинам поверхностные воды фильтруются через песчаные аллювиальные отложения (10-15 м), а затем – по трещинно-пористым карбонатным отложениям водоносного горизонта с подчиненными глинистыми прослоями на расстояние от 200 м до 1-1,5 км от русла в зависимости от расположения скважин.
- 6) Пространственным расположением водозаборных скважин.

Прогнозная оценка изменений качества подземных вод продуктивного михайловско-тарусского водоносного горизонта при аварийных ситуациях на р. Оке была выполнена с использованием модельных компьютерных расчетов состава вод горизонта при проведении работ по «Дополнительному изучению качества подземных вод Приокского месторождения в связи с введением СанПин 2.1.4.559-96, его прогноза и разработки регламента работы водозабора при аварийном загрязнении поверхностных вод на стадии ТЭО Южной водопроводной системы».

Feflow's Tricycler
Fringes of head

40.9 near
38.7
3.0 far

z-exaggeration 9.60 : 1

Map options: Map on hull
Draw modes: Hide top elements
Label axes Draw grid Fast

Isosurface scalar: 1.6284e+02
Min: 7.4634e+01 Max: 2.5104e+02

Shading color:
Default

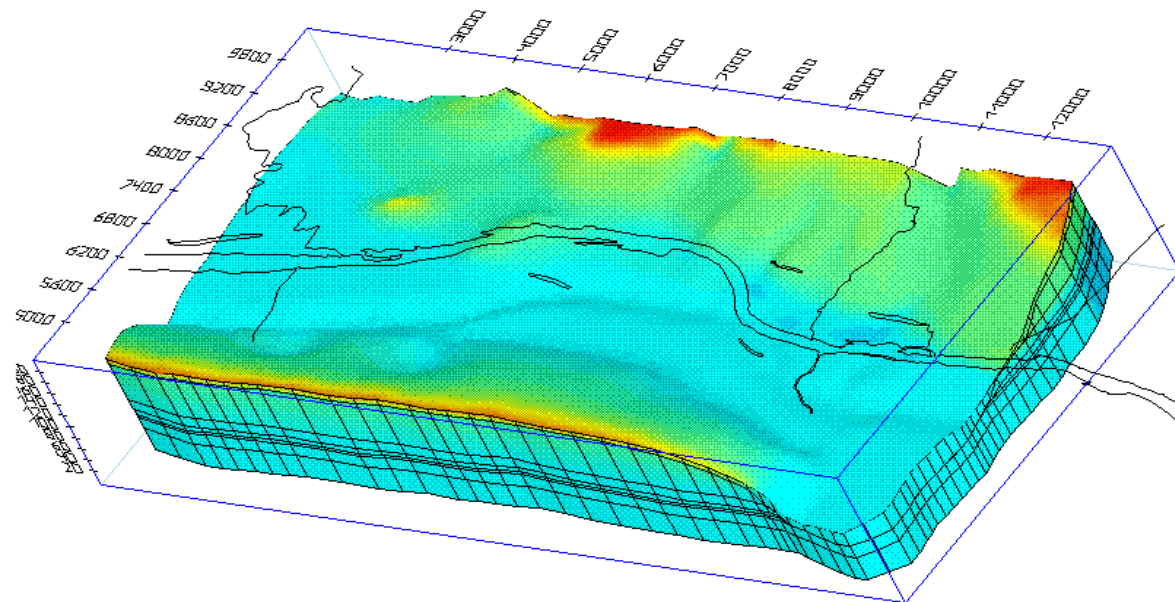
Brightness Min Max
Contrast Min Max
Color contrast Min Max

Help Exiting rotation

Zoom 17000.00
Exaggeration 1.0 : 1

Layers: Slices: 1 2 3 4 5 6

X: Slice: 6
Y: Layer: 6
3D Options



раскраска соответствует уровням четвертичного горизонта

Общий вид гидрогеологической модели Прилуцкого участка



Select a menu option with the left mouse button -->

На численной модели были рассмотрены случаи поступления консервативного загрязнителя из поверхностных вод длительностью от 1 до 15 суток

Результаты расчётов показали, что:

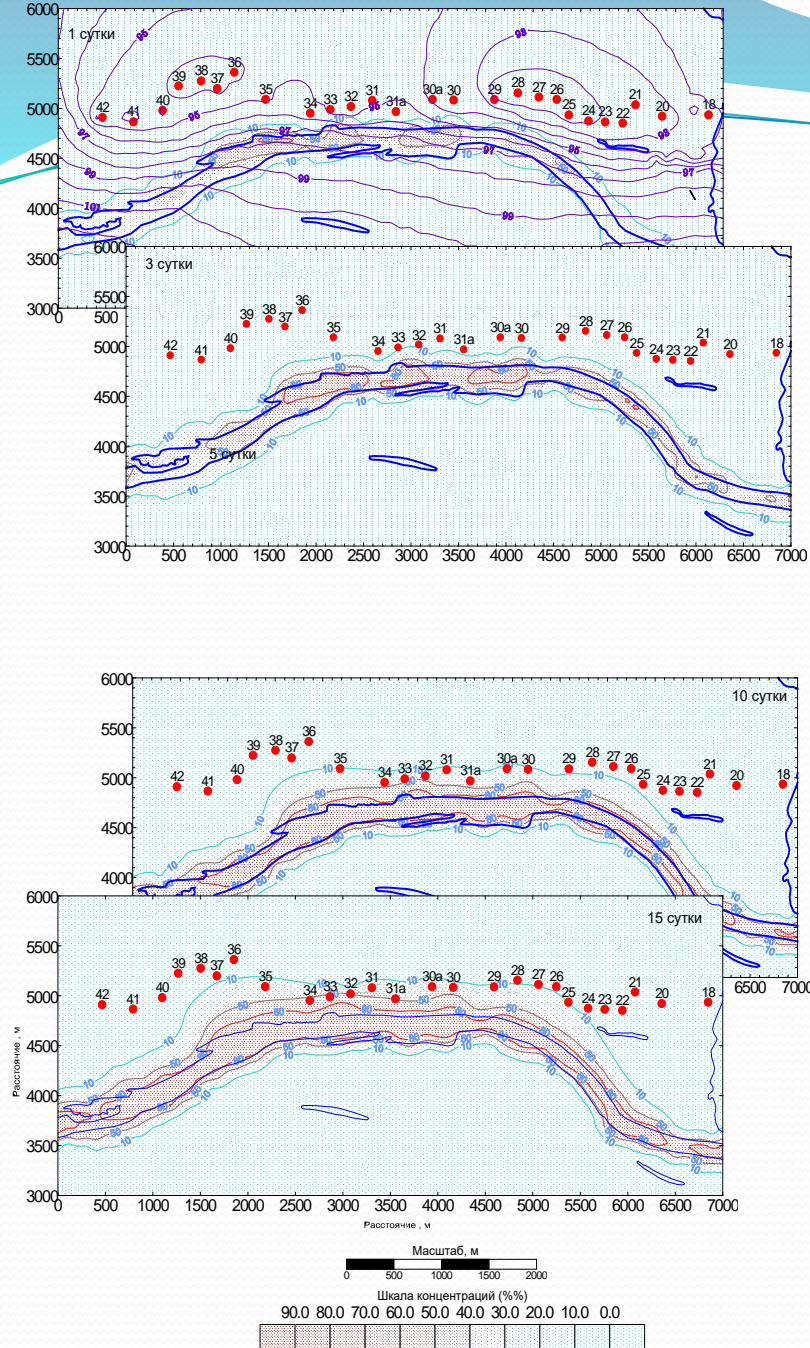
- 1) Несмотря на то, что в ближайших к реке скважинах начало загрязнения подземных вод может фиксироваться уже через 3-5 суток (с максимумом концентраций через 10-15 суток), в наиболее удалённых от реки скважинах значительно ослабленные пики концентраций загрязнителя могут фиксироваться **только через 60-90 и более суток после аварии**. Максимум концентраций в сборном водоводе будет отмечаться **через 14-18** дней после начала аварийного загрязнения. При этом без проведения дополнительных защитных мероприятий конструкция водозабора обеспечивает разбавление загрязнённых вод в сборном водоводе в 14-15 раз при 5-суточном и в 50 раз при 1-суточном загрязнении.

Для сравнения можно указать, что сразу после Чернобыльской аварии максимальная концентрация цезия-137 в водах Припяти составляла 10^{-9} кюри/л, что в два раза выше нормы ПДК. То есть снижение максимальных концентраций загрязнителя в 14 раз полностью исключает превышение норм по радионуклидам при аварии типа Чернобыльской.

Процент содержания компонента-загрязнителя в подземных водах от исходного содержания в поверхностных водах в зависимости от длительности аварии характеризуется таблицей.

Длительность загрязнения, сут	1	3	5	10
Максимум концентраций, сут	26	28	29	30
Доля загрязненных вод в сборном водоводе	1,3%	2,8%	4,2%	7,7%

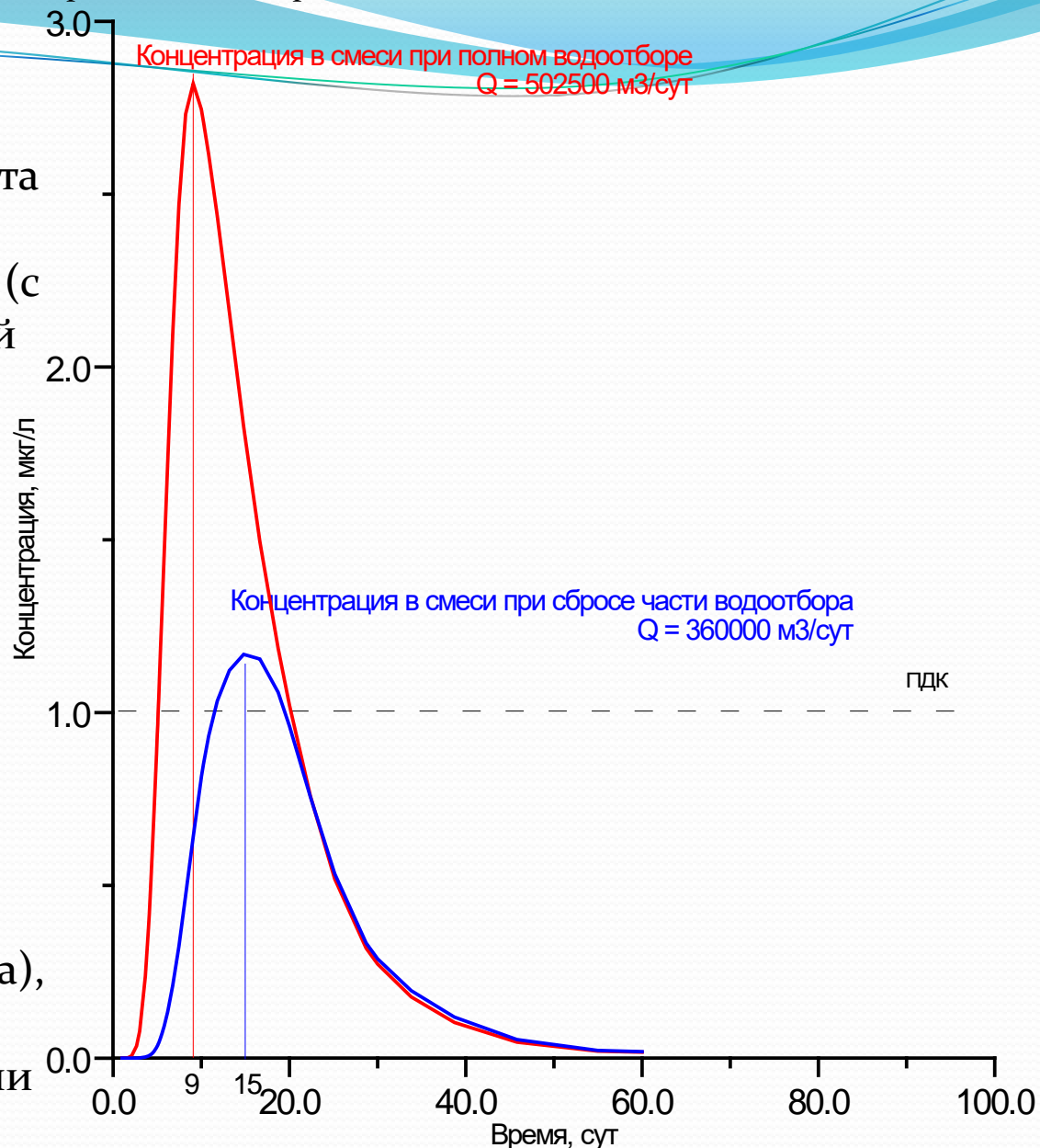
При таком разбавлении загрязненных вод в смеси качеству подземных вод может угрожать только бактериальное загрязнение из-за высокого возможного уровня бактериального загрязнения поверхностных вод.



Рост доли загрязнённых вод в продуктивном горизонте при непрерывном катастрофическом загрязнении вод п. Оки.

Надёжность защиты подземных вод от загрязнения при необходимости может быть увеличена при возврате загрязнённых вод из ближайших к реке 5-ти (из 26) водозаборных площадок в реку. В этом случае уровень разбавления загрязнённых вод увеличивается до 25 раз при 5-суточном загрязнении поверхностных вод и до 80 раз при 1-суточном, в то же время максимума разбавленного таким образом загрязнения воды в сборном водоводе увеличится до 30 суток. Это гарантирует возможность защиты качества подземных вод практически при всех реально возможных авариях.

Расчёты, выполненные для неконсервативного компонента – фенола – по сценарию Уфимской аварии на р. Белой (с максимальной концентрацией растворённых фенолов в речных водах до 50 мкг/л), показали, что уровень разбавления загрязнения за счёт сорбции увеличивается ещё в 2 раза по сравнению с консервативными компонентами, т.е. при аналогичных содержаниях фенолов в р.Оке (что маловероятно из-за её значительно большего расхода), содержание фенолов в подземных водах не превысили бы ПДК.



Графики изменения концентрации фенолов в подаваемой потребителю воде при катастрофическом загрязнении ими вод р. Оки (режим Уфимской аварии)

Поступление ВХВ в р.Оку с промливневыми стоками сопровождается значительным разбавлением последних, следствием которого является резкое уменьшение концентраций компонентов – загрязнителей. Не случайно, что за весь период наблюдений за водами р.Оки в створе участков Приокского месторождения их качество, как правило, отвечало нормативам, установленным для питьевых вод. Степень такого разбавления зависит от исходного содержания компонента в аварийных сточных водах и длительности его поступления в речные воды, расхода р.Оки. Минимальный меженный расход окских вод оценивается равным 60 м³/с.

Среди всех вредных химических веществ, применяющихся в промышленных технологиях и представляющих потенциальную угрозу качеству поверхностных вод р.Оки и, опосредовано, качеству подземных вод михайловско-тарусского водоносного горизонта выделяются:

- нефтепродукты (включая бензин, керосин, дизельное топливо и различные смазочные масла);
- соединений азота (нитратные – селитра Na NO_3 , нитритные – нитрит натрия Na NO_2 , аммонийные – аммоний сернокислый $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$);
- соль поваренная (NaCl);
- барий хлористый (BaCl_2).

Чрезвычайная ситуация, угрожающая качеству эксплуатируемых подземных вод михайловско-тарусского водоносного горизонта, возникает при достижении критического уровня загрязнения поверхностного источника (р.Оки) по различным компоненто-загрязнителям, используемым в промышленном производстве данного региона или являющимся его отходами, приведенным в табл.

Компонент загрязнения	Критическая концентрация, мг/л
1	2
Условно консервативные	
Нефтепродукты	14
Натрий	28000
Нитраты	6300
Нитриты	420
Аммоний	280
Сульфаты	70000
Хлориды	49000
Неконсервативные	
Фенол*	0.14
Барий	14
Никель	14
Свинец	4.2
Кадмий	0.14
Ртуть	0.07
Марганец	14
Мышьяк	7
ПХБ	0.14

Анализ данных таблицы в сравнении с расходом вредных химических веществ, используемых на предприятиях в промышленном производстве г.Серпухова и Серпуховского района показал, что формирование критических (для подземных вод) содержаний этих соединений в водах р.Оки в паводковый период практически недостижимо даже в случаях чрезвычайных ситуаций с прорывом аварийных стоков в количестве, превышающем месячный запас ВХВ на предприятиях.

Таким образом, выполненный прогноз возможного ухудшения химического состава подземных вод по комплексу наиболее вероятных загрязняющих компонентов при аварийных ситуациях на р. Оке в период паводка показал, что даже при попадании вредных химических веществ в речные воды угроза кондициям вод михайловско-тарусского водоносного горизонта практически отсутствует.

Риск для случая второго (постоянного или постоянно растущего) вида загрязнения поверхностных источников выражается в стоимости проектирования, строительства сооружений и выполнения постоянной **специальной водоподготовки** для очистки хозяйственно-питьевых вод от наблюдаемых компонентов загрязнения. Однако и в данном случае следует предварительно оценивать **защитные свойства** подрусловых отложений и водовмещающей среды вследствие возможных процессов сорбции, биodeградации, распада и окисления-восстановления компонентов-загрязнителей по пути миграции подземных вод к водозабору. Поскольку процесс изучения и моделирования всех параметров нелинейной миграции весьма сложный и дорогостоящий, достаточно эффективным в таких случаях является специальное изучение **водозаборов-аналогов**, уже эксплуатирующихся в подобных условиях в той же или аналогичной долине реки.

Вторым случаем возникновения рисков техногенной природы являются **аварийные разливы загрязненных вод на поверхности земли или утечки из накопителей промстоков и очистных сооружений городов и предприятий**. Аварийные разливы характерны для нефтедобывающих районов, где могут отмечаться порывы водоводов, транспортирующих по территории нефтедобычи рассолы, используемые для целей ППД, и нефтепроводов, а утечки - для промышленных территорий и территорий размещения хвостохранилищ в горнодобывающих районах.

Для оценки этих рисков необходимо обоснование и разработка специальных миграционных моделей, нацеленных на детальное воспроизведение вертикальной миграции. Важное значение при этом имеет изучение защитных свойств зоны аэрации, где может происходить существенное замедление и деградация компонентов-загрязнителей. В ряде случаев выводы о необходимости или нецелесообразности постановки дополнительных специальных исследований и разработке моделей, нацеленных на решение указанных задач, могут быть сделаны уже при анализе карты защищенности подземных вод, построенной на основе **оценок времени вертикальной миграции** от поверхности земли до кровли эксплуатируемых водоносных горизонтов

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Топографические:

- Поверхностные водные объекты
- Коттеджный поселок
- Населенный пункт
- Дачный (садовый) участок
- Контуры массивов орошения

Геолого-гидрогеологические факторы:

- область распространения вод с окислительной обстановкой
- область распространения обводнённых покровных суглинков
- область распространения содержащих гипсы глинистых отложений
- область распространения глинистых отложений в кровле эоплейстоцена
- Область развития боровых почв (леса)

Раскраска по мощности зоны аэрации при отсутствии покровных суглинков (жёлто-зелёная гамма цветов):

- меньше 20 м
- 20 - 50 м
- больше 50 м

Раскраска по мощности покровных суглинков (фиолетовая гамма цветов):

- меньше 15 м
- 15 - 25 м
- больше 25 м

Потенциальные источники загрязнения подземных вод:

- карьеры
- кладбища
- накопители промышленных отходов
- отстойники и очистные сооружения
- свалки
- отвалы
- Контуры промышленных зон

Водозаборы и перспективные участки:

- Контуры централизованных водозаборов
- Контуры перспективных участков

Линии геолого-гидрогеологических разрезов

Нумерация зон по условиям защищённости подземных вод (соответствует увеличению защищённости от техногенного загрязнения с поверхности):

I. Недостаточно защищенные подземные воды в условиях отсутствия перекрывающих горизонт слабопроницаемых отложений:

- I-1 - мощность зоны аэрации < 20 м
- I-2 - мощность зоны аэрации от 20 до 50 м
- I-3 - мощность зоны аэрации > 50 м

II. Условно-защищенные подземные воды при наличии перекрывающих эксплуатируемый интервал слабопроницаемых отложений:

- II-4 - при мощности зоны аэрации до 50 м;
- II-5 - при мощности зоны аэрации > 50 м;
- II-6 - при наличии только слоя покровных суглинков;
- II-7 - при наличии слабопроницаемого прослоя в кровле эоплейстоцена и слоя покровных суглинков

III. Условно-защищенные подземные воды на площади развития содержащих гипс перекрывающих отложений:

- III-8 - в условиях необводнённых покровных суглинков;
- III-9 - с общей мощностью суглинков до 15 м;
- III-10 - с мощностью суглинков 5-25 м;
- III-11 - с мощностью суглинков > 25 м

В условиях обводнённых покровных суглинков:

- III-9 - с общей мощностью суглинков до 15 м;
- III-10 - с мощностью суглинков 5-25 м;
- III-11 - с мощностью суглинков > 25 м

АОСТ ГИДЭК	РАЗВЕДКА И ПЕРЕОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. ТОЛЬЯТТИ	
	Стр. исполнители: АОСТ ГИДЭК: А.Л.Язвин, В.Л.Закутин Куйбышевская ГТЗ: А.С.Соснов	2001 г.
Приложение № 13 Масштаб 1:100 000	Карта условий защищённости подземных вод неоген-четвертичного водоносного комплекса от техногенного воздействия	
Составители:	Г.Е.Ершов В.Л.Закутин	
Компьютерная графика:	А.Л. Язвин	

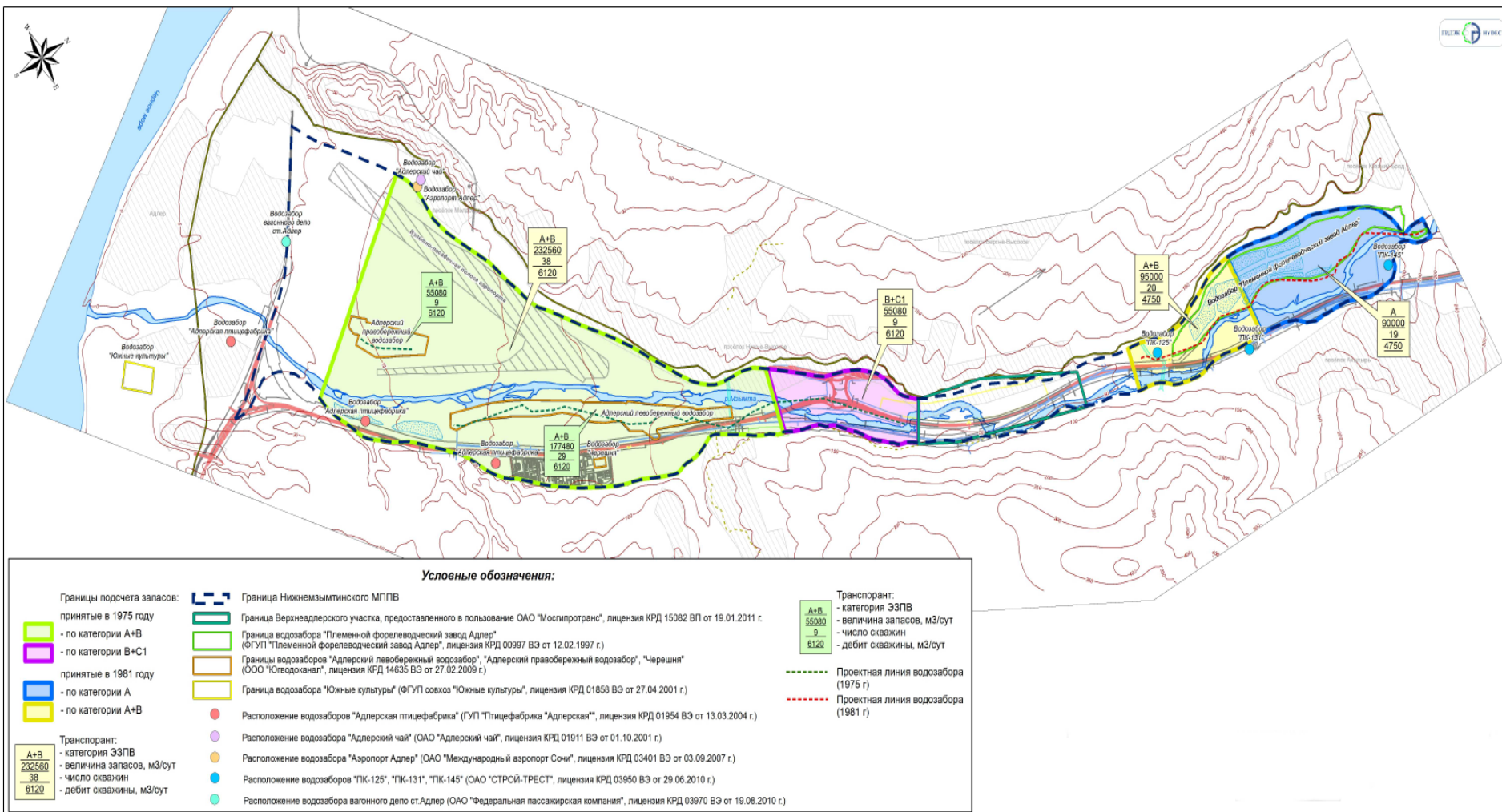
В районах с высокой промышленной нагрузкой и большой плотностью населения одним из основных рисков техногенной природы является непосредственно сама **эксплуатация подземных вод** с помощью водозаборов за счет их гидродинамического взаимодействия. Классификацией запасов подземных вод с целью уменьшения этого вида риска предусматривается, что прогнозные гидродинамические расчеты выполняются с учетом взаимодействия всех водозаборных участков в размерах утвержденных запасов. Однако, поскольку риски обладают свойством variability, на практике часто оказывается, что участки с утвержденными запасами достаточно продолжительное время эксплуатируются не на полную мощность или вовсе не осваиваются, что приводит к неоправданным ограничениям возможности эксплуатации оцениваемых месторождений в прогнозный период и затратам на поиски и эксплуатацию альтернативных более дорогостоящих источников. Уменьшение этого вида риска, к сожалению, возможно только на основе соответствующего изменения **нормативных требований** к оценке запасов подземных вод.

К рискам техногенного рода следует отнести и возможность отрицательного **экологического воздействия эксплуатации подземных вод на природную среду** - растительность и поверхностный сток. Требования к возможному ущербу поверхностному стоку достаточно жестко регламентированы. В связи с этим при оценке запасов подземных вод характеристика изменения составных частей баланса прогнозной модели в сравнении с естественными условиями является **обязательным элементом оценки запасов**. Возникновение риска превышения расчетного ущерба речному стоку над регламентированной величиной приводит к необходимости уменьшения величины прогнозного отбора на участке месторождения, где происходит данный ущерб, и поиска альтернативных участков. В этом случае риск оценивается **увеличением стоимости разведочных работ, строительства, эксплуатации и отчуждения земель под дополнительные водозаборные сооружения**. Одним из путей снижения данного риска может являться разработка мероприятий по **компенсации ущерба речному стоку**, например, возврат очищенных вод в водоток после промышленного или хозяйственного использования или возврат части отбираемых подземных вод в водоток в критический меженный период.

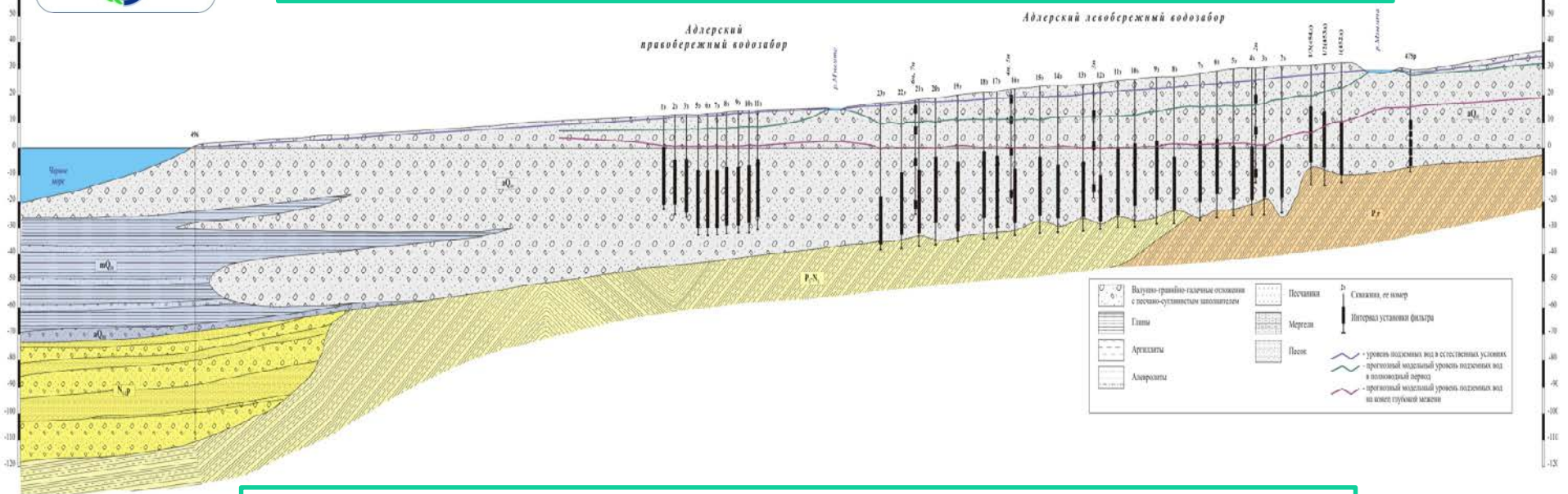
Воздействие водоотбора на растительность непосредственно на гидрогеологических моделях не оценивается, но прогнозируемая величина снижения уровней грунтовых вод является исходными данными для расчетов возможной смены растительности на окружающей территории при разработке ОВОС в составе проекта водозабора. Как правило, существенные риски, связанные с этим, появляются только при ощутимом воздействии на ценные виды леса или охраняемую растительность и оцениваются **стоимостью лесов или пересадки ценных растений на новые территории.**

В качестве отдельного вида риска, возникающего на береговых водозаборах и связанного также непосредственно с самой эксплуатацией подземных вод, следует выделить риски ***изменения гидрогеологической обстановки вследствие процессов эксплуатационной кольматации русловых отложений***. Такие процессы характерны, в частности, для водозаборов в долинах рек Черноморского побережья Кавказа. Риск выражается при этом в необходимости ограничения линейной эксплуатационной нагрузки на месторождении, как правило, в меженные периоды, что, при необходимости сохранения величины водоотбора, может потребовать увеличения длины водозаборного ряда, т.е. увеличения площади земельного отвода (при наличии такой возможности). Для береговых водозаборов, привлекающих воды водохранилищ (как, например, водозабор Академгородка г. Новосибирска), ограничение водоотбора, связанное с этим фактором, распространяется на весь период эксплуатации месторождения.

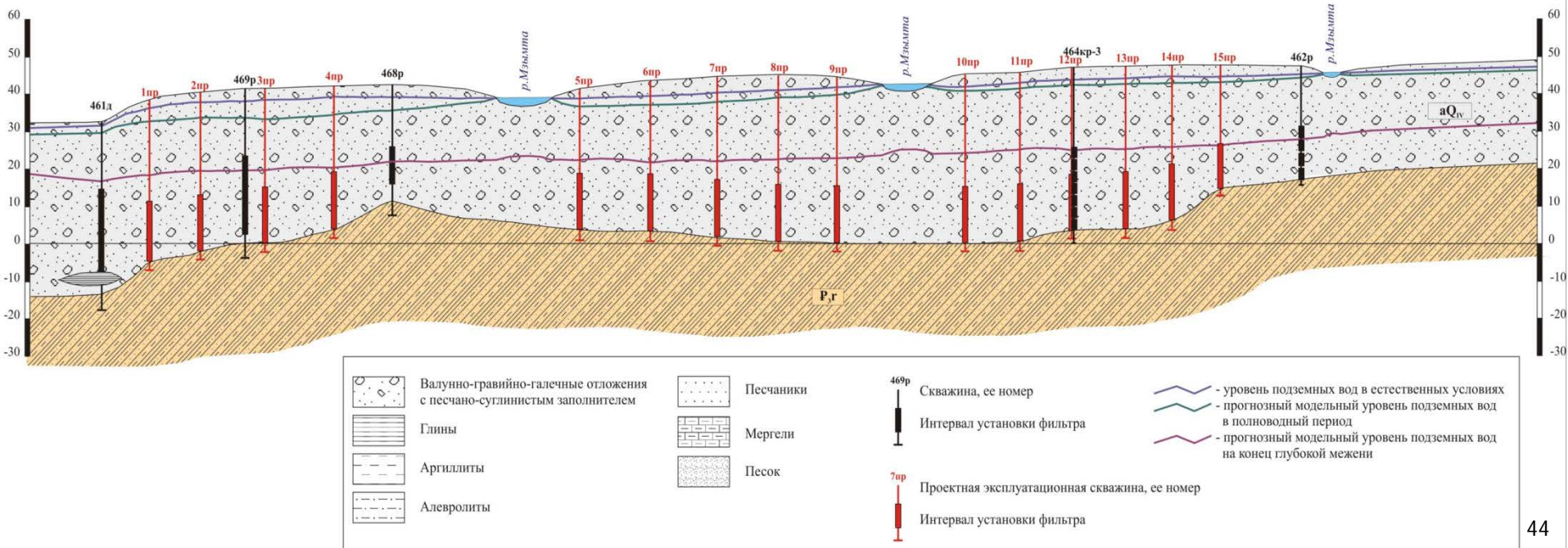
Поскольку в процессе проведения ГРР изучение процессов эксплуатационной кольматации на разведываемом новом участке практически невозможно, основой для оценки масштабов этого риска является только **изучение действующих водозаборов-аналогов** с перенесением на разведочную и прогнозную модели закономерностей формирования параметров взаимосвязи поверхностных и подземных вод в зависимости от величины линейной эксплуатационной нагрузки и характеристик русла и скорости потока поверхностных вод в меженные периоды (последнее - для прирусловых водозаборов). Таким образом, в состав работ для обоснования моделей, нацеленных на оценку данного риска, следует включать **детальное изучение эксплуатируемых участков-аналогов.**



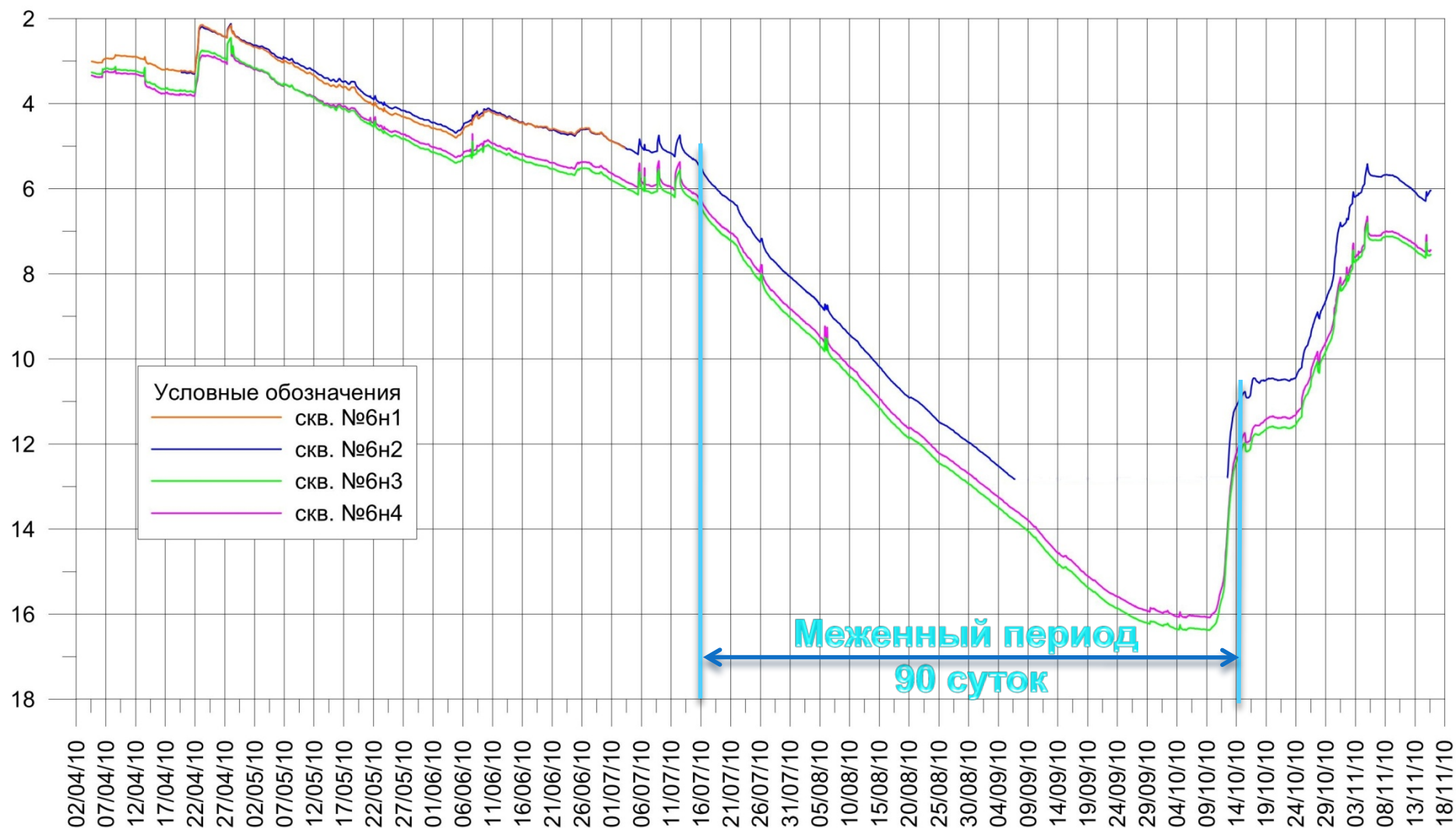
Геолого-гидрогеологический разрез вдоль Адлерского участка



Геолого-гидрогеологический разрез вдоль Верхнеадлерского участка



Результаты наблюдений за режимом ПВ по скважине 6н (Левый берег Адлерского водозабора)



Значения параметров аналогии и линейные нагрузки по водозаборам-аналогам для месторождений Краснополянской группы

Оцениваемое месторождение	Водозабор-аналог	min расхо д рек, м³/с	Мощност ь пород, м	К _ф , м/сут	Линейная нагрузка на водозабор е-аналоге, м³/сут на 100 м	А ₀ на водоза боре- аналог е, сут	Рекоменд уемая линейная нагрузка, м³/сут на 100 м
		оцениваемое <u>месторождение</u> водозабор-аналог					
Ачипсинское (р. Ачипсе)	Лазаревский (р. Псезуапсе)	<u>0,61</u> 0,67	<u>до 45-50</u> до 52-54	120- <u>200</u> 75-102	2000-4000	0,06- 2,5	до 4000
Эсто-Садок- Мзымтинское (р. Мзымта)	Адлерский: Правобережный Левобережный (р. Мзымта)	<u>4,3</u> 6,06	<u>до 55-75</u> до 54-57 до 60	<u>100</u> 100 60-160	7000-8000 2800	0,07 0,07- 0,55	до 5000
	Ахштырский: Центральный Южный (р. Мзымта)		<u>до 55-75</u> до 50 до 60	<u>100</u> 83 144	10000 2200-4500	1-3 0,05	

Подчеркнем, что к процессам кольматации вследствие водоотбора могут быть добавлены процессы заиления русла вследствие других **техногенных воздействий**, например, проведения масштабных строительных работ или разработки песчано-гравийных отложений в русле реки выше по течению. Последние риски практически не поддаются прогнозной оценке и могут быть уменьшены только при постоянном мониторинге гидрогеологической обстановки, а их **стоимостная оценка** будет выражаться в стоимости расчистки русла реки на глубину проникновения кольматирующих отложений на участке, обеспечивающем восполнение запасов подземных вод, или, при возможности, мероприятий, обеспечивающих **искусственное пополнение запасов подземных вод**.

Отметим также, что последний указанный риск можно отнести и к типу **смешанных - природных и техногенных**, так как интенсивность кольматации русловых отложений зависит не только от интенсивности водоотбора, но и от природных характеристик - скорости и мутности потока поверхностных вод на участке в различные периоды, глубины переработки русловых отложений рек в паводки или же естественной интенсивности илообразования в водохранилищах.

В заключении представленного обзора видов рисков, требующих учета при оценке запасов подземных вод методом моделирования, еще раз повторим тезис, высказанный относительно рисков, связанных с недостаточностью гидрогеологических данных. Если надежность прогнозов, связанных с фильтрационной схематизацией месторождений и количественными гидродинамическими расчетами, к текущему моменту мы научились оценивать вполне удовлетворительно (что в глобальном плане отражается в категоризации оцениваемых запасов), то оценка рисков, связанных с **неподтверждением качества подземных вод** на эксплуатируемых месторождениях, является в настоящее время наиболее актуальным вопросом. Они возникают вследствие недоизученности или неучета гидрогеохимических процессов при миграции подземных вод и недостаточной обоснованности **геомиграционных** моделей месторождений.

Это еще раз обращает наше внимание на свойство субъективности оценок рисков, т.е. на необходимость высокой квалификации исследователей, выполняющих гидрогеологическое обоснование моделей месторождений, на основании которых оцениваются риски разработки последних.