

## Секция 4

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

## ЗАВИСИМОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ГРУНТАХ ОТ ИХ СОСТАВА (НА ПРИМЕРЕ Г. ТОМСКА)

Н.Н. Бракоренко

Научный руководитель доцент Т.Я. Емельянова  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ранее автозаправочные станции (АЗС) располагались вне черты г. Томска, но в связи с активной застройкой ситуация изменилась и в настоящее время на территории города расположено около 30 АЗС (рис. 1).



Рис.1. Схема расположения АЗС на территории г. Томска

Несмотря на тщательное соблюдение правил эксплуатации АЗС, происходят проливы нефтепродуктов, что в конечном итоге оказывает техногенное воздействие на геологическую среду.

Нашей задачей является исследование воздействия нефтепродуктов (НП) на грунты и подземные воды.

В основу данной работы положены материалы по изучению содержания НП в грунтах и подземных водах на участках АЗС, полученных организациями «ТомскТИСИЗ» и «Томскгипротранс», выполнявших здесь инженерно-экологические изыскания.

Нами были проанализированы данные, полученные на участках – № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (рис. 1).

В геоморфологическом отношении участки № 1 (по ул. Смирнова) и № 7 (по ул. Сенная Курья) приурочены к поверхности II надпойменной террасы р.Томи.

Участки по ул. Елизаровых (№ 2), Герцена (№ 3), Парковой (№ 4), Иркутский тракт (№ 5), площадка склада ГСМ (№ 6) расположены на поверхности Томь-Яйского междуречья.

Содержание НП на площадке № 5 с глубины 4 м постепенно увеличивается. Максимальное количество НП приходится на глубину 9 м. Данный факт можно объяснить тем, что до глубины 8 м, разрез сложен однородным грунтом – суглинком, поэтому содержание НП постепенно накапливается и увеличивается. С глубины 8 м до глубины 12 м – разрез сложен супесью, подстилаемой суглинком. Супеси, как известно, обладают более высоким коэффициентом фильтрации и объемом пор, который способен занять НП, и здесь большее их содержание.



Рис. 2. График распределения нефтепродуктов в грунтах на участке № 5

На графике распределения НП по глубине на площадке склада ГСМ (рис. 3), видно, что концентрация НП с глубиной изменяется незакономерно. Геологический разрез также неоднороден и сложен различными по составу грунтами: песком, суглинком, супесью различной консистенции и гравийно-галечниковым грунтом. Прослеживается

следующая связь между составом грунта и содержанием НП; так максимальная концентрация НП содержится в песках, супесях пластичных и гравийно-галечниковом грунте. Наименьшее содержание НП приходится на суглинки и супеси текуче-пластичной консистенции.

Максимальная концентрация НП на участке № 7 отмечено в песках и достигает своего пика на глубине 10 м (рис. 4). Причем, в этих песках на глубине 8 м концентрация НП составляет 4,71 мг/кг, а на глубине 10 м – 21,08 мг/кг. Резкое увеличение содержания НП связано с тем, что с глубины 9 м песок сильно насыщен водой, а НП, как известно, легче воды, что приводит к накоплению их на поверхности воды и образованию линз НП различного размера и конфигурации, плавающих на поверхности подземных вод и движущихся вместе с последними к местам их разгрузки.

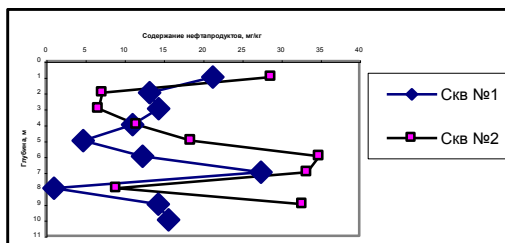


Рис. 3. График распределения нефтепродуктов в грунтах на площадке № 1

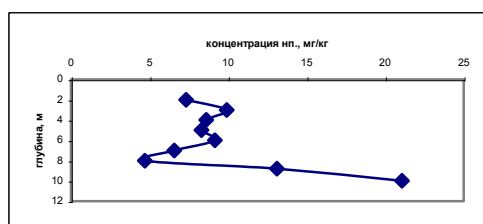


Рис. 4. График распределения нефтепродуктов на участке № 7

Концентрация НП на площадке № 1 максимальной величины (4000 мг/кг) достигает на первых метрах разреза в суглинках. Далее концентрация НП по разрезу изменяется незначительно и составляет 75 – 80 мг/кг. Возможно, грунты в верхней части разреза в большей степени адсорбируют НП.

В итоге можно сказать, что величина содержания НП зависит от состава грунтов слагающих геологический разрез участков и увеличивается в цепочке: глина – суглинок-супесь-песок при одинаковых условиях залегания этих разновидностей в разрезе, но эта зависимость может быть нарушена при незакономерном расположении в разрезе разновидностей грунта.

Так же содержание НП зависит от близости расположения опробованных скважин к участку АЗС. Так, на площадке АЗС по ул. Смирнова было пробурено 8 скважин. На рис видно что в скважинах 1, 5, 6, 8 наблюдается наиболее высокое содержание НП по сравнению со скважинами 2, 3, 7, 4. Из схемы расположения скважин на данном участке видно, что скважины 1, 5, 6, 8 находятся ближе к складу бензина. А наличие НП в скважинах расположенных на расстоянии 20 – 40 м от него говорит об ареоле распространения НП.

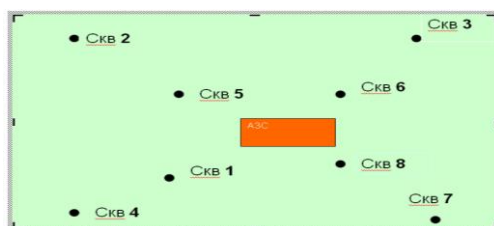


Рис. 5. Схема расположения скважин на площадке АЗС по ул. Смирнова

Можно сказать, что содержание НП зависит также от длительности эксплуатации АЗС. Так, в 1995 г. на участке № 3 максимальная концентрация НП составила 84,4 мг/кг, а в 1999 г. – 977,01 мг/кг.

Обобщая приведенные данные, можно сказать следующее.

Строительство АЗС на территории городов нужно запретить либо создать прочную изоляцию, потому что такое накопление нефтепродуктов меняет и состояние и свойства пород.

При строительстве АЗС необходимо учитывать геологический разрез участков; предпочтительнее строить АЗС на более глинистых грунтах с большим содержанием глинистых фракций, которые, как показывают результаты, адсорбируют нефтепродукты в верхней части разреза, что позволит проще проводить очистку грунта в экстремальных случаях.

Литература

1. Гольдберг В.М. Распределение концентраций нефтепродуктов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 1999. – № 3. – С. 55 – 65.

## **ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА Г. КАЗАНИ**

**Н.И. Жаркова**

**Научный руководитель профессор С.Г. Дубейковский  
Казанский государственный университет, г. Казань, Россия**

В четвертичный период значительная часть современной геологической среды района г. Казани охвачена процессами физического и химического выветривания [1]. Целью данной работы явилось изучение характера выветривания скальных и дисперсных грунтов, а также исследование особенностей залегания элювия, его состав и свойства.

Мощность элювия, который плащеобразно залегает на значительно дислоцированной и закарстованной поверхности верхнепермских пород казанского яруса, изменяется в широком диапазоне: от нескольких сантиметров до 30 метров [2].

По особенностям гранулометрического состава выделяется элювиальная мука в чистом виде, которая состоит преимущественно из структурных элементов пылеватой и глинистой размерности, и мука со щебнем. Минеральный состав исследуемых грунтов различен: исключительно доломит, доломит и кальцит, только кальцит. В минеральном составе всех типов муки в некоторых случаях присутствует кварц (не более 5 – 10 %).

Щебень зачастую представлен пелитоморфными кавернозными доломитами. Иногда среди пелитоморфной доломитовой массы наблюдаются более крупные зёрна ксеноморфного кальцита. Поверхность такого щебня значительно корродирована.

Детальные исследования образцов карбонатной муки в пределах нескольких инженерно-геологических скважин по ул. Санкт-Петербургской выявили, что соотношение кальцита и доломита в муке и щебне весьма изменчиво как в плане, так и по разрезу. Разброс содержаний кальцита носит случайный характер, что продиктовано сингенетической неоднородностью материнских пород.

Непостоянство минерального и гранулометрического состава в пределах нескольких десятков кубических метров предопределило некоторую изменчивость физических и физико-механических свойств внутри одного инженерно-геологического элемента. Так, естественная влажность изменяется в диапазоне от 13 до 34 %, плотность – от 1,88 г/см<sup>3</sup> до 2,20 г/см<sup>3</sup>, пористость колеблется в диапазоне от 31 до 50 %, модуль деформации изменяется от 17 до 20 МПа, сцепление карбонатной муки также невелико (0,012 – 0,029 МПа), угол внутреннего трения изменяется в пределах от 9° до 15°.

Описываемый массив грунтов является макронеоднородным, со стационарным (скачкообразным, незакономерным) режимом изменчивости, что значительно усложняет инженерно-геологические условия исследуемой территории, поскольку увеличивается риск неравномерных осадок различных инженерных сооружений.

Процесс разрушения известково-доломитовых пород казанского яруса происходит в два этапа:

Первый заключается в дезинтеграции доломитов и известняков до состояния карбонатной муки в результате процессов декальцитизации. Поскольку содержание кальцита в плане и разрезе изменяется в широких пределах, дезинтеграция протекает неравномерно. На участках, где кальцит отсутствует или содержится в весьма незначительных количествах, остаются линзы крепких доломитов как бы погружённых в дисперсную массу.

Известно, что процесс дезинтеграции карбонатов протекает лишь при наличии растворяющей способности грунтовых вод. Для ее оценки использовался метод сравнения активностей ионов грунтовых вод с произведением растворимости доломита и кальцита. Исследования показали, что для большинства участков проявления описанной выше дезинтеграции, система «кальцит – подземная вода» находится в неравновесном состоянии. Из этого следует, что жидкая компонента грунтов обладает агрессивностью только по отношению к кальциту. Особенно сильно агрессивность выражена у грунтовых вод в зоне активного водообмена, что связано с обилием в геологической среде СО<sub>2</sub>. Именно поэтому химическая денудация проявляется сильнее в контурах высокого залегания карбонатных пород казанского яруса, вследствие чего там накапливаются большие мощности карбонатной муки. Для грунтовых вод зоны полного водонасыщения агрессивность к кальциту свойственна в меньшей степени, что связано с более высокой минерализацией (0,87 – 1,24 мг/л) и большим содержанием Са<sup>2+</sup>. Однако, в местах локализации утечек из водонесущих коммуникаций минерализация, состав и рН поровых растворов изменяются, что приводит к нарушению равновесия системы «карбонатные породы – подземная вода», следовательно, к растворению кальцитовой составляющей доломитов.

Второй этап заключается в дальнейшем растворении кальцитовой составляющей в уже дезинтегрированной массе, что приводит к разуплотнению и, следовательно, оседанию земной поверхности. Также, при наличии благоприятных условий (соответствующие напорный градиент и степень неоднородности грунта), происходит механическая суффозия, в связи с чем продолжается разуплотнение. Следует заметить, что в пределах г. Казани нередко эти два процесса протекают одновременно.

Лёссовидные супеси и суглинки широко распространены в пределах Волго-Ноксинского междуречья и, изредка, в высоком правобережье р. Казанки. Лёссовидные грунты залегают в виде линзообразных тел различной мощности (до 6 м) на глубинах, как правило, не превышающих 10 м. В плане и разрезе между обычными грунтами и их лёссовидными аналогами нет чётких границ.

Лёссовые породы характеризуются наличием столбчатой отдельности и некоторой трещиноватостью. Отдельные разности сочетают в себе как столбчатую отдельность, так и некоторую слоистость, что, вероятно, указывает на их изначально аллювиальное происхождение. Исследуемые грунты обладают маленькой естественной влажностью (2 – 14 %), низкой плотностью сухого грунта (1,32 – 1,67 г/см<sup>3</sup>). Коэффициент просадочности в среднем изменяется от 0,029 МПа до 0,067 МПа, а иногда достигает 0,132 МПа (P = 0,3 МПа). Начальное просадочное давление изменяется от 0,01 МПа до 0,05 МПа. Грунты имеют скелетный тип микростроения. Они обладают ярко выраженной пористостью (38 – 51 %), которая представлена межгранулярным и межагрегативным типами, а также макропористостью. Внутренняя поверхность макропор в некоторых случаях выполнена известковистым веществом и гидроокислами железа. Доля

макропор от всей пористости не превышает 5 % [3]. Межгранулярная и межагрегативная пористости сингенетические, тогда как макропористость сформировалась в постседиментационный период в результате экзогенного разуплотнения: промораживания и/или суффозионного выноса частиц фильтрующимися водными растворами.

В составе исследуемых грунтов преобладают частицы тонкопесчаной размерности (50 – 60 %). Глинистая компонента составляет примерно 5–8 %, большая часть которой – это структурные элементы размерности 0,001 – 0,005 мм. Содержание пылевой компоненты изменяется в пределах 20 – 30 % и только в отдельных случаях превышает 40 %. Крупная пыль преобладает над мелкой. Как правило, содержание тонкого песка с глубиной уменьшается, а мелкого, напротив, – увеличивается. Это свидетельствует о том, что грунты более высоких горизонтов сильнее подверглись процессам выветривания по сравнению с грунтами глубоких горизонтов. На элювиальное происхождение указывают также весьма низкая степень окатанности частиц пылевой и песчаной размерности и высокие значения коэффициентов неоднородности грунтов ( $K_n > 15$ ). Исследуемые грунты характеризуются довольно низкой степенью агрегативности ( $KA < 1,5$ ).

В песчаной фракции среди минералов значительно преобладает кварц, что весьма характерно для волжского аллювия. Полевые шпаты, слюды содержатся в очень малых количествах. В пылевой фракции на фоне кварца увеличивается содержание калиевых полевых шпатов, плагиоклазов, слюды и хлорита, появляются кальцит и доломит, имеющие аллотигенное происхождение (скарб ~ 5 %). В глинистой фракции преобладают смешенослойные минералы, также присутствуют карбонаты и кварц.

С глубиной во фракции менее 0,001 мм содержание глинистых минералов увеличивается, а кварца, напротив, уменьшается, что, вероятно, произошло в результате разрушения песчаных частиц агентами химического и физического выветривания. Возможно, этот факт объясняет заниженные значения влажностей верхнего и нижнего пределов пластичности, а также числа пластичности. Так, например, большинству исследуемых суглинков (названных так по результатам гранулометрического анализа) соответствует число пластичности супесей ( $I_p < 7$ ) [3].

Проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Процессами выветривания затронуты как скальные, так и дисперсные грунты.
2. Карбонатный элювий сформировался в результате химического выветривания и его формирование вероятно продолжается и в настоящее время.
3. Облёссовывание происходило в основном под действием физического, и, возможно, при некотором участии химического выветривания.
4. Процессы выветривания значительно усложнили инженерно-геологические условия территории города Казани.

#### Литература

1. Геология Татарстана. Стратиграфия и тектоника // Под ред. Б.В. Бутова. – М.: ГЕОС, 2003. – 402 с.
2. Жаркова Н.И., Даровских Н.Н., Галеев Р.К. Состав и свойства верхнепермского карбонатного элювия, как фактор формирования инженерно-геологических условий центральной части г. Казани // Вестник ТО РЭА. – 2005. – № 26. – С. 22 – 25.
3. Жаркова Н.И., Гайсин М.И., Низамутдинова А.Р. Лёссовидные грунты г. Казань // Вестник ТО РЭА. – 2005. – № 24. – С. 8 – 12.

### ПРОБЛЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД ПОКУРСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА КОЛПАШЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ

Ю.Г. Михеева

Научный руководитель доцент О.Ф. Зятева  
*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Томская область богата гидроминеральными ресурсами, представленными минеральными водами разнообразного состава и бальнеологических групп, среди которых научный и практический интерес представляют слабоминерализованные воды. В области много участков с проявлением подземных слабоминерализованных вод. Все они содержат различные водоносные горизонты. Например, три скважины (2ч, 2кп, 6р) вскрыли один покурский водоносный горизонт в Колпашевском районе. Воды напорные, скважины работают с самоизливом воды, поэтому актуальным является рациональное использование и охрана их от загрязнения и истощения.

Скважина 2ч расположена на территории санатория Чажемто и пробурена целенаправленно для расширения его гидроминеральной базы в 1999 г. Глубина ее 850 м. Каптаж в интервале глубин 732 – 764,7 м.

Скважина 2кп расположена на левом берегу р. Чая недалеко от дороги. Глубина – 3002,5 м, каптаж осуществляется в интервале глубин 744,2 – 759,6 м.

Скважина 6р расположена в 18 км от п. Чажемто. Глубина 2752 м, интервал установки фильтра 589 – 594 м.

По данным изучения химического состава воды за многолетний период изменения концентрации в воде макро- и микрокомпонентов по всем трем скважинам достаточно ощутимы.

Можно заключить, что в скв. 2ч из катионов в воде преобладает Na, содержание которого изменяется от 306,2 мг/дм<sup>3</sup> до 370 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация в воде Ca и Mg соответственно равна 12 и 7,9 мг/дм<sup>3</sup>. Из анионов преобладает HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Его содержание изменяется от 402,6 мг/дм<sup>3</sup> до 622,2 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация CO<sub>3</sub> варьирует от 12 до 64 мг/дм<sup>3</sup>. Предельные значения концентрации в воде Cl равны соответственно 175,7 и 258,8 мг/дм<sup>3</sup>. Минерализация изменяется от 998,6 мг/дм<sup>3</sup> до 1208 мг/дм<sup>3</sup>, pH 8,5. Содержание в воде биологически активных компонентов (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, Vг, Fe<sub>общ.</sub>, J), ниже бальнеологически значимых норм. (при кондиции 5 мг/дм<sup>3</sup>). Суммарное содержание растворенного органического вещества (РОВ по C<sub>орг.</sub>) колеблется от 6,7 до 8,6 мг/дм<sup>3</sup>.

В скв. 2кп из катионов в воде преобладает Na, содержание которого изменяется от 236 до 380 мг/дм<sup>3</sup>. Относительно стабильно (6 – 8,02 мг/дм<sup>3</sup>) содержание Ca. Содержание Mg на уровне 1,7 – 2,43 мг/дм<sup>3</sup>. Из анионов в воде преобладает HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Его содержание изменяется от 370,5 до 567,6 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание в воде Cl колеблется от 106,5 до 354,5 мг/дм<sup>3</sup> и лишь в одной пробе (1956) его величина достигает 1051,7 мг/дм<sup>3</sup>. Практически во всех пробах

отсутствует SO<sub>4</sub>. Минерализация изменяется от 815 до 999 мг/дм<sup>3</sup>. рН от 7,2 до 8,8. Содержание в воде биологически активных компонентов в целом не высокое – С<sub>орг.</sub> от 8,9 – 12 мг/дм<sup>3</sup>.

Результаты химического анализа воды скв.бр позволяют заключить, что содержание Са изменяется от 5 до 17,06 мг/дм<sup>3</sup>, Mg от 1,22 до 40 мг/дм<sup>3</sup>. Из анионов HCO<sub>3</sub> изменяется от 325 до 439,2 мг/дм<sup>3</sup>, Cl от 432,2 – 520 мг/дм<sup>3</sup>. Минерализация от 1333,3 до 1460,4 мг/дм<sup>3</sup>. Биологически активные компоненты содержатся в малых количествах. С<sub>орг.</sub> изменяется от 3,12 до 8 мг/дм<sup>3</sup>.

Согласно полученным данным написаны формулы химического состава изучаемых вод, которые имеют следующий вид.

Скважина 2ч:

$$C_{орг.} 0,0086 M1,0 - 1,2 \frac{(HCO_3 + CO_3)61 - 65 Cl35 - 39}{(Na + K)95 Ca3 - 5 Mg2} pH > 8,5 T10^{\circ} C.$$

Маломинерализованная хлоридно–гидрокарбонатная натриевая щелочная холодная, с содержанием РОВ < 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Скважина бр:

$$C_{орг.} 0,0088 M1 \frac{Cl58 - 70 HCO_3 29 - 41}{Na92 - 98 Ca1 - 4 Mg1 - 4} pH > 8,5 T16^{\circ} C.$$

Маломинерализованная, гидрокарбонатная–хлоридно–натриевая, щелочная, холодная, с содержанием РОВ < 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Скважина 2кп:

$$C_{орг.} 0,012 M0,9 \frac{Cl50 HCO_3 49}{(Na + K)97 Ca2 Mg1} pH 8,5 T24^{\circ} C.$$

Слабоминерализованная, гидрокарбонатно-хлоридная натриевая слабощелочная слаботермальная с содержанием РОВ > 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Воды являются лечебно–столовыми, минерализация которых от 1 до 10 г/дм<sup>3</sup>. Содержание в воде С<sub>орг.</sub> от 5 до 10 мг/дм<sup>3</sup> говорит о том, что они бальнеологически значимы; в скв. 2кп С<sub>орг.</sub> превышает 10 мг/дм<sup>3</sup>.

С<sub>орг.</sub> было подробнее изучено в воде скв. 2ч и 2кп различными методами: прямым методом «мокрого сжигания» и косвенным при пересчете по ХПК. Из таблицы 1 видно, что в пробах воды, которые были отобраны без предварительной консервации, суммарное содержание С<sub>орг.</sub> в воде в 2 – 3 раза выше, чем в тех же водах, которые были законсервированы. Следует отметить, что при определении методом «мокрого сжигания» значение величины С<sub>орг.</sub> ниже, чем при пересчете по ХПК.

Состав подземных вод был исследован на наличие в них как гуминовых веществ, так и отдельных составляющих в виде гуминовых кислот и фульвокислот. Из результатов анализов, приведенных в таблице 2 видно, что содержание в подземных водах гуминовых кислот невысокое и колеблется от 0,03 до 1,08 мг/дм<sup>3</sup>. Фульвокислоты концентрируются от 4,5 до 7,4 мг/дм<sup>3</sup>. По полученным данным можно видеть, что суммарное содержание в водах фульво- и гуминовых кислот составляет определенную долю от суммарного содержания в этих водах С<sub>орг.</sub>

Это может служить основанием для заключения о наличии в них других органических кислот. Если сопоставить концентрацию в воде гуминовых веществ относительно суммарного содержания органических веществ, полученных прямым (по С<sub>орг.</sub>) и косвенным методами (ХПК), то можно увидеть, что концентрация гуминовых веществ превышает общее содержание в воде РОВ. При этом значения концентрации в воде гуминовых веществ численно более близки к величинам содержания в воде органических веществ, определяемых косвенным методом. Из всего выше сказанного можно заключить, что различные методы определения С<sub>орг.</sub> влияют на результат.

По повышенному содержанию РОВ данные воды могут быть отнесены к XXVIII группе «Нафтуса» трускаветского месторождения, для которого характерно: низкая минерализация (0,7 мг/л), резкое преобладание среди анионов гидрокарбонатов, а среди катионов – кальция и магния, присутствие в значительном количестве микрокомпонентов и органического вещества (не менее 15 мг/л), битумов (не менее 10 мг/л), органического углерода и азота. Данные пробы содержат фульвокислоты до 7,4 мг/дм<sup>3</sup>, что не характерно для этой группы. И все-таки эти воды могут быть отнесены по основным признакам (малая минерализация, повышенное содержание РОВ) к XXVIII группе и использоваться как разновидность этой группы. Учитывая, что в этих водах преобладают фульвокислоты, можно заключить, что в бальнеологическом отношении они изучены недостаточно. Необходимы более глубокие клинические исследования воздействия фульвокислот на организм человека.

Таблица 1

Результаты определения С<sub>орг.</sub> по различным методам и методикам

Объекты исследования	Метод мокрого сжигания				Пересчетом по ХПК		
	октябрь 2000 г.	май, 2001 г.	октябрь		октябрь 2000г.	май 2001 г	октябрь 2001 г.
			2001 г. конс.	2001 г. не конс.			
Подземные воды покурского водоносного горизонта (К1-2рк, скв. 2кп)	11,5	8,9	11,3	21,6	19,0	24,0	25,9
Подземные воды покурского водоносного горизонта (К1-2рк, скв. 2ч)	6,9	6,7	8,6	24,7	15,4	21,0	21,7

Таблица 2

**Сравнительная оценка концентрации в воде гуминовых кислот и фульвокислот относительно общего содержания гуминовых веществ**

Объекты исследования	Гуминовые кислоты, мг/дм <sup>3</sup>			Фульвокислоты, мг/дм <sup>3</sup>			Гуминовые вещества, мг/дм <sup>3</sup>		
	Опробование (1 – октябрь 2000 г., 2 – май 2001 г., 3 – октябрь 2001 г.)								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Подземные воды покурского водоносного горизонта (К1-2рк, скв. 2кп)	0,87	0,69	0,03	-	-	7,4	22,55	10,8	10,3
Подземные воды покурского водоносного горизонта (К1-2рк, скв. 2ч)	1,08	0,72	0,31	-	-	4,5	19,35	25,2	9,25

**Таблица 3**

**Сравнительная оценка концентрации в воде гуминовых веществ относительно общего содержания РОВ**

Объекты исследования	Сорг., мг/дм <sup>3</sup> (метод мокрого сжигания)			Сорг., мг/дм <sup>3</sup> (пересчетом по ХПК)			Гуминовые вещества, мг/дм <sup>3</sup>		
	Опробование (1 – октябрь 2000 г., 2 – май 2001 г., 3 – октябрь 2001 г.)								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Подземные воды покурского водоносного горизонта (К1-2рк, скв. 2кп)	11,5	8,9	11,3	19,0	24,0	25,9	22,55	10,8	10,3
Подземные воды покурского водоносного горизонта (К1-2рк, скв. 2ч)	6,9	6,7	8,6	15,4	21,0	21,7	19,35	25,2	9,25

Как было уже выше сказано, воды напорные и самоизливаются. Скважины бр и 2ч используются для минерального розлива и имеют зоны санитарной охраны. Скважина 2кп работает на самоизлив (18 м<sup>3</sup>/час) без использования и охраны; высота фонтана 20 м, вода изливается на поверхность, размывая почвенный покров. По ионно-солевому составу вода скважины 2кп аналогична воде скважины бр и с учетом предельных значений концентрации РОВ может представлять интерес как лечебная. Два раза выставляли ее на конкурс, были статьи в газете, но результата пока никакого.

Необходимо дальнейшее исследование химического состава воды скв. 2кп, уделяя особое внимание содержанию РОВ с последующим выяснением возможности использования ее в лечебных целях.

## ПРОГНОЗ ВТОРИЧНОГО СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД КОЛПАШЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

М.В. Мищенко

Научный руководители профессор. М.Б. Букаты, доцент А.Д. Назаров  
*Томский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука,  
г. Томск, Россия,*

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В пределах Колпашевской площади сконцентрированы большие запасы подземных вод с температурой, позволяющей отнести их к категории среднетемпературных (60 – 100 °С) [3]. В последнее время появились технологические возможности использования таких вод для выработки электроэнергии, что ранее считали неперспективным. В этих технологиях вместо пара используются низкокипящие вещества (фреон). В настоящее время могут использоваться и другие низкокипящие вещества, способные менять фазовые состояния при низких температурах. Вопрос об использовании нетрадиционных источников энергии является крайне актуальным в связи с нарастающим истощением традиционного топлива и данная территория может стать первой в Томской области, которая использует термальные воды в качестве источника электроэнергии [2].

При выборе для исследований Колпашевской площади сыграло большую роль ее расположение и уникальность залегающих по разрезу вод. Территория находится в центральной части Томской области на перекрестке транспортных систем (автодороги, крупные речные артерии и воздушные пути). С глубины 600 м (апт-альб-сеноманский водоносный комплекс) появляются минеральные воды. Причем в верхней зоне развиты воды с температурой 10 – 20 °С типа «Омега», а в нижней – с температурой 20 – 40 °С типа «Чажемто». С глубины 1400 м (готерив-барремский комплекс) распространены термальные воды (40 – 60 °С) лечебно-столового типа с повышенным содержанием йода и брома. В нижезалегающем валанжинском (2000 м) водоносном комплексе пластовая температура достигает 60 – 90 °С (в скважинах 5-Р и 1-Ч пластовая температура равна соответственно 84 °С и 75 °С).

В связи с использованием термальных вод в качестве источника для выработки электроэнергии, возникает вопрос солеотложения в добывающих скважинах.

Расчет солеотложения в стволе скважины проведен с использованием специального программного комплекса [1].

В процессе моделирования исходные данные (анализ вод) пересчитывались в соответствии с пластовыми условиями и раствор приводился в равновесие с газом (инвазия в воду  $\text{CO}_2$  из гипотетической свободной газовой фазы, содержащей 0,2 %  $\text{CO}_2$ ) и породой (путем подбора энергии Гиббса минералов к состоянию равновесия с раствором, для чего в программном комплексе предусмотрена специальная процедура). Затем проводилась численная имитация подъема вод по стволу скважины, вплоть до условий открытой поверхности (в условиях «пустой» породы и системы, закрытой относительно  $\text{CO}_2$ , не требуется поддержания  $\text{PCO}_2 = \text{const}$ ). Это моделирование соответствует гипотезе об исходном равновесии системы вода–карбонатные породы, при котором количество отлагающихся солей из раствора будет максимальным при обратном переводе такого раствора к поверхностным условиям.

Моделирование солеотложения проводилось для трех водоносных комплексов, которые по температуре, водообильности и глубине залегания подходят для использования в качестве источника выработки электроэнергии. Это подземные воды апт-альб-сеноманского, готерив-барремского и валанжинского водоносных комплексов.

Химический состав воды апт-альб-сеноманского комплекса повсеместно пресные (0,6 – 1 г/л) азотно-метановые гидрокарбонатные натриевые (содовые), вскрытые Куржинской скв.1 и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые (столовые), изученные в Колпашевской скв.1. Газовый фактор вод не превышает 0,1 – 0,3 л/л.

По химическому составу воды готерив-барремского водоносного комплекса закономерно изменяется с востока на запад от соленых (1 – 1,5 г/л) гидрокарбонатно-хлоридных натриевых азотно-метановых (лечебно-столовых) до метановых соленых (2 – 10 г/л) хлоридно-натриевых (лечебно-столовых) и крепкосоленых (10 – 25 г/л) хлоридных кальциево-натриевых (йодо-бромных лечебных и йодных промышленных).

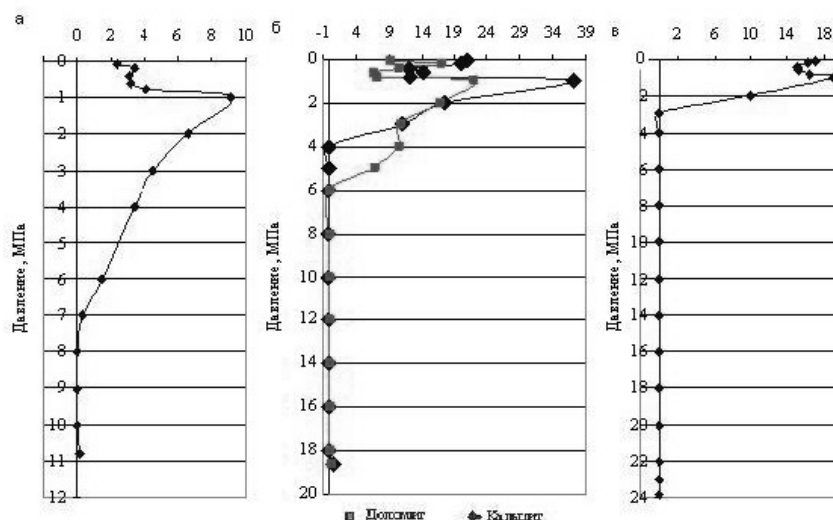
По химическому составу воды валанжинского водоносного комплекса повсеместно хлоридные азотно-метановые натриевые соленые, лечебно-столовые (на востоке) и метановые кальциевые натриевые крепкосоленые, йодо-бромные лечебные и местами йодные техноценные (на западе).

Основные результаты моделирования приведены на рисунке.

Проведенное моделирование показало, что из включенных в систему минералов ( $\text{SiO}_2$  х – халцедон,  $\text{SiO}_2$  кв – кварц,  $\text{CaCO}_3$  к – кальцит,  $\text{CaCO}_3$  а – арагонит,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  н – доломит,  $\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$  – гипс) в стволе эксплуатационной скважины выпадают только кальцит и доломит. Выпадение данных минералов обуславливается изменением давления, следствием чего является частичная дегазация, которая ведет к повышению рН вод и неравновесию вод относительно кальцита и доломита, с последующим их отложением. Они не приводят к смене химического типа вод, тогда как показатель свойств среды рН и содержание компонентов, участвующих в выпадении соответствующих минералов, могут изменяться.

По результатам моделирования видно, что из вод апт-альб-сеноманского и валанжинского водоносных комплексов идет осаждение только кальцита, а из вод готерив-барремского помимо кальцита еще выпадает доломит. На глубине 1100 м из вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса, осаждается небольшое количество (0,15 мг/л) кальцита, в интервале 1100 – 700 м его выпадение прекращается. Затем до глубины 100 м идет постепенное увеличение количества осажденного кальцита (до 9,1 мг/л) с дальнейшим постепенным уменьшением до 2,34 мг/л. Из вод готерив-барремского водоносного комплекса на глубине 1900 м высаживается небольшое количество как доломита, так и кальцита (0,16 и 0,51 мг/л соответственно). В интервале 1900 – 500 м выпадение кальцита и доломита прекращается. С глубины от 500 до 400 м более интенсивно осаждается доломит (6,68 – 10,42 мг/л) и практически перестает выпадать кальцит (следовое количество). В интервале 300 – 100 м идет более интенсивное осаждение кальцита (11,1 – 37,2 мг/л), чем доломита (10,7 – 21,8 мг/л). До глубины 40 м идет постепенное снижение количества выпавших минералов кальцита и доломита (до 14,4 и 6,5 мг/л, соответственно). В дальнейшем характер осаждения кальцита и доломита разный. С 40 м наблюдается небольшое увеличение выпавшего кальцита (до 20,9 мг/л). До глубины 20 м количество осажденного доломита незначительно увеличивается (16,8 мг/л), с дальнейшим уменьшением до 9 мг/л. На глубине 2500 м из вод валанжинского водоносного комплекса в.к., выпадает небольшое количество кальцита (0,04 мг/л). В

интервале 2500 – 200 м осаднение кальцита прекращается. С глубины 200 до 100 м идет постепенное увеличение осадненного кальцита (9,9 – 19 мг/л), с дальнейшим уменьшением до 17 мг/л.



**Рис. Профили прогнозного солеотложения в стволе скважины при подъеме воды из водоносных комплексов: а) апт-альб-сеноманского, б) готерив-барремского, в) валанжинского (по оси X количество выпавшего минерала, мг/л).**

Проведенное моделирование показало, что основными причинами солеотложения в добывающих скважинах на термальные, минерально-лечебные и промышленные воды являются состав вод и давление насыщения растворенного газа.

Показано, что все три водоносных комплекса пригодны для использования в качестве источника термальной воды. В процессе эксплуатации добывающих скважин для их профилактической обработки, а так же установленного оборудования, необходимо использование для удаления техногенного солеобразования кислотных растворов, механических чисток и других методов борьбы. В дальнейшем для повышения достоверности результатов следует провести моделирование при других термобарических условиях.

#### Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия ТПУ. Геология поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. – 2002. – Т. 305. – Вып. 6. – С. 348 – 365.
2. Мищенко М.В. Гидрогеотермальные условия района пос. Чажемто // Проблемы геологии и освоения недр. Труды VI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова. – Томск, 2002. – С.154 – 155.
3. Назаров А.Д. Геотермальные ресурсы Томской области // Разработка методики оценки эффективности применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для энергоснабжения и повышения энергоэффективности организации РАО "ЕЭС России". I этап "Разработка кадастра нетрадиционных и возобновляемых энергоисточников Томской области. Оценка энергетического потенциала нетрадиционных и возобновляемых энергоисточников Томской области". – Томск: РЦЭС, 2001. – С.208 – 273.

### РЕСУРСЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД КОЛПАШЕВСКОГО УЧАСТКА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**М.В. Мищенко**

Научные руководители профессор М.Б. Букаты, доцент А.Д. Назаров  
**Томский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Исходя из геотемпературных условий, водообильности и глубины залегания, наиболее доступные потенциальные ресурсы теплотехнических и бальнеологических подземных термальных вод в районе пос. Чажемто сосредоточены в отложениях покурской свиты (апт-альб-сеноманский водоносный комплекс), а для теплоэнергетических целей наиболее перспективно использование подземных термальных вод, сосредоточенных в киялинской (готерив-барремский водоносный комплекс) и тарской (валанжинский водоносный комплекс) свитах.

Термальные воды апт-альб-сеноманского водоносного комплекса преимущественно соленоватые, хлоридные натриевые с пластовой температурой от 28 до 35 °С (Колпашевская скв. 1-р). Вмещающие их отложения характеризуются высокими гидродинамическими свойствами. Дебит скважин при самоизливе воды достигает 300 – 600 м<sup>3</sup>/сут., а при насосной добыче воды увеличивается до 1000 – 4000 м<sup>3</sup>/сут [1, 3], что позволяет, в частности, использовать их в качестве основного источника поддержания пластового давления в нефтяных пластах месторождений Томской области.

Термальные воды готерив-барремского водоносного комплекса преимущественно соленоватые, умеренно соленые, хлоридные кальциево-натриевые с пластовой температурой 75 – 85 °С, на устье при самоизливе 45 – 50 °С, с пониженной (по сравнению с апт-альб-сеноманским водоносным комплексом) водообильностью. Дебиты скважин не превышают 10 – 115 м<sup>3</sup>/сут при понижении уровня до 350 – 875 м.

Воды валанжинского водоносного комплекса повсеместно соленые и крепко соленые, хлоридные натриевые и кальциево-натриевые, с пластовой температурой 60 – 90 °С и на устье фонтанирующих скважин 50 – 66 °С, в породах с высокой водообильностью. Дебит самоизлива превышает 70 – 500 м<sup>3</sup>/сут.

Оценка эксплуатационных ресурсов термальных вод проведена с использованием специальных программных средств [2]. Принималось, что данные водоносные комплексы являются неограниченными пластами с непроницаемой



подошвой и кровлей, так как они имеют повсеместное распространение на всей территории исследования и выдержаны по мощности, а также хорошо изолированы друг от друга пластами переслаивающихся аргиллитов и алевролитов, а также глин. Для расчетов запасов применялось уравнение Тейса-Джекоба, для неограниченного пласта в пространстве. В дальнейшем расчетное понижение сравнивалось с допустимым; и если  $S_p > S_{доп}$ , то запасы являются обеспеченными. Затем проводился дополнительный расчет максимально возможного дебита при заданном допустимом понижении.

Расчеты проводили для трех водоносных комплекса отдельно друг от друга, предполагая, что их ресурсы будут использованы независимо.

Все расчеты проводились исходя из времени работы одиночной скважины 10000 сут. При дебите  $5000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ , и радиусе фильтровой части скважины  $0,1 \text{ м}$ , упругой водоотдаче  $0,001$ , для допустимого снижения  $110 \text{ м}$ . Расчеты производились при двух коэффициентах водопроницаемости водоносных комплексов: максимальном и минимальном.

Таблица

**Результаты расчета ресурсов подземных термальных вод**

Водоносный комплекс	Коэффициент водопроницаемости (Km), $\text{м}^2/\text{сут}$	Расчетные величины		Максимально возможный дебит при допустимом понижении ( $Q_{max}$ ), $\text{м}^3/\text{сут}$
		Коэффициент пьезопроводности (a), $\text{м}^2/\text{сут}$	Расчетное понижение ( $S_p$ ), м	
Апт-альб-сеноманский	125	125000	84	6555
	300	300000	36	15230
Готерив-барремский	100	100000	104	5289
	200	200000	53	10300
Валанжинский	120	120000	87	6302
	470	470000	23	23470

Из таблицы видно, что все водоносные комплексы обладают обеспеченными запасами термальных подземных вод, так как расчетные понижения вод ниже, чем допустимое ( $S_p < S_{доп}$ ).

Для этих же водоносных комплексов рассчитали тепловые ресурсы, заключенные в подземных водах, по формуле [4]:

$$G = 10^{-3} \cdot Q \cdot T \cdot \eta_{гео} \cdot C,$$

где  $G$  – тепловые ресурсы, ГДж/сут;  $Q$  – дебит скважины,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;  $T$  – температура извлекаемой воды из скважины, °C;  $C$  – удельная теплоемкость (для воды принимается  $4,184 \text{ кДж/кг} \cdot \text{°C}$ );  $\eta_{гео}$  – коэффициент полезного использования тепла термальных вод,  $0,5 - 0,55$ .

Для апт-альб-сеноманского водоносного комплекса тепловые ресурсы при температуре  $24 \text{ °C}$  и  $\eta_{гео} 0,5$  будут равны  $251,0 \text{ ГДж/сут}$ . Но при использовании термоскважины, стенки, которой изолированы теплоизоляционным материалом, возможно увеличить коэффициент полезного использования тепла термальных вод с  $0,5 - 0,55$  до  $0,75$ , а также температуру извлекаемых вод на  $8-10 \text{ °C}$ . При использовании такой скважины тепловые ресурсы увеличатся до  $533,46 \text{ ГДж/сут}$  (при температуре  $34 \text{ °C}$  и  $\eta_{гео} 0,75$ ).

Для готерив-барремского водоносного комплекса тепловые ресурсы при использовании обычной скважины (при температуре  $55 \text{ °C}$  и  $\eta_{гео} 0,5$ ) составят  $575,3 \text{ ГДж/сут}$ . С использованием термоскважин (при температуре  $65 \text{ °C}$  и  $\eta_{гео} 0,75$ ) тепловые ресурсы повысятся до  $1019,8 \text{ ГДж/сут}$ .

Для валанжинского водоносного комплекса тепловые ресурсы при температуре  $66 \text{ °C}$  и  $\eta_{гео} 0,5$  будут равны  $690,3 \text{ ГДж/сут}$ . С использованием термоскважин (при температуре  $76 \text{ °C}$  и  $\eta_{гео} 0,75$ ) тепловые ресурсы достигнут  $1192,44 \text{ ГДж/сут}$ .

В последнее время появились технологические возможности использования среднетемпературных вод ( $60 - 100 \text{ °C}$ ) распространенных в данном районе, которые раньше считались неперспективными для выработки электроэнергии.

Примером такого использования может являться Паратунская ГеоТЭС находящаяся на полуострове Камчатка, где вместо пара используются низкокипящие вещества (фреон). В настоящее время могут использоваться и другие низкокипящие вещества, позволяющие выделять пар при низких температурах.

Из приведенных выше расчетов видно, что наиболее перспективным для добычи подземных термальных вод и выработки из них электроэнергии является валанжинский водоносный комплекс (тарская свита).

Апт-альб-сеноманский (покурская свита) и готерив-барремский (киялинская свита) водоносные комплексы останутся резервными с возможным дальнейшим привлечением подземных термальных вод этих водоносных комплексов в оборот в ГеоТЭС.

В настоящее время для небольших удаленных поселков наиболее важна проблема отопления, так как в них отсутствует централизованная система отопления, в связи, с чем воды готерив-барремского и валанжинского комплексов могут быть использованы для этих целей, так как отвечают требованиям по температуре. Для теплоснабжения необходимы воды с температурой  $60 \text{ °C}$ , а для горячего водоснабжения –  $50 \text{ °C}$ .

На базе апт-альб-сеноманского водоносного комплекса возможно создание водно-оздоровительного комплекса. Также возможно его использование в сельском хозяйстве для обогрева почв и теплоорошения (необходимая температура  $25 - 50 \text{ °C}$ ). Аналогом такого использования может служить пос. Мостовский Краснодарского края.

Целесообразно в экономическом отношении использовать специальные скважины, так как они позволяют повысить температуру извлекаемой воды, хотя бурение термоскважин и стоит дороже бурения обычных

гидрогеологических скважин. Но впоследствии эти затраты окупятся, так как такую скважину легче технологически обслуживать. Возможно, ее закрытие на различные периоды времени, с последующим вводом ее в эксплуатацию без длительной прокачки для стабилизации температуры подземных вод, что позволяет включать и выключать эту скважину в любое время при необходимости. Это в свою очередь позволяет уменьшить затраты на ее содержание, а главное - увеличить количество извлекаемого тепла из подземных термальных вод.

#### Литература

1. Бондаренко С.С., Вартанян Г.С., Кулаков Г.В. и др. Методы изучения и оценки ресурсов глубоких подземных вод. – М.: Недра, 1986. – 478 с.
2. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия ТПУ. Геология поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. – 2002. – Т. 305. – Вып. 6. – С. 348 – 365.
3. Винниченко Н.Н., Бычкова А.С. Геолого-экономическая оценка потенциальных эксплуатационных ресурсов термальных вод Томской области. – Томск: фонды ТКПР, 1984. – 361 с.
4. Ресурсы термальных вод СССР / Под ред. С.С. Бондаренко. – М.: Наука, 1975. – 240 с.

### **ВЛИЯНИЕ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РАЙОНЕ СЕЛА МОЛЧАНОВО (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**Е.С. Новосельцева**

Научный руководитель доцент Н.М. Шварцева  
*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Проблема захоронения и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) связана с массовым развитием промышленности и техники, которые способствуют бактериальному и химическому загрязнению, так как содержат в себе органические вещества, продукты их распада и другие компоненты. Воздействию полигона подвергаются практически все объекты природной среды: атмосфера, почвы и грунты, поверхностные и подземные воды. В условиях антропогенного загрязнения могут появляться тяжелые металлы (медь, цинк, свинец и др.), органические вещества, сульфаты. В результате проникновения таких вод в водоносные горизонты в последних могут формироваться обширные устойчивые ореолы загрязнения подземных вод.

В гидрогеологическом отношении на данном участке выделяются следующие водоносные горизонты: среднечетвертичных аллювиальных отложений тобольской свиты, верхнеолигоценных отложений новомихайловской свиты, водоносный горизонт верхнеэоцен-нижнеолигоценных отложений юрковской свиты. Наибольший интерес представляет верхний водоносный горизонт среднечетвертичных аллювиальных отложений тобольской свиты мощностью 35 м, который сложен песками с прослойками глин, суглинков и супесей. Эти воды повсеместно напорные и горизонт интенсивно эксплуатируется для хозяйственно-питьевого водоснабжения. По составу это преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевого воды. Нижележащий водоносный горизонт верхнеэоцен-нижнеолигоценных отложений юрковской свиты мощностью 42 м представлен песками с прослойками глин, имеет напорно-безнапорный характер. Он обладает хорошими химико-бактериальными показателями, так как сверху повсеместно перекрыт глинистой толщей. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциево-магниевого, используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проследим возможную техногенную нагрузку при эксплуатации полигона ТБО на подземные воды.

Загрязнение окружающей среды (поверхности земли, речных вод, атмосферы и атмосферных осадков) влечет за собой загрязнение подземных вод, т.е. загрязняющие компоненты с поверхности земли вместе с атмосферными осадками просачиваются в подземные воды. Также загрязняющие вещества через пыль и атмосферные осадки накапливаются в почвенном слое и поверхностных водах, которые являются потенциальным источником загрязнения подземных вод. В ходе анализа проб воды, отобранных вблизи полигона ТБО, были обнаружены Cu, Zn, Pb, Mn, Ba, Ti, Fe. На основе обобщенных данных проследим цепочку миграции микрокомпонентов Cu, Zn, Pb (2-го и 3-го класса опасности) по схеме «атмосферные осадки → поверхностные воды → подземные воды».

Медь. Жизненно важный и сильно токсичный цветной d-металл. Для атмосферы среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) оксида меди и хлористой соли составляет  $0,002 \text{ мг/м}^3$ , а сульфата и сульфида –  $0,001 \text{ мг/м}^3$ . Для вод питьевого назначения ПДК меди, ее сульфата, фосфата и хлористой соли –  $1 \text{ мг/л}$ , а в почве ПДК для растворимых форм –  $3 \text{ мг/кг}$  [2]. Известно, что для Восточной Сибири концентрация меди в атмосферном воздухе составляет  $70 \text{ нг/м}^3$ . Среднее содержание меди в атмосферных осадках на территории полигона ТБО составляет  $4,69 \text{ мкг/л}$ . В поверхностных водах вблизи полигона ТБО –  $19,5 \text{ мкг/л}$ . В подземных водах среднее содержание меди изменяется с глубиной (мкг/л): на глубине 25 м (верхний водоносный горизонт тобольской свиты) –  $10,3$ ; на глубине 60 м (водоносный горизонт новомихайловской свиты) –  $2,64$ ; на глубине 120 м (водоносный горизонт юрковской свиты) –  $3,5 \text{ мкг/л}$  (рис.). Техногенными источниками меди являются горно-геологические производства, предприятия цветной металлургии, транспорт. Высокое содержание меди установлено в шлаке от сжигания бытового мусора.

Цинк. Жизненно и промышленно важный, токсичный 3d-металл. В атмосферном воздухе среднесуточная ПДК –  $0,05 \text{ мг/м}^3$  для ZnO и  $0,008 \text{ мг/м}^3$  для сульфата. Для вод хозяйственно-бытового назначения ПДК –  $1 \text{ мг/л}$ , а в почвах ПДК для подвижных форм цинка составляет  $23 \text{ мг/кг}$  [2]. Среднее содержание цинка в атмосферных осадках на территории полигона ТБО составляет  $7,77 \text{ мкг/л}$ . В поверхностных водах вблизи полигона ТБО –  $80 \text{ мкг/л}$ . В подземных водах среднее содержание цинка увеличивается с глубиной (мкг/л): на глубине 25 м –  $12,9$ ; на глубине 60 м –  $14,8$ ; на глубине 120 м –  $16,3 \text{ мкг/л}$  (рис.). Потенциальным источником повышенной концентрации цинка может явиться металлическая фракция, выделенная из шлаков от сжигания ТБО, в которой содержится 20 % цинка. Наибольшую опасность для человека представляют ингаляции аэрозолями цинка, его оксида и хлорида.

Свинец. Малораспространенный, давно и широко используемый сильнотоксичный металл. В воздухе среднесуточная ПДК неорганических соединений свинца составляет  $0,0003 \text{ мг/м}^3$ , а для PbS –  $0,0017 \text{ мг/м}^3$ . Для водных источников ПДК свинца оценивается в  $0,03 \text{ мг/л}$ , а в почвах ПДК для валового содержания свинца –  $32 \text{ мг/кг}$  и для подвижных форм –  $6 \text{ мг/кг}$  [1]. По С.Л. Шварцеву среднее содержание свинца в подземных водах зоны гипергенеза  $2,2 \text{ мкг/л}$ , меняется оно в зависимости от литологии вмещающих пород – выше в кислых и глинистых, а также

природно-климатических условий – наибольшее в областях засоления и влажных саваннах, ниже – в умеренно-влажной зоне и зоне мерзлоты [4]. Главный источник загрязнения атмосферы свинцом – выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, металлургия и энергетика. Среди промышленных и бытовых отходов наибольшие содержания свинца зафиксированы в продуктах мусоропереработки. Среднее содержание свинца в атмосферных осадках на территории полигона ТБО составляет 1,75 мкг/л, в поверхностных водах вблизи полигона ТБО – 2,16 мкг/л. В подземных водах среднее содержание свинца уменьшается с глубиной (мкг/л): на глубине 25 м – 2,7; на глубине 60 м – 1,45; на глубине 120 м – 0,75 мкг/л (рис.).

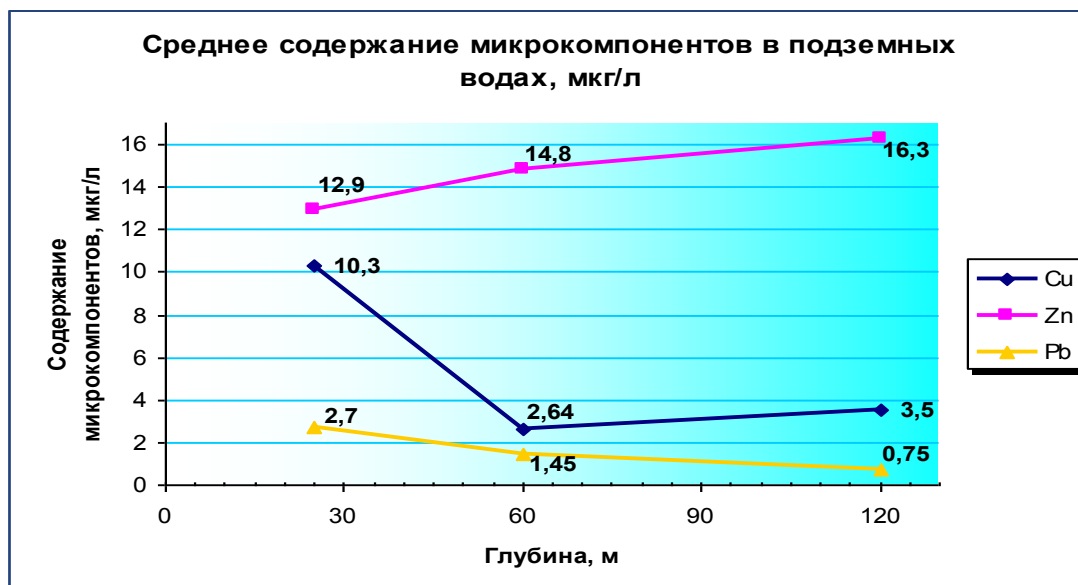


Рис. Изменение содержания микрокомпонентов в подземных водах окрестностей с. Молчаново с глубиной

На человека наиболее опасное влияние оказывают такие химические элементы как медь и свинец.

Медь биологически незаменимый, жизненно важный элемент, необходимый для человека, животных и растений. Медь входит в состав гормонов, она влияет на рост, развитие, воспроизводство, обмен, гемоглинообразование и на активность лейкоцитов, ускоряет развитие эритроцитов, способствует росту и регенерации костной ткани, препятствует распаду гликогена в печени. Медь отнесена к группе полезных в микроколичествах. Дефицит меди вызывает многие болезни человека. Токсичность обусловлена способностью меди блокировать ферменты и повышать проницаемость мембраны митохондрий [2].

Избыток свинца токсичен для человека, особенно в раннем возрасте. При отравлении свинцом и его соединениями нарушается обмен гемоглобина и гетеропротеинов; возможны также хромосомные нарушения. Особенно характерно хроническое свинцовое отравление, проявляющееся в анемии, неврологических расстройствах и невропатии. Дефицитные состояния не типичны для человека, а у животных нехватка свинца вызывает нарушение обмена железа [3].

Заключение. Процесс влияния полигона ТБО на качество подземных вод можно разделить на следующие составляющие: 1 – образование фильтрата, 2 – влияние фильтрата на подземные воды, в первую очередь на верхний водоносный горизонт. В данном случае утилизация отходов, как предполагается, будет происходить при образовании минимального количества фильтрата.

Защищенность водоносных горизонтов на данном участке отличается, во-первых, хорошей степенью их изоляции с поверхности (мощности толщ, перекрывающих водоносный горизонт, их сорбционной способностью); она дополняется способностью к самоочищению самого водоносного горизонта, конкретно юрковской свиты, дальностью путей миграции загрязнителя, при которой происходит снижение концентраций практически до допустимых значений. Во-вторых, интенсивность загрязнения и защищенность водоносного горизонта можно предсказать, анализируя тип загрязнителя, его объемы, химическую активность и концентрации загрязняющих веществ.

В результате изучения изменений содержания Cu, Zn и Pb с глубиной выяснилось, что содержание Cu и Pb от верхнего водоносного горизонта к нижележащим уменьшается, а концентрация цинка несколько увеличивается. Количественные значения их пока находятся в пределах ПДК. Однако с течением времени тенденция увеличения содержания загрязняющих веществ может возрасти, что требует постановки мониторинга за охраной окружающей среды в данном районе.

#### Литература

1. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. / Под ред. Э.К. Буренкова. – М.: Недра, 1996. – Кн. 3: Редкие р-элементы. – 352 с.
2. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн./ Под ред. Э.К. Буренкова. – М.: Экология, 1995. – Кн. 4: Главные d-элементы. – 416 с.
3. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

### ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ ВОСТОК – 1 (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.А. Ракитина

Научный руководитель доцент А.Д. Назаров

## Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В Томской области ведущими отраслями промышленности являются добыча нефти, газа и их переработка. Дальнейшее развитие этих отраслей требует наращивания ресурсной базы углеводородного сырья.

Ожидаемый бурный рост нефтедобычи в Томской области обусловлен принятием решения Правительства РФ о строительстве нефтепровода Тайшет-Находка, по которому планируется транспортировать порядка 50 млн. тонн нефти в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Значительная доля этих поставок нефти должна осуществляться из Томской области, которая находится в головной части будущего нефтепровода и имеет развитую инфраструктуру нефтедобычи.

Для обеспечения нарастающего уровня добычи в Томской области имеются разведанные запасы, представленные 83 небольшими и сложнопостроенными месторождениями, запасов которых хватит для поддержания планируемого уровня добычи на ближайшие 3 – 5 лет.

Эти факторы обуславливают возросшую актуальность постановки региональных геологоразведочных работ, в выполнении которых должны принимать активное участие государственные научные предприятия.

Параметрическая скважина Восток–1 заложена в северо-восточной части Томской области, в верховьях реки Тым на южном склоне Северо-Лымбельского куполовидного поднятия Ажарминского мегавала с целью изучения и оценки перспектив нефтегазоносности верхнепротерозойских, палеозойских и юрских отложений.

В пределах района заложения были пробурены глубинные скважины с выявленными нефтегазопроявлениями и даже открытыми месторождениями (Киев–Еганская и др.).

Скважина расположена в пределах Кеть–Вахской нефтегазоносной мегаобласти, в пределах которой обнаружены залежи нефти и газа в юрских отложениях (Киев–Еганское, Тунгольское и другие месторождения). Также отмечены признаки нефти и в палеозое.

Исследования ученых, в том числе и нашей кафедры (ГИГЭ), указывают на заметные перспективы нефтегазоносности восточных районов области, с целью подтверждения которых и заложена параметрическая скважина Восток–1. Таким образом, результатом исследований должна являться сравнительная характеристика западной и восточной частей Томской области.

Сравнение гидрогеохимических условий западной части Томской области (с доказанной нефтегазоносностью) с восточной частью (с перспективной нефтегазоносностью) указывают на благоприятные условия для генерации и аккумуляции нефти и газа в юрских и палеозойских толщах.

Химический состав подземных вод западной и восточной частей области показывает, с одной стороны, заметные отличия зональной изменчивости состава вод, а с другой – близость значений наиболее информативных показателей (особенно значений наиболее продуктивной юрской толщи).

Более высокие значения минерализации и концентрации углеводородных газов в меловых отложениях западной части области обусловлены наличием выдержанных водоупоров, в то время как на востоке области отсутствие меловых водоупоров привело к развитию здесь вод с более низкой минерализацией (и соответственно УВГ).

В то же время, резкий рост минерализации и концентрации УВГ в юрских толщах указывает на наличие в средней юре выдержанного водоупора и на формирование под ним залежей нефти и газа (рис. 1, 2).

Низкое содержание йода в меловых и юрских отложениях указывает на пониженное влияние морских фаций и, следовательно, пониженную нефтегазоносность. Однако развитие нефти в кембрийских отложениях в этом районе может повысить нефтегазоносность фундамента (повышение минерализации, гомологов метана с глубиной).

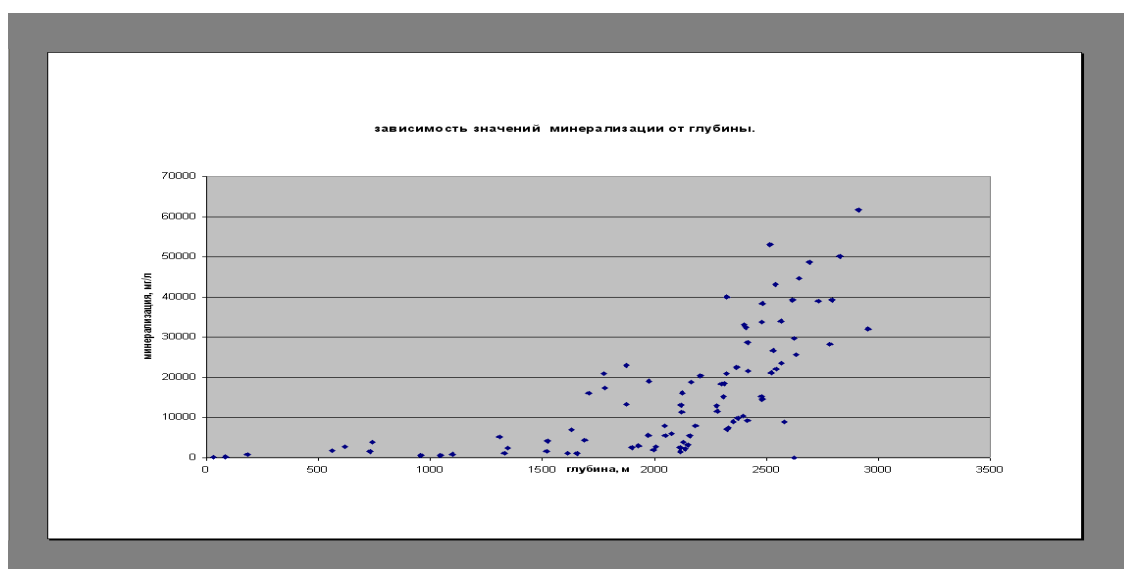
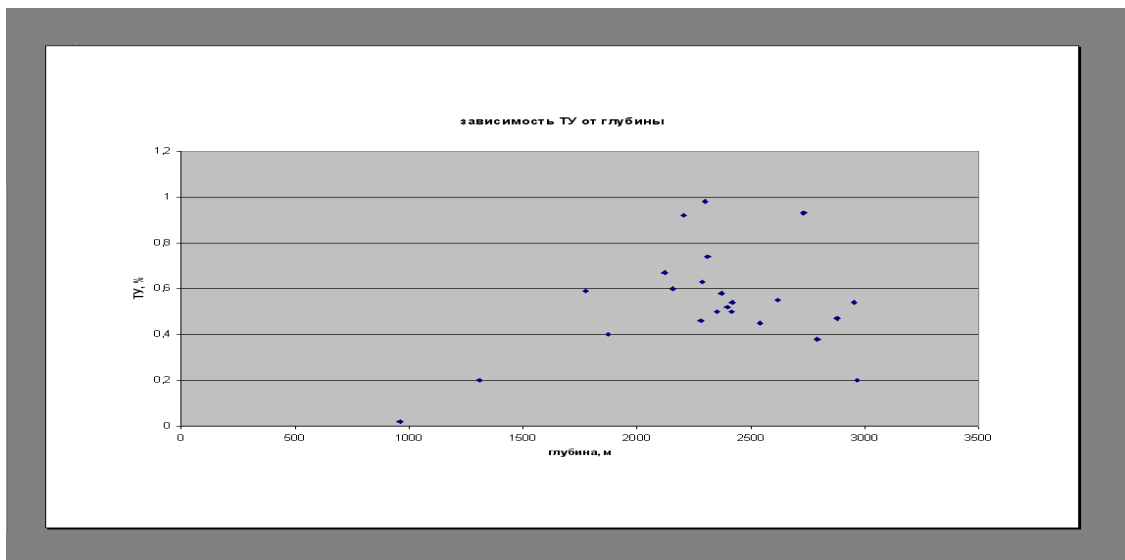


Рис. 1. Зависимость значений минерализации воды от глубины



*Рис. 2. Зависимость содержания гомологов метана в воде от глубины*

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ РЕЖИМА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД СОВЕТСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н.В. Сырчина, А.В. Жукова

Научный руководитель доцент А.Д. Назаров

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Советское месторождение было открыто в августе 1962 г. и длительное время (с 1966 г.) является основным объектом и центром развития нефтедобычи в Томской области.

Это месторождение расположено на стыке Томской и Тюменской областей. Оно расположено на Ларь-Еганском вале (структура II порядка) Нижнее-Вартовского свода и охватывает по нефтяной залежи пласта А1 четыре структуры третьего порядка – Советская, Соснинская, Медведевская и Южно-Соснинская.

Нефтяные залежи приурочены к 18 продуктивным пластам (М, ЮВ<sub>2</sub>, ЮВ<sub>1</sub>, БВ8, БВ6, БВ5, БВ4, БВ3, БВ2, БВ0-1, АВ8, АВ7, АВ6, АВ5, АВ4, АВ3, АВ2, АВ1). Наиболее крупные из них вскрыты в пластах АВ1, БВ8, запасы в которых составляют 97,5 % от всех запасов месторождения.

Для месторождения характерна нормальная вертикальная гидрогеохимическая зональность. Вверху в олигоцен-четвертичном водоносном комплексе (до 250 м) развиты пресные воды, используемые для хозяйственно-питьевых нужд. В эоцен-верхнемеловом (P<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>) региональном водоупоре (250 – 900 м) выявлены небольшие песчаные пропластки с солеными хлоридными натриевыми водами. В покурской (K<sub>1-2</sub>) свите развиты крепкосоленные хлоридные натриевые воды, широко применяющиеся для поддержания пластового давления на Советском месторождении. В вартовской (K<sub>1 g-b</sub>) свите (нефтепродуктивные пласты группы АВ) развиты крепкосоленные (17 – 19 г/л) хлоридные кальциево-натриевые воды. В валанжинской свите (K<sub>1v</sub>) развиты продуктивные пласты группы БВ с крепкосолеными (17 – 19 г/л) хлоридные кальциево-натриевые воды. Под верхнеюрским региональным водоупором в юрских отложениях (продуктивные пласты группы Ю) развиты слабые хлоридно-натриевые рассолы с минерализацией до 40 – 50 г/л. Воды такого же состава вскрыты и в верхней части палеозойского фундамента (пласт М).

Добыча нефти на месторождениях Западной Сибири, как и во всех нефтедобывающих районах, осложняется присутствием неустойчивых неорганических солей. Осаждение солей кальция и в меньшей степени магния происходит при смешении вод с несовместимым химическим составом, т.е. когда одна из них имеет повышенное содержание гидрокарбонат-ионов, а другая – кальция. В результате раствор оказывается пересыщенным карбонатами кальция и последний выпадает в виде твердого осадка. Отложение солей в обводненных скважинах в большинстве случаев связано с продвижением нагнетаемых вод, резко отличающихся по физико-химическим свойствам от вод нефтяных пластов [2].

Выпадение карбонатов происходит в результате нарушения карбонатного равновесия системы при изменении физико-химических и термодинамических условий, что можно представить следующей химической реакцией:



Для сравнения рассмотрим два случая: первый – закачка пресных вод р. Вах для системы поддержания пластового давления на Самотлорском месторождении и второй – закачка сеноманских вод на Советском месторождении.

На Самотлорском месторождении для поддержания пластового давления производилась закачка пресных холодных вод р. Вах, что привело к резкому снижению минерализации пластовых вод (рис. 1.) и как следствие, выпадению солей кальция, т.к. речные воды обогащены ионами гидрокарбонатов. Нарушение карбонатного равновесия во многом зависит от температуры вод, которые закачиваются в пласт. Поскольку речные воды обладают температурой, значительно ниже пластовой, что привело к общему охлаждению пласта. В дальнейшем, для поддержания пластового давления, перешли на сеноманские воды; это позволило увеличить общую минерализацию вод и снизить интенсивность солеотложения.



Рис. 1. Изменение минерализации воды в пласте Б8 Самотлорского

На Советском нефтяном месторождении изначально, по рекомендации кафедры ГИГЭ и, в частности А.Д. Назарова, для поддержания пластового давления использовались близкие по химическому составу воды сеноманского комплекса.

Наиболее длительное время (с 1966 г.) в разработке находится пласт БВ8 и, следовательно, в нем должны были произойти наиболее заметные изменения исходного химического состава вследствие закачки в него вод различного состава (апт-сеноманских и подтоварных) для поддержания пластового давления. Но, как показывает многолетняя статистика (рис. 2), этого не происходит, так как состав этих вод близок к пластовым. Так же интенсивно разрабатывается и нефтяной пласт А1 с меньшей минерализацией пластовых вод по сравнению с пластом

Б8. Для системы поддержания пластового давления используются те же воды, что не сказывается заметно на химическом составе пластовых вод.

Минерализация вод на протяжении всего периода эксплуатации остается в пределах 20 – 25 г/л (пласт А1) и 25 – 30 г/л (пласт Б8). На графиках видно, что колебания концентрации Cl<sup>-</sup> и Na<sup>+</sup> повторяют колебания величины минерализации, а значит, эти компоненты имеют корреляционную связь. В растворе они являются стабильными компонентами.

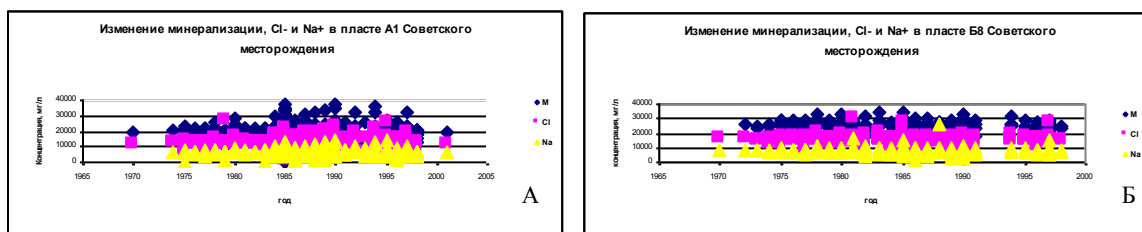


Рис. 2. Изменение величины минерализации,  $Cl^-$ ,  $Na^+$  в воде пластов: А – А1, Б – Б8 Советского месторождения

В то же время для таких неустойчивых компонентов, как  $Ca^{2+}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Mg^{2+}$  и pH отмечается заметная изменчивость концентраций (рис. 3 и 4), а, следовательно, и выпадение минеральных солей в скважинах и технологическом оборудовании.

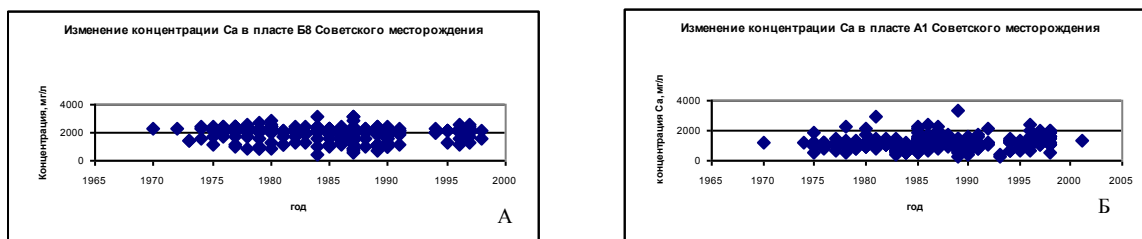


Рис. 3. Изменение концентрации  $Ca^{2+}$  в воде пластов: А – Б8, Б – А1 Советского месторождения

Концентрация  $Ca^{2+}$  в водах продуктивных пластов А1 и Б8 изменяется в довольно широких пределах – от 400 до 3500 мг/л (пласт Б8) и от 10 до 3500 мг/л (пласт А1).

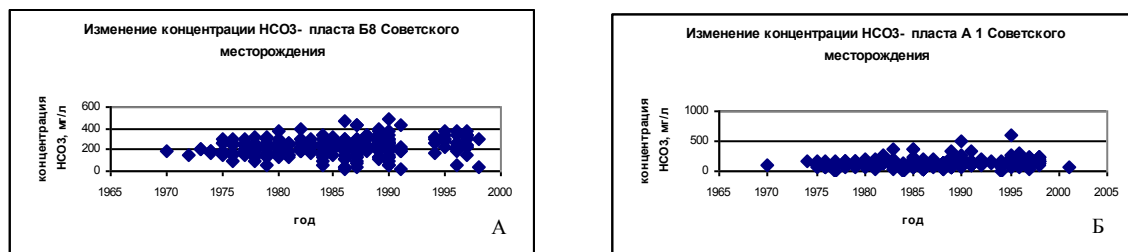


Рис. 4. Изменение концентрации  $HCO_3^-$  в воде пластов: А – Б8, Б – А1 Советского месторождения

Концентрация гидрокарбонат-ионов в водах также не стабильна и изменяется от 5 до 600 мг/л.

В процессе разработки в нефтяных пластах происходят окислительно-восстановительные процессы, которые сопровождаются образованием углекислого газа и карбонат-иона, и, как следствие, приводят к изменению и нарушению геохимического равновесия карбонатной системы.

Обогащение вод подвижным углекислым газом приводит к выводу в растворенное состояние кальция и магния. При перемещении в зону восстановительных условий это может привести к выпадению их в виде кальцита и сидерита. То есть, возможно неоднократное перераспределение макрокомпонентов из зоны окисления и выщелачивания вблизи нагнетательных скважин в зону восстановления вблизи эксплуатационных скважин.

Масштабное переотложение солей кальция и магния было бы возможным при значительных концентрациях гидрокарбонат-иона, но его количество не превышает 0,5 г/л (пласт Б8) и 0,6 г/л (пласт А1), что обусловлено закачкой сеноманских и подтоварных вод, а не речных, в которых содержание гидрокарбонат-иона значительно выше. Это позволяет значительно снизить масштабы вторичного минералообразования, но не исключить их полностью, что и отмечается на Советском месторождении. В составе минеральных солей преобладают карбонатные соли (с примесью гидроокислов железа, смол и асфальтов). Кристаллохимическая формула имеет вид  $(Ca_{0,962}Mg_{0,006}Ba_{0,001}Sr_{0,001})CO_3$  [1].

Таким образом, совместимость закачиваемых и пластовых вод является определяющим условием при выборе источников водоснабжения и методов их подготовки в системе поддержания пластового давления.

#### Литература

1. Назаров А.Д. Нефтегазовая гидрогеохимия. – М.: Идея-Пресс, 2004. – 288 с.
2. Равенская А.С., Черников О.А. Прогнозирование отложений карбонатных солей при разработке нефтяных месторождений Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 1980. – № 4. – С. 29 – 35.

# ОСОБЕННОСТИ ВОДОПОДГОТОВКИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО РОЗЛИВА

С.Г. Телякова

Научный руководитель доцент О.Ф. Зятева  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью работы является исследование процесса подготовки минеральных вод различных бальнеологических групп при организации их промышленного розлива на примере месторождения «Чажемто» (скважина 6-р Колпашевского района).

Актуальность ее связана с необходимостью анализа данных по этому месторождению в связи с заказом Торгового дома «Чажемто». Качество этой воды строго регламентируется и все возникающие проблемные ситуации должны решаться в кратчайшие сроки.

Одной из поставленных задач было изучение особенностей изменения природного состава и качества воды скважины 6-р, а также сохранения его в процессе водоподготовки и бутылирования.

Скважина 6-Р расположена в 30 км от г. Колпашево и 290 км от областного центра. В интервале глубин 589 – 594 м скважиной вскрыт апт-синоманский водоносный комплекс, приуроченный к отложениям покурской свиты (К1-2 рк). Вода маломинеральная природная лечебно-столовая, гидрокарбонатно – хлоридная натриевая слабощелочная. Формула Курлова, отражающая основной ионно-солевой состав исследуемой воды, выглядит следующим образом:

$M 1,5 Cl 66 (HCO_3 + CO_3) 34 pH 8,4$   
(Na+K)97 Ca 2 Mg 1 [4]

Все минеральные воды подразделяются на 10 бальнеологических групп, которые выделяются по определенному содержанию специфических компонентов (табл.).

Таблица

Критерии оценки питьевых минеральных вод Минздрава России

Наименование минеральных вод	Наименование бальнеологически активного компонента	Значение массовой концентрации компонента, мг/дм <sup>3</sup> не менее
Минеральные воды, действие которых определяется ионным составом	Минерализация	M
Углекислая	Свободная двуокись углерода (растворенная)	500
Железистая	Железо	10
Мышьяковая	Мышьяк	0,7
Борная	Ортоборная кислота H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	35
Кремнистая	Метакремнистая кислота H <sub>3</sub> SiO <sub>3</sub>	50
Бромная	Бром	25
Йодная	Йод	5
Содержание органического вещества	Органические вещества (в расчете на углерод)	5
Радоновая	Радон (Rn-222)	100 нКи/дм <sup>3</sup> (3700 к/дм <sup>3</sup> )

При организации розлива этих вод используется одна из пяти схем водоподготовки:

I Схема розлива неуглекислых минеральных вод.

II Схема розлива углекислых минеральных вод.

III Схема розлива углекислых и азотных минеральных вод, содержащих легкоокисляемое железо.

IV Схема розлива сероводородных, сульфидных и гидросульфидных минеральных вод.

Главным в этой схеме является удаление из воды свободных и связанных форм сероводорода.

V Розлив минеральных вод, содержащих сульфаты, в которых имеет место биогенная сульфатредукция.

Основная задача – обеспечение подавления развития сульфатвосстанавливающих бактерий в готовой продукции [1].

Исходя из данных классификаций, можно отметить, что вода скважины 6-р относится к 1 бальнеологической группе и подготавливается по 1 схеме.

ТД «Чажемто» выпускает 2 вида воды: газированную и негазированную [3, 4]. Каждая из них подготавливается по отдельной схеме:

Выпуск газированной воды  
Промежуточное хранение  
Фильтрование  
Обеззараживание  
Охлаждение  
Насыщение CO<sub>2</sub>  
Розлив, укупорка

Выпуск негазированной воды  
Промежуточное хранение  
Фильтрование  
Обеззараживание  
Обработка воды ионами серебра  
Розлив, укупорка  
Бракераж



Бракераж  
Маркировка, упаковка, передача готовой продукции на склад  
Хранение и транспортировка готовой продукции

Маркировка, упаковка, передача продукции на  
Хранение и транспортировка готовой продукции

По ТУ вода бутылированная после дегазации должна соответствовать по качеству нативной воде.

В весенние периоды в данной воде замечается несоответствие качества по такому органолептическому показателю, как запах.

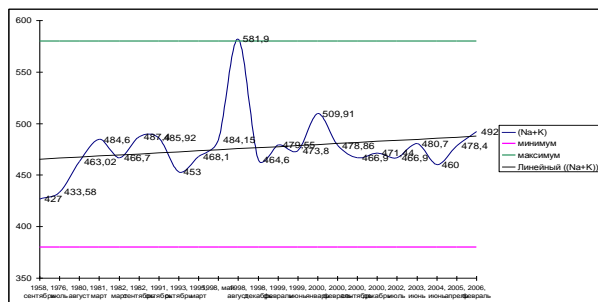


Рис. 1. Изменение содержания  $(Na+K)^+$  в воде скважины 6-р

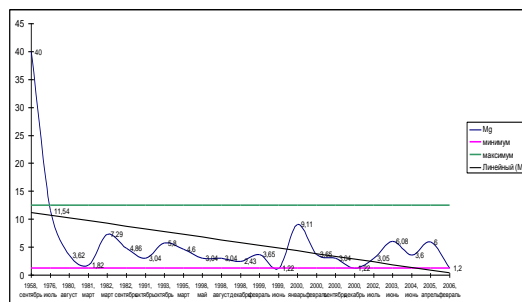


Рис. 2. Изменение содержания  $Mg^{2+}$  в воде скважины 6-р

Проанализировав данные по химическому составу нативной воды скважины 6-р с 1958 по 2006 гг. (анализировались компоненты, контролируемые ТУ [4] данной организации, т.е.  $(Na+K)$ ,  $Mg$ ,  $Ca$ ,  $Cl$ ,  $HCO_3$ ,  $CO_3$ ,  $H_2SiO_3$ ,  $H_3BO_3$ ,  $F$ ,  $Br$ , минерализация) можно отметить относительную стабильность состава в пределах кондиции, в том числе по органолептическому показателю, поэтому природа данного вопроса, вероятнее всего, связана с одной из стадий водоподготовки, т.е. с насыщением  $CO_2$  (примеры графического отображения изменения содержания контролируемых компонентов приведены на рис. 1 и 2; нижняя линия – нижний предел кондиции, верхняя линия – верхний предел кондиции, наклонная линия – линия тренда).

$CO_2$  является компонентом, стабилизирующим состав минеральной воды и регулирующим карбонатное равновесие за счет определенного количества. Поэтому данная сторона вопроса должна рассматриваться наиболее тщательно.

Автором был проведен сбор и анализ данных по химическому составу нативной воды скважины 6-р Колпашевского района, фондовой литературы, нормативной документации, построение графиков, отражающих многолетнюю тенденцию изменения концентраций нормируемых компонентов, пределы кондиции по ТУ, а также обоснование линии тренда.

Дальнейшая работа над темой основывается на изучении карбонатного равновесия данной воды, а также корреляционных связей между компонентами.

Основные рекомендации:

- 1) тщательный контроль дозирования  $CO_2$ ;
- 2) контроль качества добавляемого  $CO_2$  (добавление  $CO_2$  именно пищевого происхождения, ГОСТ 8050);
- 3) изучение форм миграции химических элементов, которые при изменении карбонатного равновесия могут также изменяться.

Благодарю ООО «ТД «Чажемто» и НИИ курортологии за предоставление необходимых материалов.

#### Литература

1. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. Учебник для начального профессионального образования. – М.: ЧРПО; Изд. Центр «Академия», 2000. – 416 с.
2. Технологическая инструкция по организации розлива минеральной воды негазированной. – Томская обл. г. Колпашево, 2006, ООО «Торговый дом «Чажемто». – 2 с.
3. Технологическая инструкция по организации розлива минеральных вод. – Томская обл. г. Колпашево, 2006, ООО «Торговый дом «Чажемто» - 2 с.
4. ТУ 9185-001-59682779-06 «Вода минеральная природная лечебно-столовая «Сибирская целебная». – Томская обл. г. Колпашево, 2006, ООО «Торговый дом «Чажемто». – 12 с.

# ПЕРСПЕКТИВЫ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РУДНИЧНЫХ ВОД ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КМА

А.А. Тимченко

Научный руководитель профессор А.И. Коротков

Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова,  
г. Санкт-Петербург, Россия

По мере разработки железорудных месторождений КМА возростала глубина горных выработок, продвигавшихся по западному склону Воронежского поднятия. С достижением глубин более 500 м в горных выработках появились соленые воды, наибольший интерес к которым возник с началом разработки Яковлевского месторождения богатых железных руд. Оно расположено в истоках левого притока Днепра – р. Ворсклы в 35 км к северу от г. Белгорода. Район месторождения изрезан овражно-балочной сетью; абсолютные отметки поверхности изменяются от 100 до 270 м [3].



Рис. 1. Обзорная карта

Месторождение находится на западном склоне Воронежского поднятия кристаллического фундамента, на восточной окраине Днепровского артезианского бассейна (рис. 1, 2).

На месторождении выделяются руднокристаллический, нижнекаменноугольный, келловейский, сеноман-альбский и турон-маастрихтский водоносные горизонты. Водоносный горизонт в четвертичных отложениях не играет существенной роли в обводненности месторождения, так как дренируется долиной р. Ворсклы и оврагами. В рамках статьи рассматриваются нижние – нижнекаменноугольный и руднокристаллический водоносные горизонты

В пределах месторождения обводнены все руднокристаллические образования: богатые железные руды, железистые кварциты, сланцы лежачего и висячего боков. Величина напора руднокристаллического водоносного горизонта изменяется в пределах 370 – 500 м. Воды его по химическому составу гидрокарбонатно-хлоридные натриевые с минерализацией 1 – 1,3 г/л. Горными выработками в гранитоидах кристаллического фундамента были вскрыты связанные с тектоническими нарушениями отдельные водопоявления хлоридных натриевых вод с минерализацией до 10 – 12 г/л. Нижнекаменноугольный водоносный горизонт приурочен к трещиноватым и закарстованным известнякам карбона. Воды нижнекаменноугольного водоносного горизонта, обладающие значительным напором, изменяющимся от 402 до 426 м, пресные хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава с минерализацией 0,6 г/л.

На Яковлевском месторождении обнаружены два типа минеральных вод, связанных с зонами трещиноватости и тектоническими нарушениями кристаллического фундамента (таблица 1): гидрокарбонатно-хлоридные натриевые минерализацией 1 – 1,8 г/л в рудной толще (I тип) и хлоридные натриевые с минерализацией до 10 – 12 г/л, вскрытые горными выработками в гранитоидах (II тип) [1].

Химический состав подземных вод пород кристаллического фундамента сформировался в результате взаимодействия седиментогенных соленых вод краевой части Днепровского артезианского бассейна и инфильтрации атмосферных осадков. На морской генезис хлоридных солей в рудничных водах указывает, в частности, значение отношения Cl/Vg, достаточно близкое к характерному для морской воды (около 300). Химический состав подземных вод меньшей минерализации тесно связан с современными процессами взаимодействия с горными породами.

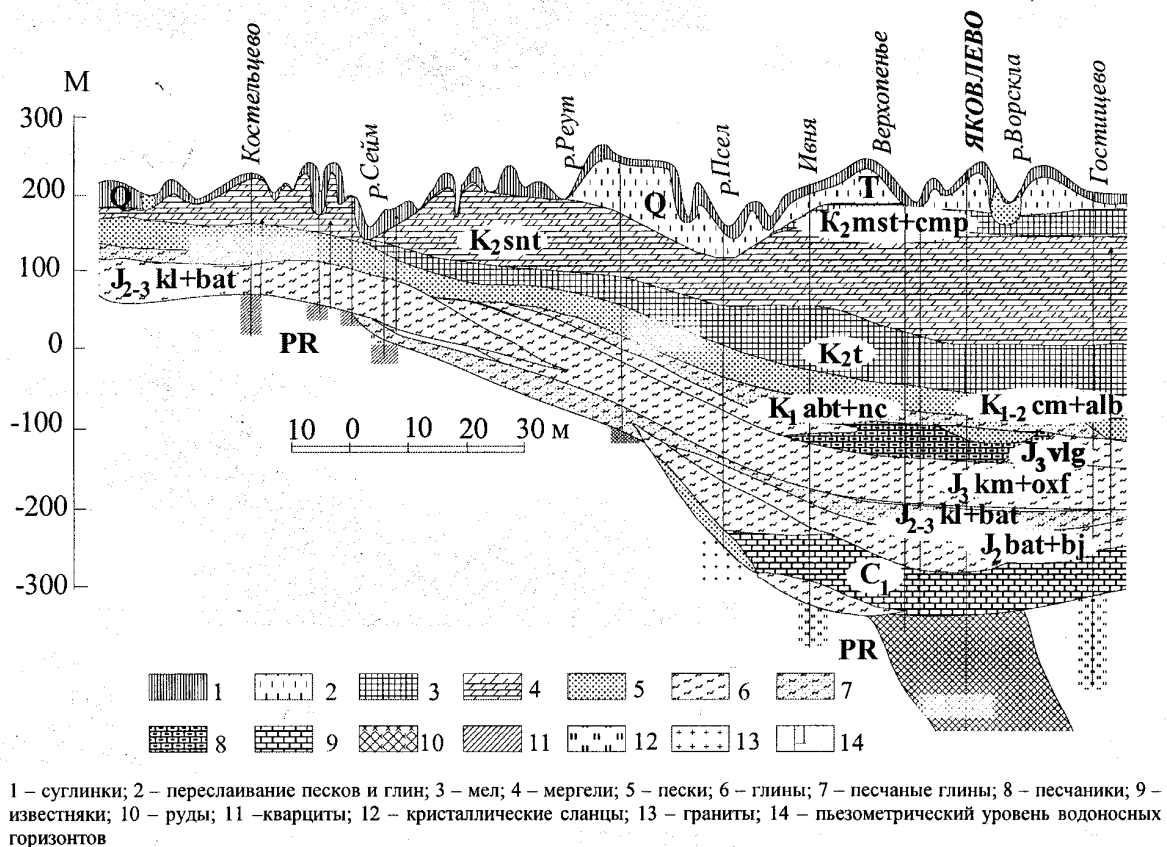


Рис. 2. Гидрогеологический разрез по линии I-I [3]

Вода такого состава относится к хлоридному натриевому типу и может рассматриваться как лечебно-питьевая, близкая к Миргородскому типу (по ГОСТ 13273–88 Воды минеральные лечебные и лечебно-столовые) (табл. 2). Опыт опробования вод, откачиваемых из горных выработок, свидетельствует о том, что соотношение основных компонентов остается неизменным и вода не теряет своих качеств. Отличительной особенностью откачиваемых вод на Яковлевском месторождении является повышенное содержание фтора (до 10–15 мг/л), основным источником которых служат глубинные воды и воды руднокристаллического горизонта. Оптимальное содержание фтора для пресных питьевых вод составляет 0,5 – 1,5 мг/л, однако среди минеральных вод достаточно распространены лечебные воды с повышенными содержаниями фтора.

Таблица 1

Химический состав подземных вод, вскрываемых горными выработками (декабрь 2004 г),  
слева – мг/л, справа – %-экв

Компоненты	I тип		II тип	
	Орт №2, скв. 497	ШЛБ-2, скв. 632	Тектоническая трещина	Грузовой квершлаг
Na <sup>+</sup>	609/86,4	422/87,3	1724/43,7	1587/45,4
K <sup>+</sup>	82,5/6,9	64,9/7,9	2518/37,6	2004/33,7
Mg <sup>2+</sup>	13,4/3,6	7,29/2,9	79,0/3,8	69,9/3,8
Ca <sup>2+</sup>	18,0/2,9	8,02/1,9	511/14,9	521/17,1
Cl <sup>-</sup>	931/84,0	525/68,3	5989/98,4	5296/98,1
Br <sup>-</sup>	2,67/0,1	Отс.	14,4/0,1	13,3/0,1
F <sup>-</sup>	11,7/1,9	12,6/2,9	3,85/0,1	4,12/0,1
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	237/12,4	332/25,1	149/1,4	161/1,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	24,7/1,6	0,41/-	2,06/-	1,23/-
B	2,75	2,34	2,23	2,94
pH	7,8	8,8	7,3	7,5
Сухой остаток, г/л	1,8	1,2	10,1	9,1

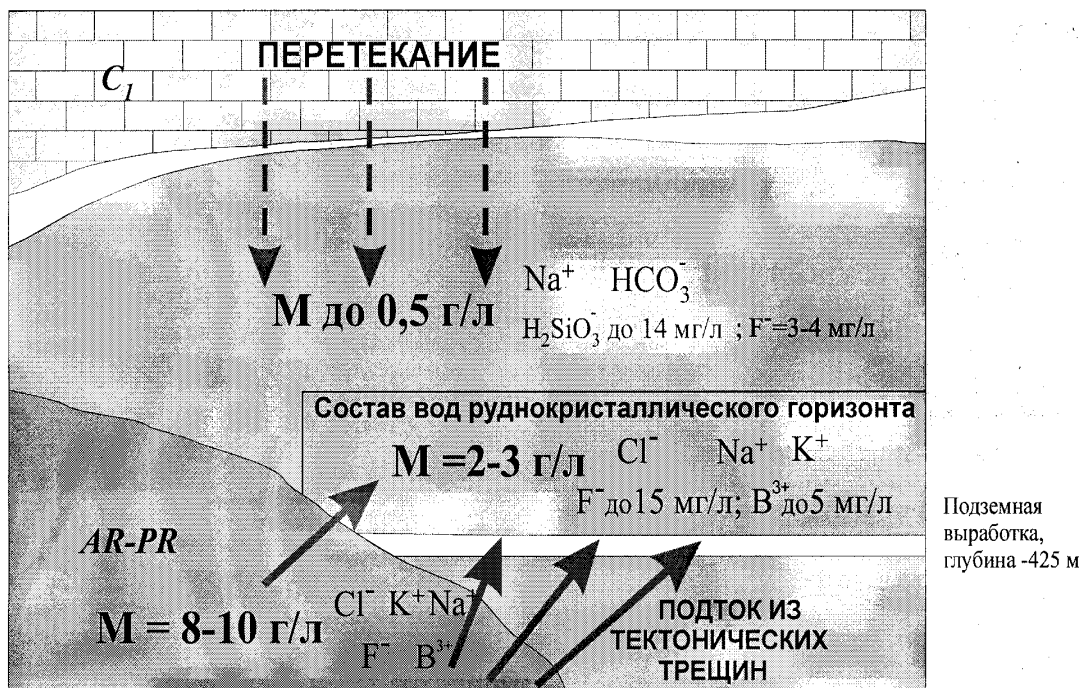


Рис. 3. Схема формирования химического состава откачиваемых вод

Химический состав воды, откачиваемой из Яковлевского рудника и Миргородской минеральной воды

	Откачиваемая вода Яковлевского месторождения	Миргородская минеральная вода [4]
Катионы	мг/л	мг/л
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	950 – 1200	958
Mg <sup>2+</sup>	120 – 200	183
Ca <sup>2+</sup>	18 – 25	32
Анионы	мг/л	мг/л
Cl <sup>-</sup>	1500 – 2000	1183
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	8 – 35	19
HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	230 – 280	161
Другие компоненты	Сухой остаток – 2500 – 4000 мг/л pH = 8 – 8,5; T = 26°C	Сухой остаток – 2800 мг/л pH = 5,6 T = 21°C

Например, в Хабаровском крае на курорте Кульдур содержание фтора в минеральных водах 12 – 16 мг/л; в Забайкалье на курорте Горячинск – 10 мг/л; существует также ряд курортов в Киргизии и Казахстане, где концентрация фтора в минеральных водах достигает 16 – 25 мг/л [4]. Эти воды используются на курортах и в лечебницах не только для ванн, но часто как лечебные питьевые воды с соблюдением соответствующей дозировки при их употреблении. Другими важными компонентами подземных вод, откачиваемых на Яковлевском месторождении богатых железных руд, являются бор и бром. Преобладающая форма нахождения бора в этих водах – ортоборная кислота H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, брома – ион Br<sup>-</sup>. Концентрации бора в водах рудного горизонта достигают 2 – 3 мг/л, для нижнекаменноугольного водоносного комплекса известны концентрации бора до 1,9 мг/л. Концентрации брома находятся в прямой зависимости от концентраций хлора и достигают 13 – 14 мг/л. Содержание этих компонентов представляет бальнеологический интерес [1]. Бальнеологическое действие откачиваемых вод Яковлевского рудника определяется высоким содержанием хлоридов, щелочных элементов (Na + K), фторидов, сероводорода, микроэлементов (B и Br), слабощелочной реакцией среды, (pH = 8 – 8,5) и повышенной температурой (26 °C). Эти воды могут быть использованы для лечебных (оздоровительных) ванн и бассейнов для пациентов с заболеванием опорно-двигательной и нервной системы, различным типом поражений кожных покровов, а также как питьевые лечебно-столовые воды для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Опыт использования откачиваемых шахтных вод в качестве лечебных минеральных известен. С начала XX века в лечебных целях начали использоваться радиоактивные шахтные воды месторождения урановой смоляной руды в г. Яхимов (северо-запад Чехии), трускавецкие минеральные воды, которые добывались из шахт по добыче озокерита [4].

При рассмотрении возможности использования откачиваемых вод Яковлевского рудника в качестве лечебных минеральных необходим каптаж каждого отдельного водопоявления и строгая организация зон санитарной охраны возле каждого каптажа. Необходимо подробное изучение состава откачиваемой воды каждого водопоявления и строгое обоснование коммуникаций, с которыми связан вывод минеральной воды на поверхность.

## Литература

1. Дашко Р.Э., Коротков А.И. Проблемы утилизации рудничных вод (на примере Яковлевского месторождения богатых железных руд КМА) // Школа экологической геологии и рационального недропользования / Материалы VI межвузовской конференции. – СПб.: 2005. – С. 104 – 114.
2. Маринов Н.А., Пасека И.П. Трускавецкие минеральные воды. – М.: Недра, 1978. – 296 с.
3. Павлов И.Н., Прохоров С.П., Скворцов Г.Г., Лосев Ф.И. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия железорудных месторождений Курской магнитной аномалии. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – 272 с.
4. Посохов Е.В., Толстихин Н.И. Минеральные воды. – Л.: Недра, 1977. – 240 с.
5. Vlastimil Myslík, Jaroslav Václ. Západočeská lázeňská oblast. – Praha: Vydal Ústřední ústav geologický v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, 1966. – 304 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГНОЗНЫХ РАСЧЕТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ И РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВОДОСНАБЖЕНИИ**

**С. В. Филимонова**

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты<sup>1</sup>  
*Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*  
<sup>1</sup>*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Водный баланс является важнейшим режимобразующим комплексным фактором. Наряду с климатическими факторами он определяет основные особенности гидрологического и гидрохимического режима рек.

Достоверность расчетов водного баланса определяется точностью определения отдельных его составляющих.

Современное прогнозирование водных ресурсов основывается на воднобалансовом физико-статистическом методе, использующим закономерности формирования тало-дождевого и подземного стока в речных бассейнах, а также статистическую обработку, включающую корреляцию. Также существует множество практических способов учета водного баланса (инфильтрация и поверхностное задержание, запасы почвенных и грунтовых вод) при прогнозе стока в различных физико-географических условиях.

Цель данной работы – показать на конкретном примере возможность прогнозного расчета водного баланса при помощи морфоструктурного подхода, при наличии минимального количества информации по элементам, составляющим водный баланс, для проведения количественной оценки ресурсов на конкретных участках поисков, разведки и эксплуатации подземных вод.

Основной задачей является выделение структурных элементов потока, которые характеризовали бы величины питания и разгрузки. Инструмент анализа – ортогональная волновая модель.

За многолетний период водный баланс для бассейна реки может быть представлен в следующем виде:

$$P = R + E + W + q, \text{ или } P = S + U + E + W + q,$$

где  $P$  – атмосферные осадки на поверхность бассейна,  $R$  – полный сток бассейна в замыкающем створе,  $S$  – сток поверхностный (паводочный),  $U$  – сток подземный (в реки),  $E$  – испарение с поверхности бассейна,  $W$  – подземный водообмен с соседними бассейнами,  $q$  – водозабор из реки на хозяйственные нужды (+) и сброс в реки отработанных вод (-). Осадки, выпавшие на поверхность бассейна, идут на формирование поверхностного стока ( $S$ ) и общего (валового) увлажнения почвы  $V = P - S$ .

Влага  $V$  расходуется на испарение с поверхности почвы, транспирацию растительным покровом, на пополнение запасов почвенной влаги и грунтовых вод, формирующих подземный сток в реке  $U$ .

Задача расчета водного баланса бассейна сложна, в условиях полного или частичного отсутствия данных по всем составляющим водный баланс, но решаема. Необходимо учитывать, что осложняющим фактором при решении данной задачи является многомерность потока. Работа осуществляется в два этапа.

Первый этап: анализ геологических условий района (тектоническое строение, стратиграфия, магматизм).

Второй этап: рассмотрение структуры фильтрационных потоков водного баланса трещинных подземных вод образований района и составление прогнозной карты на основе морфоструктурной карты базисной поверхности. Кроме того, решается основная задача данной работы, а именно подсчет водного баланса бассейна при многомерных (по структуре) потоках. Структура потоков определяется характером деформаций гидродинамической сетки, также называемой сеткой движения, которая состоит из системы линий равного напора, связывающих точки с одинаковым напором, и линий тока, показывающих направление течения. В зависимости от очертаний границ водоносного горизонта в плане и разрезе создаются разнообразные по форме потоки подземных вод. Для удобства рассмотрения гидродинамических особенностей потока вводится понятие мерности потока. Так как скорость фильтрации – вектор, то мерность потока может быть оценена по количеству координатных составляющих скоростей фильтрации. Выделяются потоки с одной составляющей – одномерные, с двумя – двухмерные и с тремя – трехмерные. Одномерные потоки часто называют линейными и плоскими, так как линии токов взаимопараллельны. Двухмерные потоки могут быть плоские в разрезе или плане. Трехмерные потоки, характеризующиеся сложной формой линии токов в плане, носят название неплоских. В данном случае особый интерес для нас представили трехмерные потоки. Почему? Чем больше мерность потока, тем труднее посчитать баланс. Существует вариант, при котором сложные потоки сводятся к меньшей мерности. От этого сразу пришлось отказаться из-за невозможности сведения трехмерного потока. Следует заметить, что характеристики напорного поля определяются изменением фильтрационных характеристик водоносного горизонта, его водопроницаемости – характеристики проницаемости пласта.

Величина водопроницаемости для пластов с напорными водами определяется по формуле:

$$k_m = T,$$

где  $k$  и  $m$  – коэффициент фильтрации и мощность водоносного слоя. Размерность  $m^2/сут.$

Как уже было сказано ранее, инструментом анализа явилась ортогональная волновая модель. Она используется при классификации структурных элементов форм поверхности или фазовых состояний [2].

Классифицируемые моделью элементы выделяются и наносятся затем на карты районирования геоморфологических, гидрогеологических и других природных систем.

При гидродинамическом районировании на картах гидроизогипс или гидроизопьез водоносных горизонтов на основе характеризуемой модели выделяются следующие пространственные структурные элементы фильтрационных потоков: «+» – потоки расходящиеся в плане и нисходящие в разрезе, область питания водоносных горизонтов или за счет инфильтрации через зону аэрации, перетекания из верхнего водоносного горизонта через разделяющий водоупор; «-» – потоки сходящиеся в и восходящие в разрезе, область разгрузки водоносного горизонта и перетекания в верхние водоносные горизонты; «- +» – потоки расходящиеся в плане и восходящие в разрезе, области или питания водоносного горизонта снизу или разгрузки в верхний горизонт; «+ -» – потоки сходящиеся в плане и нисходящие в разрезе; область или питания водоносного горизонта сверху, или разгрузки в нижний горизонт. Ортогональная матричная модель типизации и районирования пространственных структур потоков позволяет обоснованно и точно выделять области питания и разгрузки водоносных горизонтов, а при этажном залегании – области их вертикальных перетеканий. На рис. 1:

а – геометрическая проекция структурных элементов форм поверхности волновой модели на горизонтальную плоскость; б – аксонометрическая проекция модели.

Линейные элементы:

1 – линии перегиба, 2 – вершины гребней, 3 – подошвы впадин волновой поверхности.

Структурные элементы поверхностей по фазовому состоянию накладывающихся волн:

4 – положительные, 5 – отрицательные, 6, 7 – переходные первого (6) и второго (7) типов.

На осях OX и OY показаны фронтальная и профильная проекции сечений волновой поверхности по линиям перегиба.

Преимущество использования морфоструктурного подхода к прогнозным расчетам водного баланса заключается в возможности измерения расхода по лентам тока, и возможность ответить на вопросы как и почему изменяется этот расход; если он увеличивается, то откуда он получает питание (верхних или нижних горизонтов), и если он теряется (определение направленности ухода вверх или вниз).

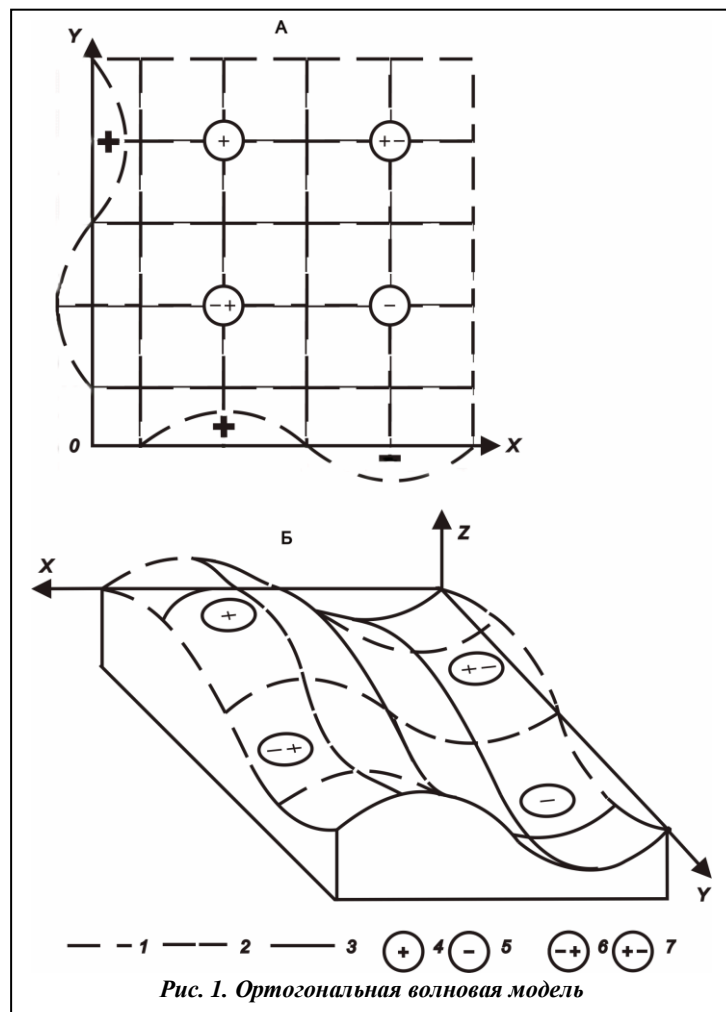


Рис. 1. Ортогональная волновая модель

## Литература

1. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. – М.: Недра, 1983.
2. Лукин А.А. Опыт разработки методики морфоструктурно-гидрогеологического анализа. – Новосибирск: Наука, 1987.

### ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ ВОСТОК – 3 (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.Р. Хафизова

Научный руководитель доцент А.Д. Назаров  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Томская область – один из ключевых регионов в составе Сибирского Федерального округа (СФО) Российской Федерации. В последнее десятилетие здесь, как и во всей России, нефтегазовый комплекс (НГК) не только обеспечивает экономику важнейшими энергетическими ресурсами, но и является главным донором бюджета и валютных поступлений. К тому же, Томская область стала едва ли не единственным регионом в стране, кому государство выделяет на геологоразведку весьма значительные средства. Два с половиной года назад на эти цели в область было направлено 80, в 2005 г. – более 300, а в 2006 г. около 850 миллионов рублей, что вызвано наличием на территории значительных запасов полезных ископаемых различного типа.

В настоящее время благоприятная ситуация на мировом рынке, связанная с высокими ценами на нефть, ставит перед Россией задачу по увеличению объемов добычи углеводородного сырья. Реализация задуманного становится все сложнее, так как в процессе разработки нефтяных месторождений с наиболее эффективными запасами наблюдается тенденция падения добычи. Например, за шесть месяцев 2005 г. нефти в среднем Приобье Томской области было добыто на 24 процента меньше, чем за то же время предыдущего года. В абсолютных цифрах снижение составило 1, 850 миллиона тонн сырой нефти, что при нынешних ценах измеряется суммой полмиллиарда долларов.

Проблема промышленной продуктивности окраинных, особенно юго-восточных, районов ЗСНГП является одной из важнейших в плане расширения базы углеводородного сырья и наиболее тесно связана с проблемой нефтегазоносности палеозойских и юрских континентальных и прибрежно-морских образований.

Нефтегазоносность палеозоя связана с многочисленными осадочными адартезианскими бассейнами промежуточного структурного этажа, выполненными карбонатными, терригенными, терригенно-карбонатными и туффогенными образованиями, находящимися на мезокатагенной (длиннопламенной, газовой и жирной) стадиях лито- и нефтидогенеза (равно как и юрские отложения) зон ГФН и их потенциальной нефтегазоносности. Последнее подтверждается многочисленными битумопроявлениями в виде пленок, капель (по цементу и трещинам), каемок, прослоев и даже битуминозных аргиллитов (типа баженовских) и открытием первого в Западной Сибири притока нефти на Колпашевской структуре на контакте юры и палеозоя.

Скважина Восток-3 была спроектирована на данном участке на основе уже пробуренных на Вездеходной, Няргинской, Маргоской, Ярской, Еланской, Чачанской и других структурах.

Сохранению и накоплению свободных скоплений нефти и газа в них благоприятствовала и гидрогеохимическая обстановка, особенно рассольная минерализация и хлоридный натриевый состав вод.

На хорошую закрытость зоны и наличие региональной покрывки в пределах верхнеюрских отложений указывает резкий рост минерализации подземных вод от 5 – 10 г/л в пределах верхней юры до 20 – 60 г/л в нижнесреднеюрской толще и до 90 г/л в палеозое (рис. 1).

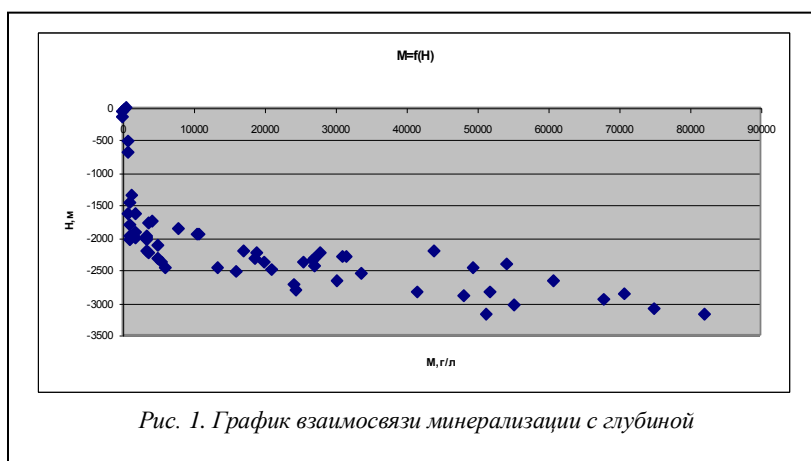


Рис. 1. График взаимосвязи минерализации с глубиной

Рост концентраций прослеживается и для органогенных компонентов, в том числе и гомологов метана. Заметная обогащенность вод метаном (до 0,5 л/л), его гомологами (до 2 %) и органическими кислотами свидетельствует о масштабном зональном проявлении нефтегазогенерационных процессов: обнаружение многочисленных, сравнимых с продуктивными и потому перспективными на нефть и газ гидрогеохимическими аномалиями, указывает на возможность их промышленного скопления (рис. 2, 3).

В то же время следует отметить обилие разнообразных локальных покрывок и коллекторов, способных привести к формированию в их пределах различных по запасам залежей углеводородов. Особый интерес в этой связи представляют протяженные на сотни километров зоны фациального замещения и литологического выклинивания прибрежно-морских отложений верхней юры, палеорусловые коллекторы и трещиноватые внутрпалеозойские массивы, а также зоны дизъюнктивных нарушений. На наличие последних и их потенциальные

нефтегазоаккумуляционные возможности указывают ионно-солевые, углекислотные и другие гидрогеохимические аномалии переточного типа на Мартовской, Колпашевской и других площадях.

Перспективы нефтегазоносности Обь-Енисейского междуречья значительно возросли в связи с обнаружениями нефтепроявлений, нефтегазоносных и соленосных нижнепалеозойских и докембрийских отложений на структуре Лемок вблизи восточной границы Томской области [Конторович и др., 1999].

В целом гидрогеохимические предпосылки увеличивают глубинный диапазон, объем и площадь опоискования примерно в 4 – 5 раз и позволяют наметить новые, нетрадиционные нефтегазовые зоны и комплексы, в том числе и в районах с выявленной нефтегазоносностью и развитой инфраструктурой нефтегазодобычи.

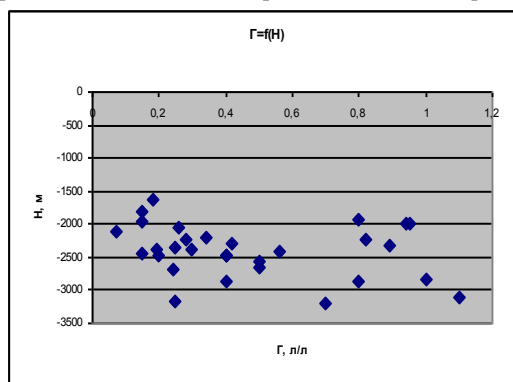


Рис. 2. График взаимосвязи газового фактора с глубиной

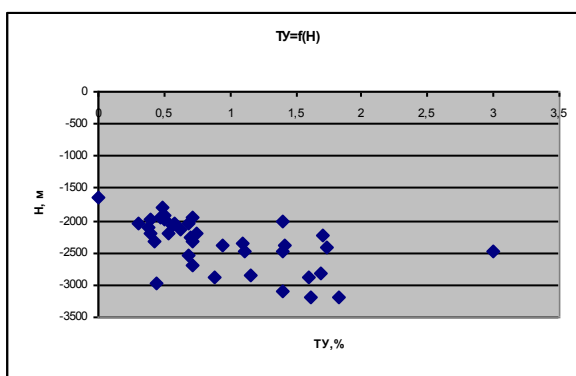


Рис. 3. График взаимосвязи содержания тяжелых углеводородов с глубиной.

## ОСОБЕННОСТИ ЛЕССОВ И ЛЕССОВЫХ ПОРОД

Т.А. Цыганкова

Научный руководитель заведующая кафедрой геологии Е.Ю. Трацевская  
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель,  
Республика Беларусь

Лессовые породы включают два типа образований: лессы и лессовидные породы. Лессы – это пылеватые породы от палево-желтого до буровато-желтого цвета, высокопористые и макропористые, неслоистые, характеризующиеся связностью в сухом состоянии. Породы, которые частично утратили характерные для лёссов признаки или не приобрели их, называются лессовидными. Чаще всего они описываются совместно как единая толща лессовых пород. Строение и свойства лёссовых пород подчиняются определённым пространственным закономерностям, связанным с геологической историей отдельных районов Русской платформы и современной ландшафтно-климатической зональностью. В связи с этими закономерностями на Русской равнине выделено три основные провинции. Поскольку в геоморфологическом отношении территория Беларуси рассматривается как часть Русской равнины, то её можно отнести к северной провинции распространения лессовых пород. В пределах территории Беларуси лессовые породы имеют островной характер распространения. Для них характерны значительные просадочные деформации при дополнительных нагрузках [2].

Наиболее благоприятными для лессонакопления в течение плейстоцена были перигляциальные и экстрагляциальные области с их совокупностью климатических, геохимических и биологических факторов. Перигляциальные отложения занимают довольно обширные территории по окраине древних оледенений. Образование их обусловлено деятельностью талых ледниковых вод и ветров (стоковые ветры). Процессы криогенеза (в слое сезонного промерзания – оттаивания) привели к образованию покровных отложений, состоящих в основном из частиц пылеватой фракции. Размыв или развезание этих отложений с последующим переотложением материала в экстрагляциальной области в условиях холодного засушливого степного климата положили начало образованию толщ лессовых пород.

Условия залегания лессовых пород территории Беларуси достаточно однообразны, они образуют покровы на различных орографических элементах независимо от их гипсометрического положения. Голоценовые лессовые породы содержат остатки современной фауны и флоры; меньшее распространение имеют верхнеплейстоценовые отложения, слагающие значительную часть разреза низких надпойменных террас и оснований склонов. Еще реже встречаются лессовые породы среднеплейстоценового возраста.

В Беларуси, распространены преимущественно лессовидные породы мощностью 3 – 5 м, реже (по склонам речных долин и балок) до 10 м. Подстилаются они четвертичными отложениями различных генетических типов. Лессовые породы образуют почти сплошной покров на водоразделах, склонах и речных террасах, включая и первую надпойменную [1].

Лессовидные отложения широко распространены в восточной части Беларуси и на территории Минской, Новогрудской, Мозырской возвышенностей. Они залегают на моренных и краевых отложениях, реже перекрывают флювиогляциальные пески. Максимальные мощности лессовых отложений (свыше 10 м) приурочены к восточному району территории Беларуси, в том числе и к Мозырской возвышенности. На остальной территории толща редко превышает 5 м. Представлены эти образования пылеватыми супесями и суглинками, в составе которых доминируют алевритовые (33 – 88 %) и глинистые (21 – 31 %) частицы. Лессовидные отложения нередко трещиноватые и в большинстве своем карбонатные. Содержание карбонатов чаще всего составляет 1 – 6 %, иногда превышает 10 % [5].

Типичные лессовые породы распространены в пределах Оршанско-Могилевской равнины и Смоленско-Московской возвышенности. Лессовидные породы встречаются на водораздельных пространствах почти повсеместно. Распространение лессовых и лессовидных грунтов довольно четко контролируется гипсометрическими особенностями



территории: породы первого типа развиты в основном на абсолютных высотах 190 – 220 м, лессовидные породы занимают более низкий уровень (145 – 180 м) и шире распространены в бассейне нижнего Сожа. Данный комплекс отложений залегает трансгрессивно на породах различного возраста – от днепровских моренных и водноледниковых до поозерских озерных. Максимальные мощности лессовых пород (до 15 – 18 м) установлены в Горецком, Дубровенском, Мстиславском районах [1].

В результате комплексного изучения лессовых образований Новогрудской возвышенности установлен голоценовый возраст погребенных почв, сформированных в периоды относительных потеплений климата на протяжении среднего и позднего голоцена. Горизонты почвы формировались, вероятнее всего, в условиях лесостепной зоны. Структура перекрывающих почвы лессоподобных отложений указывают на явные признаки их вторичного накопления в ходе денудационного переотложения первичного лессовидного материала. В позднем голоцене усилились делювиальные процессы, приведшие к накоплению достаточно мощных (до 8 – 10 м) шлейфов склоновых образований. Они представлены лессоподобными слоистыми суглинками, супесями, тонкими песками.

В Белорусском Полесье лессовидные отложения распространены на Мозырской краевой ледниковой возвышенности и Хойникской водно-ледниковой равнине [5]. На Озаричской водно-ледниково-моренной равнине к юго-востоку от п.г.т. Озаричи у дд. Тидово, Суховичи развиты поля мелких перевеваемых песчаных аккумуляций. В восточном направлении мелкозернистые пески постепенно переходят в тонкие лессовидные.

Лессовые признаки пород формируются при наличии пылеватого материала, наличии карбонатов и фашиально-геохимической среды, способствующей их накоплению [2].

В геологической истории формирования лессовых пород, как и других осадочных пород, нужно различать два основных этапа: 1) накопление осадков; 2) преобразование их при литификации в лессовую породу, т.е. различают способы образования материала лессовых пород и процессы выветривания и почвообразования, сформировавшие их облик и свойства. Степень выраженности лессовых признаков и свойств в известной мере определяются способом и условиями накопления осадков, за счет которых формируются лессовые породы. [4]. Формирование просадочных свойств лессов и их динамика неразрывно связаны с динамикой климатической компоненты ландшафта. По Н.И. Кригеру [3], просадочные свойства лессов эволюционируют вместе с климатом в естественных условиях их существования. Факторы, влияющие на просадочность, разнообразны. Различают факторы внутренние, характеризующие лессовые породы как геологические тела (генезис, мощность, состав и др.), и внешние по отношению к лессовым породам (направление замачивания, величина нагрузки и т.п.). В процессе литогенеза в течение десятков тысяч лет лессовые породы частично деградируют. В результате техногенного воздействия скорость деградации значительно увеличивается. Преобразование микроструктуры лессового грунта при его деградации можно представить в виде трех основных этапов [4].

На первом этапе, до просадки, лессовая микроструктура представляет метастабильную систему, состоящую из отдельных глобулярных зерен и глинисто-пылеватых микроагрегатов; она характеризуется высокой пористостью и завершенностью структурного каркаса в условиях слабого увлажнения.

На втором этапе (замачивание) происходит разрушение микроструктуры, резкое снижение прочности структурных связей при увлажнении и разрушение водонестойчивых агрегатов с их диспергацией на глинистые и пылеватые составляющие, что приводит к формированию «дефектов» в микроструктуре и нарушению завершенности ее структурного каркаса. Микроструктура теряет устойчивость и разрушается.

На третьем этапе формируется новая, более плотная микроструктура.

Проблема проектирования и строительства сооружений на лессовых породах связана в первую очередь с их водонестойчивостью и склонностью к просадкам. Основная причина просадки лессовых пород состоит в том, что под воздействием воды в них разрушаются структурные связи и строение, происходит оплывание макропор и резкое доуплотнение породы либо только от собственного веса, либо под воздействием нагрузки от сооружения.

С деятельностью поверхностных и подземных вод на территории Беларуси широкое распространение имеют суффозионно-просадочные явления, которые в рельефе выражены в виде западин и блюдец. Блюдцеобразные западины имеют в плане округлую, овальную, грушеобразную или эллипсоидную форму. Нередко встречаются блюдца вытянутой формы, у которых длина в 2 – 3 раза больше ширины. Отдельные блюдца достигают 30 – 50, а иногда 100 – 120 м в поперечнике. По сравнению с окружающими пространствами поверхность их может быть понижена на 2 – 3 реже до 7 м. Для территории Беларуси средняя глубина блюдец составляет 0,6 – 1 м [5].

В Беларуси наибольшее количество блюдцеобразных западин сосредоточено в юго-восточной части Витебской (Оршанский и Дубровенский р-ны) и северо-восточной части Могилевской областей (Горецкий, Мстиславский, Кричевский районы). В пределах лессовых районов Беларуси они отличаются повсеместным распространением.

Больше всего блюдец встречается на участках междуречий, для которых характерен пологоволнистый сглаженный рельеф с колебанием относительных высот от 3 до 10 м. На водораздельной платообразной равнине, прилегающей к долине Днепра в пределах южной части Витебской и Могилевской областей, активизация процесса формирования блюдец и западин связана с имевшими и имеющими место в настоящее время медленными тектоническими движениями земной коры положительного знака, характеризующимися скоростью 0 – 2,0 мм/год.

Развитие суффозии начинается нисходящим движением воды по вертикальным трубчатым каналам, характерным для строения этих пород. Размыв начинается вблизи крутого обрывистого берега реки, оврага или откоса канала, где могут создаваться большие градиенты фильтрации и большие скорости подземного потока. При наличии растворимых солей, играющих роль цемента, они могут растворяться, что усугубляет оседание поверхности. Следует отметить, что лессовидные отложения Беларуси часто карбонатны, содержание карбонатов составляет 1 – 6 %, иногда превышает 10 % [1].

В пределах лессовых районов Беларуси возраст подавляющего большинства суффозионно-просадочных форм рельефа составляет около 100 – 150 лет, что согласуется со временем интенсивного распаивания лессовых территорий [5].

Выяснение условий образования суффозионно-просадочных форм рельефа имеет большое практическое значение, как для целей сельского хозяйства, так и при определении инженерно-геологических свойств просадочных грунтов.

1. Геология Беларуси / Под ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкого, А.В. Матвеева и др. – М., 2001. – 814 с.
2. Инженерная геология СССР / Под ред. Комарова И.С. Т.1 Русская платформа. – М.: МГУ, 1978. – 528 с.
3. Кригер Н.И. Лесс, его свойства и связь с географической средой. – М., 1965.
4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. – Ленинград, 1977. – С. 479.
5. Трацевская Е.Ю., Галкин А.Н. Суффозионно-просадочные явления на территории Белоруссии // Инженерная геология массивов лессовых пород: Труды Международной научной конференции. Москва, МГУ, 25 – 26 мая 2004 г. – М.: МГУ, 2004. – С. 108 – 109.

## ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПЛЫВУННЫХ ПЕСКОВ В ПРЕДЕЛАХ НОВО-САВИНОВСКОГО РАЙОНА Г. КАЗАНИ

Г.Г. Шакирзянова

Научный руководитель ассистент Н.И. Жаркова

*Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, г. Казань, Россия*

Территория города Казани характеризуется весьма сложными инженерно-геологическими условиями [6]. Одна из проблем исследуемого района – это присутствие в геологическом разрезе плывунных песков, которые при производстве строительных работ представляют большую опасность. Территория Ново-Савиновского района в настоящее время интенсивно осваивается: возводятся жилые многоэтажные комплексы, планируется строительство метрополитена. Поэтому проблема детального изучения грунтовых условий, и, в частности плывунных грунтов, весьма актуальна.

Для изучения состава и свойств песков был отобран ряд образцов, проявивших плывунный характер при проходке инженерно-геологических скважин в Ново-Савиновском районе (улицы Мусина, Амирхана, Четаева). Исследования проводились в лаборатории грунтоведения геологического факультета КГУ.

Исследуемые грунты представлены светло-серыми мелко- и тонкозернистыми, зачастую пылеватыми, аллювиальными песками верхнего неоплейстоцена [5]. Они залегают на глубинах от 7 до 10 м на поверхности неогеновых глин. Вверх по разрезу пески сменяются переслаиванием супесей, суглинков и торфа. Мощность плывунных песков составляет от 0,5 до 14 м.

В гранулометрическом составе исследуемых песков зачастую преобладает фракция 0,1 – 0,25 мм (38 – 64 %). В сумме с фракцией 0,25 – 0,5 мм они составляют основную массу породы – от 69 % до 82 %. Содержание глинистой и пылеватой фракций больше, чем у неплывунных аналогов [4]. Так, например, в плывунных грунтах, вскрытых скважиной № 7 (ул. Мусина) содержание пыли достигает 7%, глины – 5%.

Рентгеноструктурный анализ исследуемых грунтов показал, что песчаная фракция представлена кварцем. В пылеватой фракции преобладает кварц; содержание полевых шпатов, хлорит-вермикулита и карбонатов незначительно. Также в некоторых образцах были обнаружены небольшие содержания пирита, что свидетельствует о наличии восстановительной обстановки в грунтах. Во фракции менее 0,001 мм преобладают смешаннослойные минералы монтмориллонитового состава, в меньшей степени содержатся иллит, хлорит-вермикулит, кварц и кальцит.

Естественная влажность изменяется от 0,17 до 0,27. Следует отметить, что жидкая компонента песков в силу высокой дисперсности и повышенного содержания в глинистых минералах пакетов монтмориллонитового состава представлена не только свободной и капиллярной водой, но и связанной. Поэтому при вскрытии котлованами и при проходке скважин под действием гидродинамического давления подобные пески ведут себя как связные грунты [1].

Химический анализ водных вытяжек показал, что из катионов в основном преобладает сумма  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  (39 – 87 %-экв), содержание  $\text{Ca}^{2+}$  несколько меньше (10 – 46 %-экв), катион  $\text{Mg}^{2+}$  содержится в незначительных количествах (5 – 17 %-экв). Столь высокие концентрации одновалентных катионов способствуют повышению дисперсности глинистых частиц, а значит увеличению содержания связанной воды в грунте [2]. Среди анионов наибольшим содержанием характеризуется  $\text{SO}_4^{2-}$  (52 – 79 %-экв),  $\text{HCO}_3^-$  (22 – 30 %-экв) и  $\text{Cl}^-$  (2 – 3 %-экв) присутствуют в небольших количествах.

Объём обменного комплекса составляет от 3,1 до 6,5 мг-экв/100 г. Вероятно, это обусловлено высокой дисперсностью исследуемых грунтов (по сравнению с неплывунными аналогами), преобладанием в глинистой фракции смешаннослойных минералов монтмориллонитового состава, а также гидрогеохимическими особенностями исследуемого района [3].

По данным ОАО «КазТИСИЗ» коэффициент фильтрации для исследуемых песков изменяется от 3 до 5 м/сут, что является следствием их высокой дисперсности.

Анализ полученных результатов показывает, что структурные связи в исследуемых грунтах не только механические и капиллярные, но и ионно-электростатические. Т.е. в плывунных песках помимо контактов зацепления и капиллярных присутствуют коагуляционные контакты [2]. Поэтому в условиях даже незначительных касательных напряжений происходит оплывание грунтов.

Свойства исследуемых грунтов характеризуются следующими показателями: средняя плотность при рыхлом сложении составляет  $1,88 \text{ г/см}^3$ , при плотном —  $2,02 \text{ г/см}^3$ , плотность сухого грунта —  $1,42 \text{ г/см}^3$  –  $1,76 \text{ г/см}^3$  (для рыхлого и плотного сложений соответственно); коэффициент пористости 0,57 – 0,8. Т.е. плывунные пески характеризуются недостаточной плотностью сложения и, как следствие, обладают несколько пониженными прочностными свойствами: модуль деформации изменяется от 9 до 29 МПа, сцепление находится в пределах от 1 до 2 кПа, а угол естественного откоса в сухом состоянии в среднем составляет  $29^\circ$  –  $32^\circ$ , а во влажном редко превышает  $8^\circ$  –  $10^\circ$ . Также для песков определялась влажность на границе текучести с помощью балансирующего конуса Васильева. Исследования показали, что для всех грунтов естественная влажность больше, чем параметр WL (0,11 – 0,19), что свидетельствует о текучей консистенции. Последнее ещё раз доказывает плывунность песков.

Полученные результаты позволяют сделать следующий вывод: плывунные аллювиальные верхнеплейстоценовые пески обладают повышенной пористостью, несколько пониженными прочностными свойствами, а также гидрофильностью. Плывунность исследуемых грунтов обусловлена высоким содержанием пылеватой и глинистой фракций, преобладанием во фракции менее 0,001 мм смешаннослойных минералов монтмориллонитового состава, а также высокой концентрацией в обменном комплексе одновалентных катионов.

## Литература

1. Вознесенский Е.А., Фуникова В.В., Кушнарёва Е.С., Проворов Ф.А. Основные факторы динамической устойчивости песчаных грунтов // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 2003. – № 4. – С. 335 – 345.
2. Грунтоведение. //Под ред. Трофимова В.Т. - М.: Изд-во МГУ, 2005. - 1024 с.
3. Каштанов С.Г. Подземные воды г. Казани. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1979. – 95 с.
4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. – Л.: Недра, 1977. – 478 с.
5. Малышева О.Н., Нелидов Н.Н., Соколов М.Н. Геология района г. Казани. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1965. – 120 с.
6. Экология города Казани / Под ред. Н.М. Мингазовой. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – С. 38 – 43.

### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ МИКРОРАЙОНА "СОЛНЕЧНЫЙ" НА ИХ ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ В ОТКОСАХ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**И.П. Швалёв, О.В. Швалёва**

Научный руководитель профессор В.Е. Ольховатенко

**Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия**

Среди опасных геологических процессов и явлений в Томской области оползни занимают ведущее место. Они нарушают эксплуатацию отдельных зданий, разрушают инженерные сооружения, кроме того, существуют и экологические последствия оползней, такие как, разрушение почвенного и растительного покрова, преобразование и нарушение рельефа поверхности, развитие сопутствующих геологических процессов – оврагообразование и заболачивание в пределах формирования и движения оползня.

В 2000 г. ущерб от оползневых процессов в Томской области составил около 8 млн. 179 тыс. рублей. В результате активизации оползневых процессов в 2001 г. было отселено около 460 человек.

В г. Томске оползневым процессам подвержены Лагерный сад, мкр "Солнечный", историческая часть города. Общая площадь оползневых процессов в г. Томске составляет приблизительно 40 га, они активно влияют на инженерные сооружения.

На протяжении почти двух десятилетий производятся различные виды изысканий на территории мкр. "Солнечный". Данный участок относится к оползнеопасным территориям города Томска. Здесь развиты как первичные (древние), так и вторичные (современные) оползни.

Инженерно-геологические изыскания в мкр. "Солнечный" проводятся с 1986 года. В период с 1986 г. по 1994 г. изысканиями занимался ТомскТИСИЗ, а с 1998 г. – кафедра инженерной геологии и геоэкологии ТГАСУ.

Для выявления закономерностей изменения свойств грунтов мкр. "Солнечный" во времени были использованы материалы инженерных изысканий ТомскТИСИЗа за период с 1986 по 1994 г. и кафедры геологии и геоэкологии ТГАСУ в 2004 г.

Из анализа изменения физико-механических свойств в микрорайоне "Солнечный" выявлено, что изменение плотности грунтов находится в пределах точности определения этого показателя, в целом для грунтового массива за 10 лет, например, плотность естественно влажного грунта возросла на 0,033 г/см<sup>3</sup>, произошло снижение влажности на 1,57 % и пористости на 2,43 %. Это привело к увеличению удельного сцепления на 0,022 МПа. Одновременно произошло снижение угла внутреннего трения на 1,4°. В целом за этот период произошло незначительное уплотнение и упрочнение грунтов, чему способствовало внедрение комплекса противооползневых мероприятий [3].

Сравнительная характеристика инженерно-геологических колонок по скважинам показала, что в колонке по скважине 608, пробуренной ТомскТИСИЗом, наибольшим распространением пользуются суглинки полутвёрдые – 64,5 %, в то время как по данным бурения ТГАСУ суглинки полутвёрдые в скважине 1, расположенной недалеко от 608 скважины, составляют лишь 4,5 %.

По данным ТомскТИСИЗа в данной скважине не были вскрыты суглинки мягкопластичной и тугопластичной консистенции и супеси твёрдые, а в инженерно-геологической скважине по данным кафедры геологии и геоэкологии ТГАСУ супесь твёрдая имеет довольно значительную мощность 2,7 м, это составляет 13,5 % данной колонки, так же суглинок мягкопластичный по данным ТГАСУ имеет мощность 4,8 м и составляет 24 % от всей мощности колонки, а мощность суглинка тугопластичного равна 1,4 м; это 7 % колонки.

По результатам бурения ТомскТИСИЗа в инженерно-геологической колонке по скважине 608 глина полутвёрдая, мощностью 2,8 м, составляет 14 % от всей колонки, в то время как, по данным кафедры геологии и геоэкологии ТГАСУ ее процентное содержание равняется 37,5 %.

В инженерно-геологической колонке по скважине 5279 пробуренной ТомскТИСИЗом наблюдается практически равномерное залегание слоев с практически одинаковой мощностью. Здесь наиболее распространены супеси пластичные – их мощность равна 4,8 м, что составляет 28,2 %. По данным ТГАСУ супесей пластичных вообще не обнаружено [1].

В инженерно-геологической колонке по 3 скважине бурения кафедры геологии и геоэкологии ТГАСУ наиболее распространены глины твёрдые – они составляют 25,3 % и глины полутвёрдые – 19,4 %; по данным ТомскТИСИЗа глины твёрдые и полутвёрдые вообще не обнаружены.

Таким образом, сравнительная характеристика инженерно-геологических колонок по скважинам показала, что существуют значительные расхождения в инженерно-геологическом строении по данным ТомскТИСИЗа и кафедры геологии и геоэкологии [2].

Для изучения прочностных характеристик в мкр "Солнечный" были отобраны пробы грунтов. Грунт для испытания был взят из карьера, предназначенного для добычи строительных материалов, который в данный момент не функционирует. Здесь отбирался песок бледно-серого цвета, мелкозернистый, сильно увлажненный и глинистый грунт светло-серого цвета; при сушке он переходит в оттенки ближе к белым, очень пластичный, сильно прилипает к ножу, лопате, ложке; находится в полутвёрдой консистенции, легко разламывается руками, поверхность разлома угловатая, углы ровные, режется ножом, можно вырезать кольцо.

Соппротивление грунта сдвигу определялось на образцах при естественной влажности, нарушенной структуре, а затем при различной консистенции, без предварительного уплотнения. Проводился быстрый сдвиг на приборе системы «Гидропроект». Испытания проводились в стандартной лаборатории грунтоведения и механики грунтов.

После определения физических показателей получили, что грунт является глиной пылеватой, светло-серого цвета, очень липкий. Для определения влияния консистенции и состава глины на сопротивление ее сдвигу проводился быстрый сдвиг без предварительного уплотнения. В результате для текуче-пластичной консистенции получили удельное сцепление 0,021 МПа, а угол внутреннего трения 4,18. Для мягкопластичной консистенции проводился сдвиг 3<sup>х</sup> колец; удельное сцепление 0,036 МПа, а угол внутреннего трения 4,23.

Выполненные на территории мкр. "Солнечный" исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Анализ результатов ранее выполненных работ показал, что за период с 1986 по 1994 гг. на территории микрорайона было пробурено около 70 скважин и лишь 20 из них были опробованы в соответствии с требованиями СНиП 1.02.07–87. Так же на данном участке вплоть до 1994 г не выполнялись изыскания по исследованию состояния и устойчивости оползневого склона.

2. Развитие оползневых процессов на территории микрорайона продолжается длительное время и обусловлено как природными, так и техногенными факторами. Среди последних решающую роль в активизации опасных оползневых процессов сыграли пригрузка склона в результате строительства 2<sup>х</sup> 10-этажных жилых домов, техногенное обводнение за счёт утечек из водонесущих коммуникаций, наличие в центральной части микрорайона котлована под строительство детского сада, заполнения поверхностными водами, явившимися источником для формирования техногенного водоносного горизонта; отсутствие дренажно-ливневой канализации, недостроенный блок БСО. Совместное воздействие природных и техногенных факторов явилось причиной того, что устойчивость склона оказалась необеспеченной, а оползневые процессы привели к полному разрушению гаражей возле жилого дома № 89, подпорной стенки возле жилого дома № 91, появлению трещин в цокольных частях и конструкциях домов.

3. Экспериментальные исследования влияния состава и состояния грунтов на прочностные характеристики показали, что при изменении консистенции глины от полутвёрдой до текучей удельное сцепление уменьшается от 0,062 до 0,021 МПа, а при изменении консистенции от полутвёрдой до текучепластичной угол внутреннего трения уменьшается от 10°57' до 4°18'. Таким образом, изменение консистенции глины от полутвёрдой до текучепластичной приводит к существенному изменению показателей сопротивления суглинка сдвигу. Особенно значительно снижается угол внутреннего трения грунта.

4. Из анализа изменения физико-механических свойств в микрорайоне "Солнечный" выявлено, что изменение плотности грунтов находится в пределах точности определения этого показателя, в целом для грунтового массива за 10 лет плотность естественного влажного грунта возросла на 0,033 г/см<sup>3</sup>, произошло снижение влажности на 1,57 % и пористости на 2,43 %. Это привело к увеличению удельного сцепления на 0,022 МПа. Одновременно произошло снижение угла внутреннего трения на 1,4°. В целом за этот период произошло незначительное уплотнение и упрочнение грунтов, чему способствовало внедрение комплекса противооползневых мероприятий.

5. Расчёт устойчивости склона проводился различными методами: методом круглоцилиндрической поверхности с использованием графика Янбу, методом алгебраического сложения сил, методом плоской поверхности скольжения. В результате расчёта получили коэффициент устойчивости, изменяющийся от 1,60 до 2,71, следовательно, склон находится в устойчивом состоянии. Но, несмотря на высокий коэффициент устойчивости по данным выполненных в 2004 году исследований состояние геологической среды на значительной территории остаётся опасным, что в сочетании с неудовлетворительным уровнем защиты позволяет считать природно-технические системы неустойчивыми, а развитие опасных процессов приводит к нарушению динамического равновесия в эксплуатации ПТС и возникновению чрезвычайных ситуаций. Особенно опасным следует считать состояние грунтового массива в юго-восточной угловой части жилого дома № 91. Благодаря наличию мощной толщи насыпных грунтов (до 7 м) и заглублению свай всего на 8,0 – 8,6 м. вместо 10м. здесь развиваются отрицательные силы трения, значительно снижающие несущую способность свай. Дефицит несущей способности свай юго-восточного угла здания при фактическом уплотнении грунтового массива до глубины 9,0 – 10,0 м. составляет более 200 кН. Ожидаемая осадка грунта может составить 10 см, а конечная превысит предельно допустимое значение. В опасном состоянии находится и подпорная стенка возле жилого дома № 91, которая интенсивно разрушается.

6. Для обеспечения нормального функционирования природно-технических систем в мкр. "Солнечный" разработаны мероприятия по инженерной защите территории. Практическая реализация мероприятий позволит достичь стабилизации оползневого склона, восстановить и заселить 2 подъезда жилого дома № 89, провести благоустройство территории и сделать ее комфортной для проживания.

#### Литература

1. Ольховатенко В. Е., Рязанов Н. С. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – Томск: Издательство Томского университета, 1997. – 251 с.
2. Чаповский Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механики грунтов. – М.: Недра, 1975. – 305 с.
3. Волкова Т. М. География Томской области и города Томска. – Томск, 2000. – 142 с.

### **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА АВТОТРАССЫ КУСКУН – МИНУСИНСК**

**А.В. Шиканков**

Научный руководитель доцент П.П. Ипатов  
*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Проблема дорог всегда была актуальна для России. Особенно острая проблема возникла в области качества строительства и рациональной эксплуатации автомобильных дорог. Целью данной исследовательской работы является характеристика и оценка инженерно-геологических условий автотрассы Кускун – Минусинск на отдельном её участке, для обоснования выбора автотрассы. Строительство данной дороги позволит связать отдалённые районы Хакасской

республики, где слабо развита дорожная сеть, с крупной автомагистралью М-53 Новосибирск-Чита. В основу данной работы положены фондовые проектные материалы КрасТИСИЗа по изучению инженерно – геологических условий автотрассы Кускун – Минусинск.

Основной задачей работы является обоснование выбора участка для строительства дорожного полотна, для этого необходимо охарактеризовать инженерно-геологические условия, которые включают в себя: гидрогеологические и геоморфологические условия, характеристику горных пород, геологических процессов и явлений, а так же характеристику тектоники и неотектоники.

Автотрасса Кускун-Минусинск проходит через пять районов Красноярского Края: Минусинский, Курагинский, Майский, Саянский и Нижнеингашский. Объектом изысканий является участок территории находящейся в Курагинском районе Красноярского края, в системе юго-западных отрогов Саян, между населёнными пунктами Щеткино и Джетка. Данный участок располагается в 100 км к северо-востоку от районного центра Курагино и в 180 км от г. Минусинска. Протяжённость исследуемого дорожного полотна составляет 2195 м.

В южных регионах Сибири (Кемеровская область, Республика Хакасия и Алтайский край) сосредоточены крупнейшие месторождения золота, меди, молибдена, угля и других полезных ископаемых, сосредоточенно большое количество санаторно-курортных зон, поэтому возникает необходимость в строительстве новой автомагистрали, позволяющей сократить расстояние и время для транспортировки топливного, минерального, продовольственного и других видов сырья для заводов, фабрик и рядовых потребителей Сибирского региона.

Проблему рационального использования и охраны геологической среды при транспортном строительстве целесообразно рассмотреть на примере автомобильных дорог, являющихся в настоящее время самым массовым в области транспортного строительства.

Сооружение дороги всегда сопряжено с необходимостью "исправления" рельефа путем устройства насыпей и выемок с соответствующим воздействием на геологическую среду. Важнейшая конструктивная часть дороги - земляное полотно, таким образом, либо является частью природной геологической среды (в выемке), либо представляет собой результат искусственного переотложения той или иной горной породы (насыпи).

Действующие нормы требуют создания устойчивого земляного полотна, успешно сопротивляющегося действию погодно-климатических факторов и нагрузок. Нарушение его устойчивости, обусловленной, прежде всего дисперсными грунтами, активно содействуют такие агенты как вода и мороз. В связи с этим нормы предусматривают специальные мероприятия по защите земляного полотна и дорожной одежды от указанных воздействий и прежде всего - от увлажнения. С этой целью предусматривается обеспечение требуемого возвышения земляного полотна над уровнем грунтовых и поверхностных вод, а также система поверхностного водоотвода. Таким образом, при сооружении дороги проводятся мероприятия, которые могут вызывать изменения условий увлажнения грунтовой толщи на прилегающей территории поверхностными и грунтовыми водами.

Следует обратить внимание на то, что геологическая среда, соприкасающаяся с дорогой, испытывает в той или иной степени периодические воздействия от подвижной нагрузки. Эти воздействия отличаются динамическим характером. При недостаточной устойчивости среды к такого рода воздействиям могут происходить соответствующие деформации.

Влияние построенной без грубых просчетов дороги на геологическую среду в большинстве случаев должно ограничиваться хотя и длинной по протяженности, но узкой территорией, непосредственно примыкавшей к дороге, и поэтому не может иметь регионального характера.

Одной из первоочередных задач воздействия дороги на геологическую среду является местное изменение рельефа в результате сооружения насыпей, выемок и системы поверхностного водоотвода. Реализация этой первоочередной задачи может идти различными путями: либо путем изменения режима ряда природных процессов, либо в результате возникновения новых процессов. Строительство дороги может привести к изменению режимов эрозионных процессов, процессов выветривания, к изменению напряженного состояния грунтовой толщи и изменению режима грунтовых вод, к изменению поверхностного стока.

Рельеф участка автомобильной дороги Кускун – Минусинск представляет собой холмистую поверхность постепенно переходящую в равнинную поверхность. На востоке участка автодороги преобладает равнинный тип рельефа с абсолютными отметками 829,0 – 829,5 м. В западной части участка преобладает холмистый тип рельефа с абсолютными отметками 837,0 – 831,0 м.

Водовмещающими породами на данном участке являются: 1) гравий, который распространён в долине р. Сисим; 2) суглинок щебенистый, который имеет локальное распространение и приурочен к коренному склону долины р. Сисим. Глубина залегания грунтовых вод равна 1 – 2 м. Химический состав вод – гидрокарбонатно-хлоридный натриевый. По отношению к бетону воды неагрессивные, по отношению к металлу – слабокоррозионные.

Инженерно-геологический разрез представлен следующими грунтами:

1) Торф, 2) Суглинок твёрдый, 3) Гравий, 4) Щебень, 5) Известняк. На данном участке проектируемой автодороги Кускун – Минусинск выделяются, согласно ГОСТ 25.100–95, следующие стратиграфо-генетические комплексы:

1. Современные элювиально-делювиальные отложения коренного склона (edIV)
2. Современные аллювиальные отложения реки Сисим (aIV)
3. Современные болотные отложения (hIV).
4. Нижнекембрийские отложения (C1).

Отложения первого стратиграфо-генетического комплекса – современные элювиально-делювиальные отложения коренного склона – расположены по бортам и у подошвы коренного склона долины р. Сисим.

- 1) Суглинок щебенистый, туго-пластичный грунт. Мощность отложений до 2,5 м.
- 2) Щебенистый грунт с суглинистым заполнителем. Мощность до 3,0 м., залегает на коренных породах.

Отложения второго стратиграфо-генетического комплекса – современные аллювиальные отложения р. Сисим, имеют широкое распространение. Отложения этого комплекса представлены следующими породами.

- 1) Суглинком твёрдой консистенции, мощностью 0,5 – 1,0 м.
- 2) Гравийный грунт, мощностью 0,5 м.
- 3) Щебенистый грунт, мощностью 1,0 – 1,5 м.

Отложения третьего стратиграфо-генетического комплекса – современные болотные отложения, распространены в пойме р. Сисим, они представлены торфом сильноразложившимся мощностью 0,5 – 3 м.

Отложения кембрийского генетического комплекса представлены мраморизованными известняками.

На территории автодороги Кускун – Минусинск участок Щетинкино – Джетка развиты такие инженерно-геологические процессы и явления как: курумы, болота, соллифлюкция.

Курумы – это гравитационный процесс, представляющий перемещение, скольжение крупнообломочного материала вниз по склону. Курумы занимают около 7 – 8 % площади склонов гольцового и горно-лесного поясов Восточного Саяна. Причиной образования курумов служат криогенные процессы и явления, действие гравитационных сил, изменение температуры. Условием развития курумов является наличие скальных и полускальных пород, которые выветриваются, наличие крупнообломочного материала, наличие склона. Методы борьбы с этим процессом затруднены, но при незначительной мощности курума можно провести укрепление в нижней его части, предварительно углубив укрепление на всю его мощность. Также можно провести данный участок автодороги по эстакаде, которая не будет влиять на движение курума и будет пропускать глыбовый материал вниз по склону.

Автодорога проходит по болотному массиву. Торф – типичная разновидность органических пород, встречающихся среди болотных отложений. По своему происхождению болота бывают: низинные – питающиеся грунтовой, частично речной, озёрной и отчасти дождевой водой, содержащей минеральные соли; верховые – питающиеся главным образом атмосферными осадками; переходные – имеющие смешанное питание. Данное болото, через которое проходит автодорожная трасса, является низинным. По условиям строительства болото относится к I типу. Ширина болота не превышает 350 м, глубина – достигает 3 м.

Инженерно-геологические условия вариантов трассы изучены по фоновым материалам и по результатам наблюдений за неблагоприятными явлениями на автодороге Кускун - Минусинск и имели одно из решающих значений при выборе оптимального варианта. Основными решающими факторами, обосновывающими преимущество выбранного варианта, является рельеф местности и геологическое строение. Исследуемый участок автотрассы имеет практически линейную форму, что благоприятно для строительства дорожного полотна, для его уплотнения.

Проложение вариантов трассы автодороги произведено с соблюдением действующего законодательства РФ об использовании минеральных, водных и лесных ресурсов и охране природы. Разработка вариантов трассы автодороги Кускун – Минусинск участка Щетинкино – Джетка проведена в соответствии с нормами проектирования автомобильных дорог общего пользования для III технической категории (СНиП 2.05.02–85). Выбор оптимального варианта трассы основан на комплексе технико-экономических исследований, произведённых Красноярским трестом инженерно-строительных изысканий в 2002 году.

Таким образом, на основе комплексного изучения условий, взаимосвязанных со строительством и эксплуатацией автомобильной дороги и исследованными инженерно-геологическими условиями, выбранный вариант является наиболее оптимальным.

## **НАВОДНЕНИЯ НА БЕРЕГАХ РЕК. ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Г.Н. Яковенко**

**Научный руководитель профессор В.А. Земцов  
Томский государственный университет, г. Томск, Россия**

Человеческая деятельность постоянно находится в существенной зависимости от природных условий и, в частности, от атмосферных и обусловленных ими гидрологических процессов, поскольку она располагает ограниченными возможностями по контролю за их изменением, не говоря об управлении ими.

Несмотря на ряд трудностей, возникающих при использовании периодически затопляемых территорий, человек не может, да и не вправе отказываться от их использования. Поэтому во всем мире идет постоянный поиск эффективного использования пойменных земель и прибрежных зон с использованием различных систем защиты их от наводнений.

Наличие обильных водостоков как на европейской, так и на азиатской части России актуализирует проблемы предупреждения вредного воздействия вод. Наводнения на реках Лене и Кубани уже в XXI веке, повлекшие человеческие жертвы и принесшие значительный ущерб поселениям, имуществу, потребовали пересмотра отношения общества, государства к противопаводковым мероприятиям, к принятию срочных мер, предусмотренных водным законодательством.

В отношении виновных в невыполнении требований законодательства по организации пропуска паводковых вод возбуждены уголовные дела, за короткий период с федеральной помощью восстановлен город Ленск в Республике Саха-Якутия, перенесены на более высокие места строения ряда поселений в Краснодарском крае. В очередной раз встает вопрос о путях решения проблемы наводнений на берегах.

Если политика США в вопросах защиты от наводнений уже почти полвека характеризуется тезисом «задача регулирования паводков – регулирование ущерба от них», то в Российской Федерации к осознанию необходимости изменения стратегии защиты от наводнений приходят только сейчас. Что же следует считать наводнением?

В гидрологической науке утвердилось понятие «катастрофический паводок» – выдающийся по высоте и редкий по повторяемости паводок (половодье), который может привести к человеческим жертвам и разрушениям. Во многих случаях именно это понятие и ассоциируется с термином «наводнение». А.И. Чеботарев [4] предлагает считать наводнением «затопление водой местности в пределах речной долины и населенных пунктов, расположенных выше ежегодно затопляемой поймы, вследствие обильного и сосредоточенного притока воды в результате снеготаяния или дождей, вследствие загромождения русла льдом (весной) или шугой (осенью). К особому типу относятся наводнения, вызываемые ветровым нагоном воды в устьях рек».

Существует еще целый ряд определений, носящих близкую смысловую нагрузку.

Однако, на наш взгляд, такое определение недостаточно верно, так как в естественных условиях периодическое затопление обширных пойменных территорий – это закономерный процесс. При этом данная фаза водного режима имеет и свое определение в зависимости от условий формирования и времени прохождения (половодье, паводок, затор, зазор...) и человек меньше всего обращает на них внимание до тех пор пока не затрагиваются его жизненные интересы.

Поэтому, на наш взгляд, более верным является определение наводнения данное Р.А. Нежиховским: «...под наводнением понимается затопление водой прилегающей к реке или озеру местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей» [1]. Затопление же водой местности, не сопровождающееся ущербом, есть естественный многовековой процесс водного режима рек и озер. То есть в данном контексте наводнение есть ничто иное, как чрезвычайная ситуация, с вытекающими отсюда последствиями экономического и правового характера (в редакции Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей).

В последнее время к наводнениям относят также такие затопления, при которых происходит нарушение устоявшегося многолетнего экологического равновесия, изменения среды обитания фауны и флоры и соответственно их гибели или видоизменения [3].

Исторически сложилось так, что люди, имея многовековой опыт освоения новых территорий, несмотря на очевидную привлекательность пойменных земель со скепсисом подходили к их хозяйственному использованию. Освоение сопровождалось строительством защитных гидротехнических сооружений. Однако в век технического прогресса, и особенно в последнее столетие освоение паводкоопасных территорий приняло хаотичный, зачастую бесконтрольный характер. Удорожание хозяйственных объектов привело к значительному росту ущербов от наводнений. Становится очевидным, что одних инженерных противопаводковых мероприятий для минимизации ущербов недостаточно – для организации эффективной системы защиты необходим комплексный подход с учетом опыта зарубежных стран, достигших наибольших успехов в разрешении данной проблемы.

Перспективным направлением в борьбе за уменьшение ущербов от наводнений нам представляется опыт страховой системы США. По оценкам специалистов, организация противопаводковой защиты в Соединенных Штатах Америки является в настоящее время одной из лучших в мире.

Национальная программа страхования от наводнений (НПСН) (National Flood Insurance Program – NFIP) была принята конгрессом США в 1968 г. и с тех пор претерпела несколько значительных изменений [2]. Она формируется и финансируется федеральным правительством и ее выполнение осуществляется под руководством двух отделов, входящих в состав федерального Агентства по управлению чрезвычайными ситуациями (Federal Emergency Management Agency – FEMA).

В настоящее время национальная программа страхования от наводнений (НПСН) является ядром комплексного подхода в уменьшении ущербов от наводнений, играет основную роль противопаводковой политики США в осуществлении координированного управления хозяйственным развитием на периодически затопляемых землях.

Конституция США не дает права федеральному правительству непосредственно распоряжаться землями, не являющимися ее собственностью. Оно может только предоставлять землепользователям экономические стимулы для улучшения землепользования. В этом контексте НПСН является средством, стимулирующим местные органы к регулированию использования пойменных земель.

Для участия в НПСН сообщество должно дать согласие на соблюдение принятых Конгрессом США постановлений о землепользовании на территориях, периодически подверженных затоплениям. Под сообществом в данном случае понимается любая государственная или частная, территориальная или политическая организация, индейское племя, аляскинское национальное поселение и т. д., которые имеют статус юридического лица и полномочия принимать правила регулирования землепользования на территориях, находящихся под их юрисдикцией. Всего в программах по организации и защите от наводнений принимает участие более 3 тыс. местных организаций.

Принятие НПСН:

- обеспечивает страхование от наводнений жителей периодически затопляемых земель;
- способствует принятию местными органами управления постановлений, регламентирующих землепользование на периодически затопляемых землях;
- содействует проведению противопаводковых мер путем постановлений о рискованном землепользовании и стимулов, связанных со страховыми взносами, размер которых зависит от вероятности (обеспеченности) уровней воды, при которых происходит затопление используемых территорий;
- предусматривает средства закупки и сноса сильно поврежденной недвижимости.

Каждый из вышеперечисленных элементов имеет большое значение при реагировании на затопление на федеральном, штатном и общинном уровне.

Введение регламентирования использования периодически затопляемых земель с использованием системы страхования, как экономического рычага воздействия, позволило в США существенно уменьшить рост ущербов от наводнений.

В Российской Федерации основными государственными органами, осуществляющими защиту от наводнений, являются Федеральная Служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Министерство природных ресурсов. Координацию усилий по защите от наводнений осуществляет Министерство по чрезвычайным ситуациям. В период формирования и прохождения наводнений в программе по организации защиты от них активное участие принимают тысячи местных организаций. Большое внимание уделяется подготовке и проведению экстренных мероприятий во время наводнений по эвакуации населения, ликвидации аварий и организации восстановительных работ. До настоящего времени доля государственных капиталовложений в противопаводковые мероприятия составляет свыше 90 % всех затрат на защиту от наводнений. Остальные расходы ложатся на местные органы.

Учет специфики природных, экономических и правовых особенностей Российской Федерации позволяет предположить необходимость переходного периода к реализации системы страхования от наводнений.

Анализ современного законодательства, направленного на предупреждение, минимизацию и ликвидацию ущербов от наводнений позволяет сделать вывод о сложном и достаточно неуклюжем механизме предотвращения указанных последствий.

Неразумное освоение паводкоопасных территорий (особенно в последнее столетие) привело к значительному росту ущербов от стихийных явлений. В настоящее время значительные материальные и финансовые ресурсы идут на предупреждение и пресечение чрезвычайных ситуаций на данных территориях.

Значительное место в разрешении данной проблемы должно быть уделено правовому регулированию подсчету убытков в данной сфере. В настоящее время отсутствие единой системы учета ущербов от наводнений создает предпосылки к совершению латентных хищений из казны субъекта, осуществляющего компенсационные выплаты.

Количество нормативных правовых актов, регламентирующих предупреждение и ликвидацию вредного воздействия вод, как на федеральном, так и региональном уровнях весьма обширно и разнообразно. Правительством Российской Федерации утвержден план взаимодействия федеральных органов исполнительной власти при проведении работ по поиску и спасению людей на море и в водных бассейнах Российской Федерации; ежегодно утверждается план основных мероприятий Российской Федерации по вопросам гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций; утверждена федеральная целевая Программа "Создание и развитие Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях" и др. Так Постановлением Правительства РФ от 8 апреля 1996 г. № 409 "Об организации безаварийного пропуска паводка 1996 года" предусматривались:

– обеспечение безопасности и информирование населения, подготовка его возможной эвакуации, организация медицинской помощи и жизнеобеспечения;

– комплекс первоочередных противопаводковых работ по защите городов, населенных пунктов и хозяйственных объектов, расположенных на паводкоопасных территориях.

Постановление адресовано организациям заинтересованным в предупреждении высокого весеннего паводка: Комитету РФ по водному хозяйству (ныне Федеральное агентство водных ресурсов); Министерству РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий; Федеральной службе России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Министерству топлива и энергетики РФ (ныне Министерство промышленности и энергетики РФ); органам исполнительной власти субъектов РФ.

Для предупреждения и ликвидации последствий вредного воздействия вод Правительством Российской Федерации и (или) органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации могут создаваться специальные комиссии, решения которых, принятые в пределах их полномочий, являются обязательными для всех граждан и юридических лиц (ч. 2 ст. 117 Водного Кодекса РФ). Эта функция предусматривается в статье 65 Водного Кодекса о полномочиях Российской Федерации в области использования и охраны водных объектов. Комиссиям предоставляются широкие права, в частности, по приостановлению водопользования в соответствии с Водным кодексом РФ; внесению предложений и принятию решений, за неисполнение которых устанавливается и применяется административная ответственность в соответствии с Кодексом об административных правонарушениях РФ; ограничению прав собственности на водные объекты в соответствии с Гражданским кодексом РФ.

В связи с вышеизложенным, на современном (переходном к системе страхования от наводнений) этапе нам представляется актуальным формирование на Федеральном уровне нормативного акта, регламентирующего общественные отношения в этой сфере. В нем должны найти свое отражение вопросы жесткой регламентации единой системы статистического учета ущербов от наводнений, детальная разработка процедуры (порядка) компенсации убытков пострадавшим от наводнений без признаков вины, а также с признаками вины в форме неосторожности. Указанный нормативно-правовой акт на основе принципа системности должен опираться на нормы Гражданского Кодекса РФ (ст. 1069), Водного Кодекса РФ (ст. 117), показывая их взаимосвязь и внутреннюю согласованность.

Такой документ смог бы не только реально стабилизировать ущерб от вредного воздействия вод, но и обеспечить социальную защиту пострадавших в виде адресной компенсации понесенного ущерба, уменьшая при этом возможности нецелевого использования средств казны, за счет которой осуществляется компенсация этих ущербов.

#### Литература

1. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. – Л., Гидрометеиздат, 1988. –184 с.
2. Таратунин А.А. / Под ред. А.М. Черняева. Наводнения на территории Российской федерации. – Екатеринбург. Издательство УРЦ «Аэрокосмоэкология», 2000. – 375 с.
3. Фашевский Б.В. Основы экологической гидрологии. – Минск: Издательство «ЭКОИНВЕСТ», 1996. – 240 с.
4. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.