

## Секция 4

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

## О ВОЗМОЖНЫХ ПУТЯХ РАЗВИТИЯ ГИДРОГЕОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ

С.Л. Шварцев, профессор

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В апреле 2007 г. В Санкт-Петербургском государственном университете состоялся весьма представительный международный симпозиум гидрогеологов. Тема симпозиума: «Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы» вызвала большой интерес участников. Перспективы развития гидрогеологии видятся учеными по-разному. Мною был сделан доклад на тему: «Прошлое и будущее гидрогеологии. Будут ли извлечены уроки?», который также вызвал бурное обсуждение. В этой заметке подводятся краткие итоги работы этого симпозиума.

Прежде всего, напомним, что понятие «Гидрогеология» было введено в науку крупнейшим естествоиспытателем конца XVIII и начала XIX веков Ж.Б. Ламарком (1844-1829), который в 1802г. издал книгу «Гидрогеология», в которой впервые развил представление о геологической деятельности воды, включив сюда любые процессы разрушения и формирования различных типов горных пород посредством воды. Следовательно, изначально гидрогеология трактовалась как наука о роли воды в становлении окружающего нас геологического мира. К сожалению, развернувшаяся в конце XVIII и начале XIX, веков борьба непунистов, ярким представителем которых был Ж.Б. Ламарк, и плутонистов закончилась поражением первых. Это и привело к тому, что учение о геологической роли воды было практически забыто на многие годы. Гидрогеология, вопрекиначальному базовому представлению, превратилась в науку только о подземных водах и стала частью гидрологии, изучающей подземную ветвь климатического круговорота. Так рассматривают гидрогеологию в некоторых Западных странах и сегодня.

В России (и бывшем СССР) предпринимались неоднократные попытки расширить узкие рамки этой науки. Это делали такие выдающиеся ученые как Н.И. Андрусов, Б.Л. Личков, С.М. Григорьев, А.Е. Ходьков, Е.В. Пиннекер, А.Н. Павлов и многие другие. Но, несомненно, самый большой вклад принадлежит В.И. Вернадскому, который показал, что среди всех земных образований вода стоит особняком. В.И. Вернадский говорил: «Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных, геологических процессов». Величайшую мысль этого гениального ученого о том, что «вода занимает особое положение и стоит особняком в истории нашей планеты», мы предложили назвать *постулатом В.И. Вернадского*.

Или вот еще одна удивительная по глубине проникновения в суть явления мысль В.И. Вернадского: «Вода, образующая сплошь одну из земных геосфер – гидросферу, определяет всю химию земной коры в доступной нашему непосредственному изучению ее области. Химические реакции идут, главным образом, в водных растворах, жидких или парообразных, и свойства растворов обуславливают, в главной мере, генезис вадозных и фреатических минералов. Они же определяют среду жизни. Количество воды в земной коре исчисляется многими процентами – больше 12-15% веса последней в пределах 16 км».

В небольшой заметке нельзя изложить даже важнейшие идеи этого замечательного ученого, ибо «История природных вод» В.И. Вернадского – уникальная по глубине проникновения в тайны гидросферы книга, которая до сих пор не имеет не только аналогов в мире, но даже какого-либо приближения к ее содержанию по ступку развитых идей. Поражают недоступные пока никому широта и глубина охвата поднятых в ней проблем геологии воды, взаимодействия природных вод и живого вещества, особой роли воды в становлении и развитии жизни, всего окружающего мира, Земли в целом. Поэтому мы видим будущее гидрогеологии в развитии идей В.И. Вернадского, в более активном привлечении этой науки к решению фундаментальных геологических проблем. Этот путь развития сулит, особенно для молодых ученых, совершенно уникальное будущее.

С другой стороны, развитие гидрогеологии в традиционном ее понимании не стоит на месте. Гидрогеология из науки о подземных водах превратилась в науку о подземной гидросфере и ее взаимодействии с другими оболочками земли. Это, безусловно, прогресс, который поднял гидрогеологию на небывалую высоту. По образному выражению зав.кафедрой гидрогеологии С-ПГУ профессора А.Н. Воронова гидрогеология – это алмаз чистой воды в ожерелье геологических наук. Многие ученые, поэтому видят магистральный путь развития гидрогеологии, именно в этом направлении.

Действительно, перспективы развития практической гидрогеологии также захватывающие. Ведь снабжение населения чистой водой, расширение ресурсной базы питьевых, лечебных, промышленных, термальных вод, решение многих экологических проблем, охрана подземной гидросферы, гидрогеохимические методы, гидрогеологические методы поисков разнообразных полезных ископаемых, мелиорация земель, осушение территорий – все это задачи, которые необходимо решать повседневно во все более сложных условиях. Одно загрязнение подземных вод – важнейшая мировая проблема, пути решения которой еще предстоит найти.

Следовательно, развитие гидрогеологии возможно двумя путями: 1) как науки о подземных водах и их использовании и 2) как науки о воде - основном компоненте (стихии) нашей планеты. В последнем случае гидрогеология должна превратиться в основную науку среди геологических наук и решать такие глобальные проблемы, как генезис Земли и других планет, их оболочек, происхождения жизни, формирования различных месторождений полезных ископаемых, становления всего окружающего мира, и т.д. Такой подход поднимет общий уровень гидрогеологии, методологию ее исследований, расширит область научного поиска, позволит этой науке органично вписаться в естествознание в целом. Естественно, что при этом основным объектом исследований останется вода в разных ее формах и проявлениях.

В этом случае, несомненно, возрастет роль гидрогеологии и в решении прикладных задач, изучения гидрогеологических условий отдельных территорий, прогнозе изменения экологического состояния не только самой воды, но и всей окружающей геологической среды. Поэтому мы защищаем этот второй путь развития гидрогеологии, расширение научной основы или платформы ее теоретических основ, более активного внедрения гидрогеологических подходов в решение геологических, географических и биологических проблем, ее более тесной связи с естествознанием в целом, изучения роли воды в становлении всего окружающего мира. В этом случае перед молодыми учеными открывается особенно заманчивые перспективы в будущей научной деятельности.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛЕЕРА (MP3) В КАЧЕСТВЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ХРАНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

**А.А. Аксанов**

Научный руководитель начальник геофизической партии А.М. Аксанов  
*Казанский государственный университет имени В.И. Ульянова-Ленина,  
г. Казань, Россия*

Инженерно – геологические изыскания для строительства в значительном объёме выполняются небольшими малобюджетными организациями. Стандартное промышленное оборудование и аппаратура имеют довольно большую стоимость, поэтому являются недоступными большинству организаций. Сегодня уровень выпускаемой бытовой техники сопоставим, а по ряду показателей превосходит специально выпускаемые приборы для нужд инженерной геологии. Так, например, использование плееров (MP3) для записи и хранения сейсмической информации даёт возможность небольшим изыскательским организациям применять сейсмические методы исследования. Несмотря на один регистрирующий канал, плеер позволяет реализовать практически все методы исследований: измерение длины свай, сейсмопрофилирование, сейсмокаротаж, сейсмондирование, сейсмоспросвечивание.

Для использования в качестве сейсморегирующего устройства может быть выбран любой плеер с определённым набором характеристик. Мы использовали плеер Texet T-612, его основные характеристики:

Формат записи WAV(без сжатия).

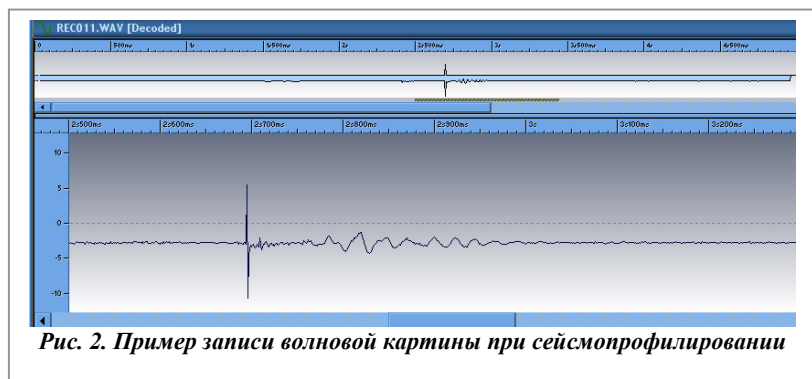
Фактический частотный диапазон 5-2000 Гц.

Частота дискретизации 8кГц.

Разрядность АЦП 16 бит.

Отношение сигнал/шум 70 дБ.

Динамический диапазон 93 дБ.



Регистрация сейсмической информации производится в процессе режима записи диктофона на микрофон. Лучше всего выбирать плеер, где для микрофона предусмотрен линейный выход. Если микрофон встроенный (как у модели Texet), то контакты от него перепаиваются на линейный вход плеера. В качестве сейсмоприёмников используются сейсмодатчики СВ-20 и СГ-10. При измерении длины свай для уменьшения количества фаз свободных колебаний, сейсмоприёмник дополнительно шунтируется резистором с номинальным

сопротивлением 20 Ом. При сейсмическом профилировании и зондировании, сейсмическом каротаже и сейсмическом просвечивании отметка момента удара фиксируется пьезо-приёмником, закреплённым на тампере (кувалде) и включённом параллельно основному рабочему сейсмоприёмнику. Записанную информацию сбрасывают на компьютер. Анализ полученных данных может производиться в любом звуковом редакторе, но для получения более точной информации рекомендуется использовать программы для профессиональной работы со звуком (мы использовали программу Wave Lab5.01).

Пример визуализации колебаний приведён на рис.1, где показано отражение волны от низа сваи при положении сейсмоприёмника на торце сваи.

На рис. 2 показан пример записи волновой картины при сейсмопрофилировании при расстоянии между пунктом удара и сейсмоприёмником 20м.

#### Литература

1. Ляховицкий Ф.М., Хмелевской В.К., Яценко З.Г. Инженерная геофизика. – М.: Недра, 1989. – 240 с.

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА DCA ДЛЯ ПРОГНОЗА ДОБЫЧИ НЕФТИ, ОБВОДНЕННОСТИ И ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ, ВОДЫ И ГАЗА ЗАПАДНО-ПОЛУДЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Д.Н. Бортич

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Метод (DCA) Decline Curve Analysis – «анализ кривых падения» основан на аппроксимации кривых дебитов нефти и воды от времени в различных координатах математическими функциями и последующей экстраполяцией кривых падения.

Метод DCA применим для прогноза добычи нефти, обводненности и оценки остаточных запасов нефти, воды и газа. Данный метод может быть использован для каждой скважины в отдельности, для группы скважин и для месторождения в целом.

Методика DCA была применена для анализа кривых падения добычи Западно-Полуденного месторождения пласта АВ2(А+В). Был проведен анализ следующих зависимостей:

дебита нефти от накопленной добычи в декартовых координатах.

водонефтяного фактора от накопленной добычи в полулогарифмических координатах.

дебита нефти от времени в полулогарифмических координатах.

В данное время существует проблема быстрого инженерного, без использования сложных программных продуктов, подсчета прогнозных извлекаемых запасов, как для скважин, так и для всего месторождения. Данный метод получил широкое распространение в силу своей простоты и не требует дополнительных параметров скважины или месторождения, чего требует математическое моделирование, по средствам программных продуктов.

Методика DCA была впервые применена Arps J.J. для прогнозирования добычи [1].

Он вывел общее гиперболическое уравнение:

$$q(t) = q_{0i} (1 + [(1 - d_i)^{-b} - 1] \cdot t)^{-1/b} \quad (1),$$

где  $d_i$  - падение добычи за год [ $d_i = (q_i - q(t))/q_i$ ],  $b$  - коэффициент, изменяющийся в пределах от 0 до 1.

Были так же определены два вида гиперболического уравнения – экспоненциальный и гармонический. Экспоненциальное уравнение имеет место в случае, если  $b=0$ , а гармоническое, если  $b=1$ .

Экспоненциальное уравнение:

$$q(t) = q_{0i} \cdot e^{-Dt} \quad (2)$$

Гармоническое уравнение:

$$q(t) = \frac{q_{0i}}{[1 + Dt]} \quad (3)$$

Позже в статье [2] Фетковичем был представлен подход расчета заводнения для замкнутой системы, который с хорошей точностью согласуется с аналитическим решением уравнения диффузии в случае постоянного давления. Согласно данному подходу решением уравнения диффузии является выражение:

$$q(t) = \frac{J_0 (p_i - p_{wf})}{e^{\left[\frac{q_i \max}{N p_i}\right] t}} \quad (4), \text{ где } J_0 - \text{Индекс продуктивности при максимально возможном дебите}$$

$$J_0 = \frac{(q_i)_{\max}}{p_i}$$

Учитывая, что забойное давление равно нулю ( $p_{wf}=0$ ) при максимально возможном дебите ( $q_{\max}$ ), тогда преобразовав уравнение (4) получаем, что решением уравнения диффузии при заводнении с хорошей точностью является выражение [3]:

$$q(t) = q_{0i} e^{-D \cdot t} \quad (5) \quad D = \frac{(q_i)_{\max}}{N_{pi}}$$

Анализ зависимости дебита нефти от накопленной добычи в декартовых координатах

Построение кривой дебита нефти от накопленной добычи в декартовых координатах позволит предсказать остаточные запасы нефти и прогнозируемую добычу. В анализе данной зависимости предполагается аппроксимация зависимости дебита нефти от накопленной добычи в период истощения объекта разработки линейным уравнением [1]:

$$q(N_p) = A \cdot N_p + B \quad (6),$$

где А и В - коэффициенты аппроксимации, R-коэффициент корреляции между фактическими данными и аппроксимируемой зависимостью.

Исходя из линейной аппроксимации (6), значение извлекаемых запасов будет определяться уравнением:

$$Np(q_o = 0) = -B / A \quad (7).$$

Данный метод оценки остаточных запасов в литературе [5] описан как метод, дающий приблизительную оценку запасам.

Зависимость дебита нефти от накопленной добычи объекта разработки Западно-Полуденного месторождения представлена на рис.1 Зеленым цветом выделен период истощения объекта разработки, который был аппроксимирован линейной зависимостью со следующими коэффициентами (табл. 1). В приведенной таблице так же представлены коэффициент корреляции (R) и оцененные извлекаемые запасы нефти согласно выражению:

$$Np(q_o = 0) = -B / A \quad (7).$$

Таблица 1

А	-0.0144
В	89057
Коэффициент корреляции	0.923
Np(=-B/A), тонн	6.18·10 <sup>6</sup>

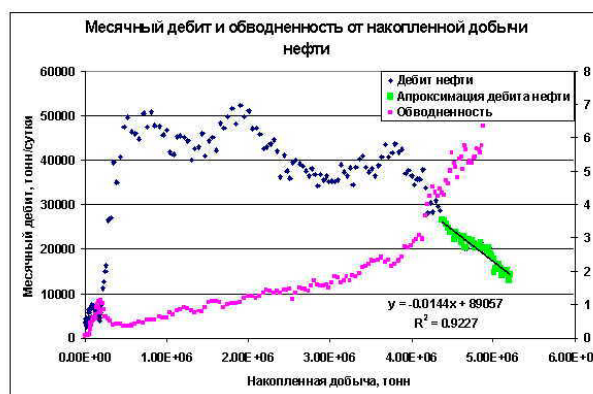


Рис. 1

Как видно из рис. 1. и значению коэффициента корреляции (R) зависимость дебита нефти от накопленной добычи хорошо описывается линейной аппроксимацией.

Анализ зависимости водонефтяного фактора от накопленной добычи в полулогарифмических координатах

Построение кривой водонефтяного фактора от накопленной добычи в полулогарифмических координатах так же позволит предсказать остаточные запасы нефти и прогнозируемую добычу (рис.2). В анализе данной зависимости предполагается аппроксимация зависимости водонефтяного фактора от накопленной добычи в период истощения объекта разработки экспоненциальным уравнением [4]:

$$ВНФ(Np) = C \cdot e^{F \cdot Np} \quad (7), \text{ где } C \text{ и } F \text{ -коэффициенты аппроксимации, определяемые из критерия } R=\max, R -$$

коэффициент корреляции между фактическими данными и аппроксимируемой зависимостью.

В приведенной табл. 2 так же представлены коэффициент корреляции (R), и оцененные извлекаемые запасы нефти согласно выражению (8).

Исходя из экспоненциальной аппроксимации, значение извлекаемых запасов определяться уравнением:

$$Np_{\text{экспоненциальная}} = \frac{1}{F} \text{Ln} \frac{A \hat{O}}{C} \quad (8).$$

Таблица 2

A	$3.09 \cdot 10^{-2}$
B	$1.11 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент корреляции	0.87
$Np(= \frac{1}{B} \text{Ln} \frac{WOF}{A})$ , тонн	$6.63 \cdot 10^6$

В данной методике, при оценке извлекаемых запасов ВНФ, принимается равным 49, что соответствует значению обводненности равной 98 %, при которой разработка месторождения перестает быть рентабельной.

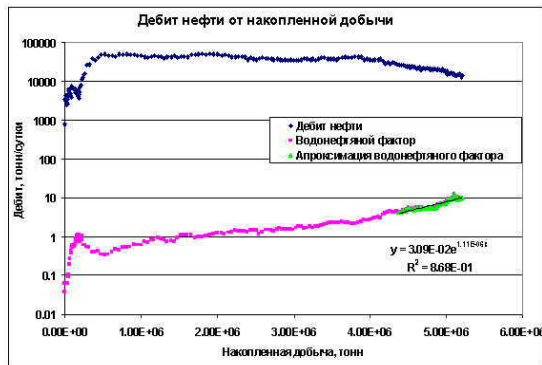


Рис. 2

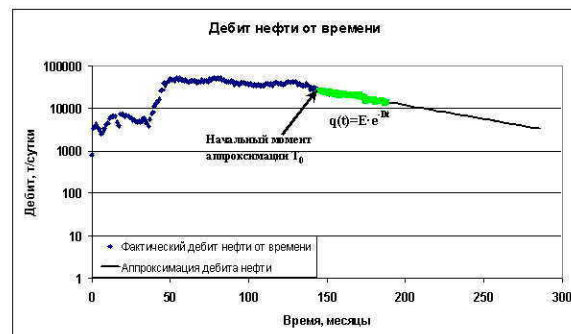


Рис. 3

Как видно из рис. 2 и значению коэффициента корреляции (R) зависимость дебита нефти от накопленной добычи хорошо описывается экспоненциальной аппроксимацией, при этом остаточные запасы нефти получились несколько больше, чем оценка, приведенная предыдущим методом.

Анализ зависимости дебита нефти от времени в полулогарифмических координатах

Здесь зависимость дебита нефти от времени разработки Западно-Полуденного месторождения представлена на рис. 3. Зеленым цветом выделен период истощения объекта разработки, аппроксимируемый экспоненциальной зависимостью, со следующими значениями (табл. 3):

Таблица 3

E	$2,26 \cdot 10^5$
D	$1,48 \cdot 10^{-2}$
Коэффициент корреляции	0,921
$Np(= Np^* + \frac{A}{D} e^{-DT_0})$ , тонн	$6,16 \cdot 10^6$

$D = \frac{(q_i)_{\max}}{N_{pi}}$   
 $q_o(t) = E \cdot e^{-Dt}$  (9), где E - коэффициенты аппроксимации, определяемые из критерия R=max, где R – коэффициент корреляции между фактическими данными и аппроксимируемой зависимостью.

Интегрирование зависимости q(t) во временных пределах от T0 (момента начала аппроксимации) до прогнозируемого момента времени T позволяют получить зависимость прогнозированной накопленной добычи нефти от времени

$$Np_{\text{экспоненциальная}} = Np^* + \frac{A}{D} e^{-DT_0} \quad (10), \text{ где } Np^* - \text{накопленная добыча нефти на момент } T_0;$$

E и D коэффициенты аппроксимации, определяемые из критерия R=max, где R – коэффициент корреляции между фактическими данными и аппроксимируемой зависимостью. Извлекаемые запасы могут быть получены тем же интегрированием от момента времени T0 до бесконечности.

Зависимости накопленной добычи нефти, воды и жидкости, а также прогнозы от времени, рассчитанные по соответствующим уравнениям:

$$N_p(t) = N_p^* - \frac{A}{D} [e^{-Dt} - e^{-DT_0}] \quad (11), \text{ где } N_p - \text{ накопленная добыча нефти на момент } T_0, E \text{ и } D -$$

коэффициенты аппроксимации, определяемые из критерия  $R = \max R$ ,  $R$  - коэффициент корреляции между фактическими данными и аппроксимируемой зависимостью.

Извлекаемые запасы могут быть получены тем же интегрированием от момента времени  $T_0$  до бесконечности:

$$N_{p_{\infty}} = N_p^* + \frac{A}{D} e^{-DT_0} \quad (12)$$

Подставляя зависимость накопленной добычи от времени ( $N_p(t)$ ) уравнение (11), в зависимость водонефтяного фактора от накопленной добычи ( $BH\Phi(N_p)$ ) уравнение (8), зависимость водонефтяного фактора от времени ( $BH\Phi(t)$ ):

$$\hat{A} \hat{I} \hat{O}(t) = C \cdot \hat{a}^{F \cdot [N_p^* - \frac{A}{D} (EXP(-Dt) - EXP(-DT_0))]} \quad (13)$$

Зависимость дебита воды от времени ( $q_w(t)$ ), зависимостей дебита нефти и водонефтяного фактора от времени (уравнение (10) и (13) соответственно):

$$q_w(t) = q_o(t) \cdot \hat{A} \hat{I} \hat{O}(t) \quad (14)$$

Накопленная добыча воды рассчитывается путем суммирования дебитов воды во временных пределах от  $T_0$  (момента начала аппроксимации) до прогнозируемого момента времени  $T$ :

$$N_{pw}(t) = N_{pw}^* + \sum_{T_0}^T q_w(t) \quad (15), \text{ где } N_{pw} - \text{ накопленная добыча воды на момент времени } T_0$$

Зависимости накопленной добычи нефти, воды и жидкости, а также прогнозы от времени, рассчитанные по соответствующим уравнениям (11-15) представлены на рис. 4.

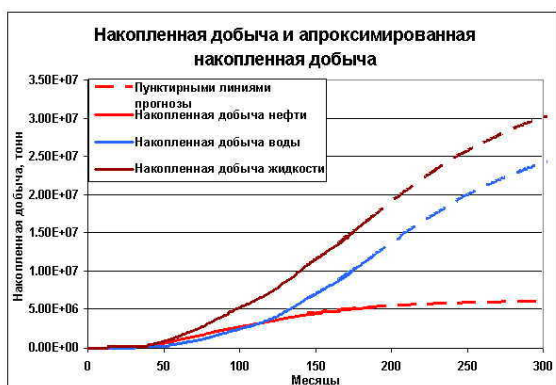


Рис. 4

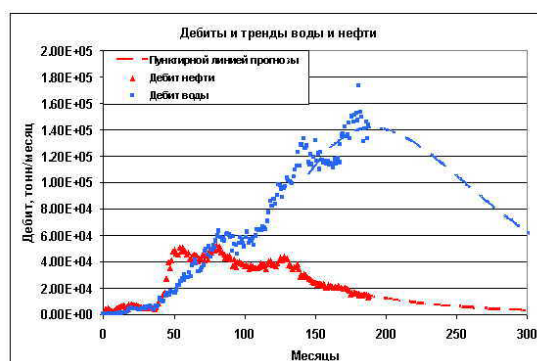


Рис. 5

Из рис. 4 видно, что прогноз накопленных добыч нефти, воды и жидкости имеет экспоненциальную зависимость от времени, как это и предсказывалось уравнениями (12), (15).

Зависимости дебитов воды, нефти с прогнозами от времени, рассчитанными по формулам (10), (14) представлены на рис. 5

Зависимости водонефтяного фактора и прогнозы от времени, рассчитанный по формуле (13), представлены на рис. 6.

Как видно из рис. 3 и значению коэффициента корреляции ( $R$ ), зависимость дебита нефти от времени хорошо описывается экспоненциальной аппроксимацией, при этом построенные прогнозы зависимостей дебита воды, накопленной добычи воды и нефти, водонефтяного фактора от времени хорошо согласовываются с фактическими данными (рис. 5).

Выводы.

В результате анализа зависимостей по методике Decline Curve Analysis были получены различные результаты по извлекаемым запасам нефти представленные в табл.4 Анализ зависимости водонефтяного фактора от накопленной добычи дал завышенный результат. Это объясняется тем, что при оценке извлекаемых запасов нефти по данной методике использовалась аппроксимация (9), которая при значении обводненности 100% ( $BH\Phi = \infty$ ) дает бесконечное значение извлекаемым запасам. Соответственно, при значениях близких к обводненности =100 % данная методика будет давать завышенные результаты. При оценке извлекаемых запасов методом анализа зависимости водонефтяного фактора от накопленной добычи  $BH\Phi=49$  (обводненность 98 %) в связи с чем, значение  $N_p = 6630000$  тонн нефти завышенное. Оцененные значения извлекаемых запасов по методикам анализа дебита от накопленной добычи и от времени дают близкие значения, вследствие чего можно



сделать заключение, что извлекаемые запасы пласта АВ<sub>2</sub>(А+В) Западно-Полуденного месторождения составляют 6160000 тонн нефти. Так же, исходя из прогноза водонефтяного фактора от времени, можно сделать заключение, что ближайшие 2 года, до октября 2008 года, водонефтяной фактор не превысит значения 15, что соответствует значению обводненности 93,75 %.

Таблица 4

Графики зависимостей	Извлекаемые запасы нефти, тонны
дебита нефти от накопленной добычи в декартовых координатах.	$6,18 \cdot 10^6$
водонефтяного фактора от накопленной добычи в полулогарифмических координатах.	$6,63 \cdot 10^6$
дебита нефти от времени в полулогарифмических координатах.	$6,16 \cdot 10^6$

## Литература

1. Arps J.J. Analysis of Decline Curves. – Trans., AIME, 1945. – 247 с.
2. Anderson D.M. Production Data Analysis – Challenges, Pitfalls, Diagnostics. – SPE, 1971. – 348 с.
3. Fetkovich M.J. A Simplified Approach to Water Influx Calculations-Finite Aquifer Systems. – Pet. Tech., 1971. – Pp 814 – 823.
4. Fetkovich M.J. Decline Curve Analysis Using Type Curves. – JPT, 1980. – Pp. 1065 – 1077.
5. Walkot. D. Waterflooding, 1986. – 367 p.
6. Проект разработки Полуденного месторождения. – Томск, 2005. – 360 с.

### ТИПИЗАЦИЯ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ ТЕРРИТОРИИ Г. ТОМСКА В СВЯЗИ С ПРОГНОЗОМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

**Н.В. Бракоренко**

Научный руководитель доцент Т.Я. Емельянова

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Целесообразным методом охраны грунтов от нефтяного загрязнения и определения потенциальных участков наиболее высоких концентраций нефтепродуктов является составление карты типизации грунтовой толщи.

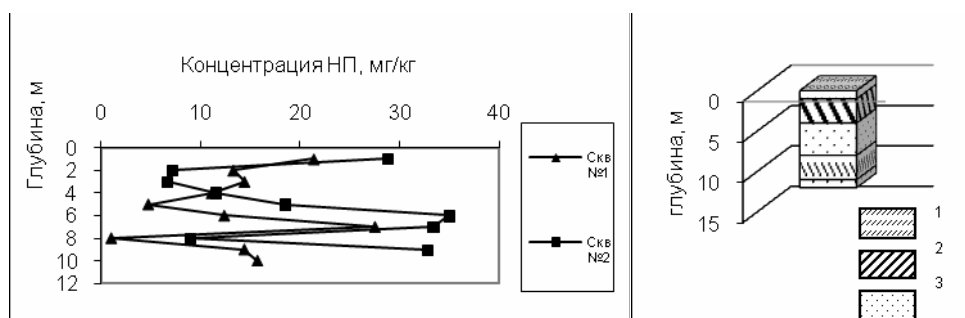
Методика прогнозирования изменения геологической среды с помощью инженерно-геологического картирования и типизации была предложена Г.А. Голодковской, Г.А. Сулакшиной, В.Т. Трофимовым и др.

За основные критерии для выполнения типизации грунтовой толщи мощностью до 20 м взяты петрографический состав пород и их проницаемость. Под грунтовой толщей, по В.Т. Трофимову [1], понимается толща горных пород, находящихся в зоне активного воздействия инженерного сооружения.

Типизация и картографирование типов грунтовых толщ выполнены на основе анализа карт инженерно-геологических условий масштабов 1:25000 и 1:10000 г. Томска, геологических разрезов по большому количеству скважин и результатам определений НП в грунтах.

По мнению В.В. Середина [2], для грунтового массива, сложенного различными дисперсными грунтами по глубине разреза (суглинком, супесью, глинами), характерно уменьшение содержания НП с глубиной. Однако, наш анализ фактического материала показывает, что для разреза, сложенного дисперсными грунтами, характерны три типа распределения НП: увеличение содержания НП с глубиной, уменьшение содержания НП с глубиной, незакономерное распределение НП по глубине.

Для территории г. Томска выделено 7 типов грунтовых толщ по составу и проницаемости грунтов (рис. 1). Анализ состава техногенных отложений мощностью до 3 метров в характеристике типов не учитывался. Использована классификация грунтов на разновидности согласно ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация.



**Рис. 1. График распределения содержания НП в грунтах по глубине и строение разреза (склад горюче-смазочных материалов в районе речного порта) (1 – супесь, 2 – суглинок, 3 – песчаный грунт)**

1-ый тип – преимущественно глинисто-суглинистый разрез, мощностью 17–18 м подстилается песчаным грунтом. Данный тип занимает значительные площади на севере и юге территории г. Томска, приурочен к водораздельной поверхности и характеризуется высокой адсорбционной способностью (рис. 2).

2-ой тип – разрез представляет собой переслаивание суглинков, супесей, песков. Данный тип приурочен к водораздельной поверхности, располагается в центральной части г. Томска и характеризуется незакономерным распределением НП (рис. 1).

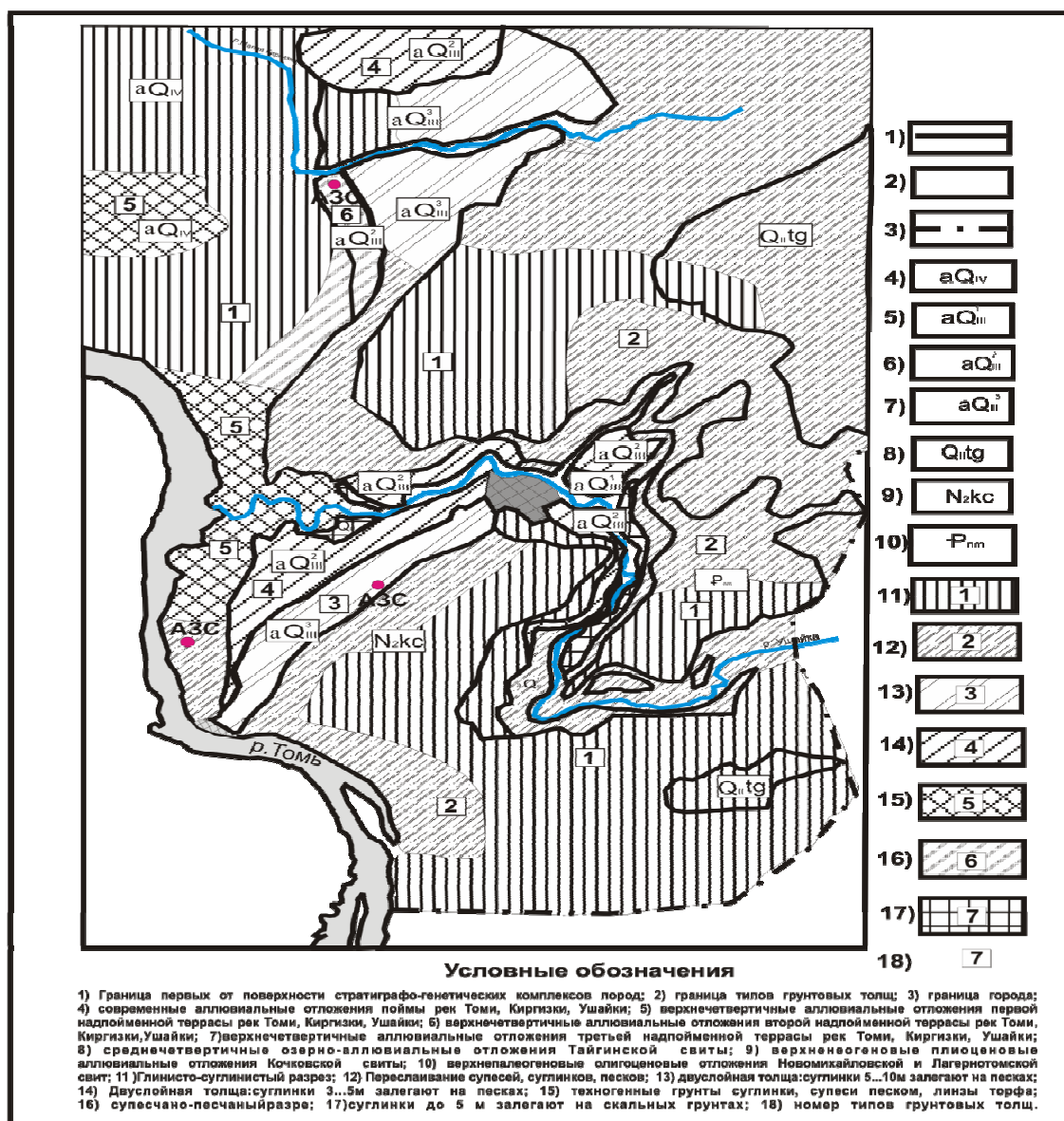


Рис. 2. Карта – схема типизации грунтовой толщи по проницаемости и составу на территории г. Томска

3-ий тип – двухслойная толща: суглинки мощностью 5–10 м подстилаются песчаным грунтом мощностью более 10 м. Приурочен к 3 надпойменной террасе р. Томи (рис. 2). В данном типе разреза обнаружено увеличение содержания НП с глубиной (рис. 3).

Значительное накопление НП происходит в песчаных водонасыщенных грунтах за счет того, что подавляющее большинство нефтепродуктов легче воды, они накапливаются на поверхности грунтовых вод, образуя скопления («линзы») нефтепродуктов различного размера и конфигурации, плавающие на поверхности воды, которые впоследствии за счет капиллярного поднятия проникают в суглинки. Структурно-текстурные особенности грунтов значительно влияют на высоту капиллярного поднятия жидкостей. Это влияние проявляется прежде всего через дисперсность: с увеличением дисперсности грунта величина капиллярного поднятия возрастает, как это следует из формулы Жюрена. Например, в среднезернистых песках она составляет 0,15–0,35 м, а в мелкозернистых – 0,35–1,0 м. В супесях возрастает до 1,5 м, в суглинках – до 3–4 м, а в глинах до 6–8 м [1].

4-ый тип – представлен суглинками и песками, также как и тип 3, но мощность суглинков меньше. Приурочен ко второй надпойменной террасе (рис. 1).



Анализируя 3-ий и 4-ый тип можно сказать, что для 3-его типа характерно более медленное проникновение НП вниз по разрезу, чем для 4-ого типа, вследствие наибольшей мощности суглинка в верхней части разреза. Это подтвердили результаты расчетов, представленные в таблице.

5-ый тип – разрез представлен техногенными грунтами мощностью 3–7 метров, залегающих на суглинках, супесях с линзами торфа и гравийно-галечниковом грунте, переслаивающихся в разрезе.

Данный тип характеризуется высокой проницаемостью.

6-ой тип – супесчано-песчаный разрез. Данный тип характеризуется постепенным накоплением НП с глубиной. Приурочен ко второй надпойменной террасе и пойме в северной части города (рис. 4).

7-ой тип – суглинок до 5м мощности залегает на скальных грунтах. Приурочен к выходам скальных грунтов.

Активное строительство АЗС на территории городов привело к необходимости разработки рекомендаций по оптимальному их размещению и организации мониторинга за загрязнением в пределах АЗС. По нашему мнению разработка данных рекомендаций возможна посредством составления карты типизации грунтовой толщи по характеру распределения НП в грунтах, который в свою очередь определяется составом и проницаемостью грунтов, слагающих геологический разрез. Новизна данной работы заключается в том, что предложенная типизация геологического разреза по составу и проницаемости учитывает характер распределения НП по глубине. Данная карта позволяет быстрее выявить потенциальные участки с высоким загрязнением и качественнее проводить очистку грунта в случае аварий.

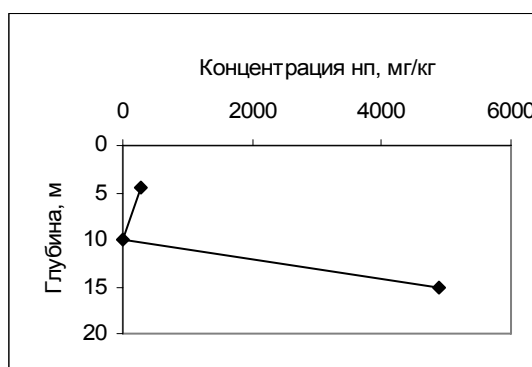


Рис. 3. График распределения содержания НП в грунтах по (АЗС по ул. Герцена)

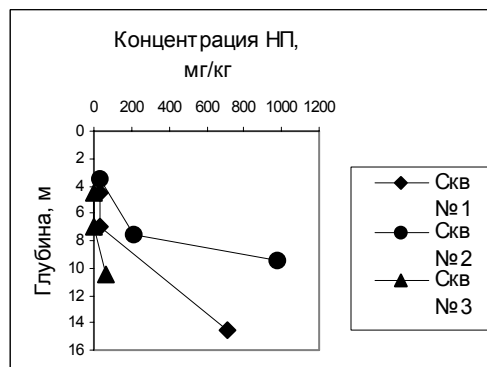


Рис. 4. График распределения содержания НП в грунтах по глубине (АЗС по ул. Смирнова)

Выполненную нами типизацию можно рассматривать как основание для дальнейшей разработки научно-методических основ производства комплексных изысканий для строительства и реконструкции площадок АЗС, обосновывающих выполнение прогнозов, оценки риска загрязнения геологической среды и принятия проектных решений предупредительных, защитных мероприятий.

#### Литература

1. Грунтоведение. / Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 123 с.
2. Середин В.В. Санация территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. //Геозкология, – М., 2000. – №6. – С. 525 – 540.

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ХАТАНГСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА

С.М. Воронин

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты

Томский филиал Института геологии нефти и газа СО РАН, г. Томск, Россия

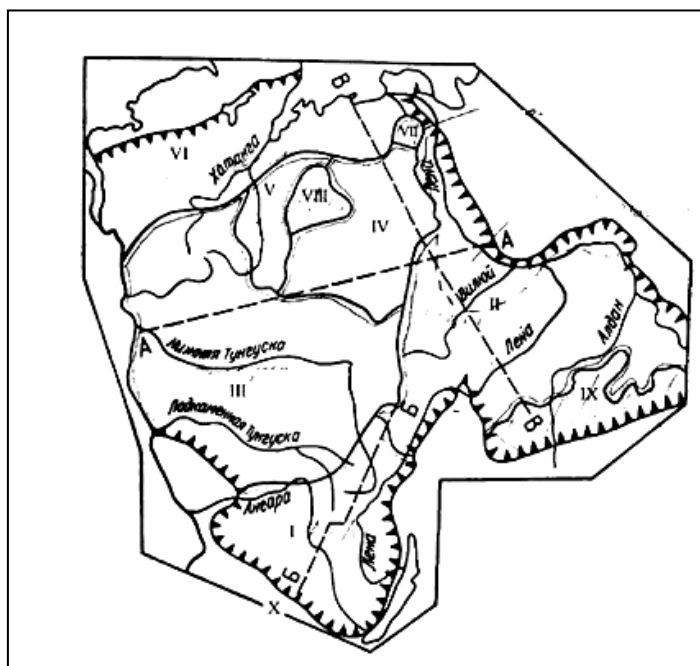
Восточно-Сибирская артезианская область ограничена горными сооружениями Верхоянья, Алданского щита, Байкала, Саян, Енисейского кряжа, Норильского выступа и Таймыра. Она открыта в северном направлении в сторону Восточно-Сибирского моря. Это семимаринная АО, так как примерно одна седьмая ее часть находится под уровнем моря. Ее площадь примерно 3 млн км<sup>2</sup>.

Согласно структурному гидрогеологическому районированию Восточно-Сибирской АО, в ней выделяются следующие основные артезианские бассейны: Ангаро-Ленский, Якутский, Тунгусский, Оленекский и Котуйский, Хантангский (рис.) [1].

Водоносный комплекс четвертичных ледниковых, озерно-ледниковых и флювиогляциальных отложений широко распространен в Енисейско-Хантангском артезианском бассейне, где мощность его достигает 80–100 м. Этот комплекс обычно полностью проморожен. Наряду с надмерзлотными водами в пределах деятельного слоя (в летний период) в этом комплексе весьма часты скопления подземных вод в подозерных таликах. Кроме того, в нем развиты многочисленные жилы и линзы подземных льдов. По химическому составу подземные воды в основном гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 0,1 – 0,2 г/л. [2]

Отложения мелового возраста представлены в основном морскими, прибрежно-морскими, реже континентальными образованиями – песчаниками, алевролитами, аргиллитами с подчиненными пластами и

линзами углей. Мощность меловых отложений колеблется в пределах 500 – 1500 м, а в западных районах (Усть-Енисейская впадина) достигает 3000 – 3500 м. Залегают меловые отложения обычно весьма полого (углы их падения, как правило, не превышают 0,5 – 2°). На большей площади своего распространения меловые отложения перекрыты покровом четвертичных образований мощностью преимущественно до 20 – 50 м. В связи с наличием в Енисейско-Хатангском артезианском бассейне мощной (до 500 – 600 м) многолетней мерзлоты верхние водоносные горизонты в меловых отложениях, как правило, проморожены.



**Рис. Схема расположения артезианских бассейнов Восточно-Сибирской артезианской области (артезианские бассейны: I-Ангаро-Ленский, II-Якутский, III-Тунгусский, IV-Оленекский, V-Котуйский, VI-Хатангский, VII-Сололийский)**

Водоносность меловых отложений в Енисейско-Хатангском артезианском бассейне не изучена. Судя по материалам опробования скважин в прилегающих районах Западно-Сибирской артезианской области, на Малохетской площади и др., подмерзлотные пластовые воды в меловых отложениях Хатангского бассейна повсеместно хлоридные натриевые с минерализацией до 15 – 25 г/л. Растворенные газы в них, по-видимому, в основном имеют метановый состав.

Жильные воды в меловых отложениях Енисейско-Хатангского артезианского бассейна, приуроченные, вероятно, к зонам новейших тектонических нарушений, фиксируются выходами соленых источников в районе среднего течения р. Хатанги. Минерализация вод источников колеблется от 6,6 до 130 г/л. Источник на р. Боганида, имеющий минерализацию всего 6,6 г/л, питается, по-видимому, водами только меловых отложений. Остальные источники (Салабирский, Тимофей-Юрхский, Чарский и др.), обладающие хлоридным магниево-кальциево-натриевым составом и минерализацией от 48 до 130 г/л, связаны с более глубокими, по-видимому, палеозойскими водоносными горизонтами. Особенности химического состава вод этих источников и, в частности, высокое содержание хлоридов кальция и магния, а также низкие значения хлор-бромного коэффициента (450 – 550) указывают на то, что эти воды, вероятно, связаны с соленосными отложениями.

В Енисейско-Хатангском артезианском бассейне юрские отложения сложены морскими и прибрежно-морскими песчано-глинистыми толщами (переслаивающимися глинами, аргиллитами, алевролитами и песчаниками) общей мощностью от 300 – 500 до 1500 – 1600 м [2].

Фактические сведения о водоносности юрских отложений в Енисейско-Хатангском артезианском бассейне еще немногочисленны и относятся к его западной части (Рассохинский, Малохетский валы), где проводилось нефтепоисковое бурение (Равдоникас, 1962). На нескольких разведочных площадях здесь в песчано-глинистых толщах юрского возраста на глубинах 500 – 2700 м вскрыты хлоридные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые метановые воды с минерализацией от 5 – 7 до 20 – 23 г/л. В этих водах обнаружен бром (до 60 – 70 мг/л). Открытая пористость песчаников и алевролитов обычно не превышает 5 – 10 %, проницаемость до 100 мд. Удельные дебиты скважин при опробовании юрских водоносных горизонтов не превышали 1 м<sup>3</sup>/сут. (Гинсбург, Иванова, 1969). По-видимому, близкие по составу пластовые воды содержатся повсеместно в юрских отложениях в других районах Енисейско-Хатангского артезианского бассейна. Вместе с тем можно предполагать, что на глубинах 2000 – 3000 м и более минерализация пластовых вод в юрских отложениях Енисейско-Хатангского бассейна возрастает до 30 – 40 г/л, аналогично тому, как это установлено для Якутского и Западно-Сибирского артезианских бассейнов. При этом в западных районах Енисейско-Хатангского артезианского бассейна, в связи с преобладанием в разрезе юрских отложений глинистых разностей пород, вероятно региональное распространение подземных вод с высокими промышленными содержаниями йода.

Отложения триасового возраста распространены почти повсеместно. В восточной части бассейна в низовьях рек Лены, Оленека и Хатанги они сложены морскими терригенными породами, в основном

песчаниками, чередующимися с аргиллитами и алевролитами. Мощность триасовых отложений колеблется в этих районах в пределах 200 – 600 м, возрастая в направлении от краевых к внутренним частям бассейна. В западной части бассейна (в Усть-Енисейском районе) к отложениям триасовой системы относится толща, сложенная в основном туфогенными аргиллитами, содержащая прослои туфопесчаников, покровы основных эффузивов и силлы диабазов. Общая мощность этой толщи более 1300 м. Почти повсюду триасовые отложения перекрыты породами юрского и мелового возраста и залегают обычно глубже нижней поверхности мерзлой зоны.

Водоносность триасовых отложений Енисейско-Хатангского атрезинского бассейна изучалась лишь в пределах солянокупольных структур Нордвик-Хатангского района. Многочисленными скважинами, пройденными в непосредственной близости от соляных штоков, в песчаниках и алевролитах триасового возраста на глубинах 70 – 80 м вскрыты порово-трещинно-пластовые и жильные скопления рассолов хлоридного натриевого состава с минерализацией до 270 – 335 г/л. Статические уровни этих рассолов располагались ниже уровня моря (абс. отм. минус 15 – 87 м). При испытании скважин притоки рассолов из триасовых отложений обычно не превышали 0,05 – 0,1 л/сек при понижениях уровней на 100 – 300 м. Кроме рассолов, при испытаниях были получены небольшие притоки углеводородных газов (до 1500 – 3000 м<sup>3</sup>/сутки) и нефти. Очевидно, что рассолы хлоридного натриевого состава в триасовых отложениях бассейна имеют локальное распространение и приурочены только к соляным куполам.

В нижнем течении р. Хатанги в триасовых отложениях развиты жильные скопления рассолов, приуроченные к зонам новейших разломов. Эти жильные воды фиксируются на поверхности солеными источниками, вытекающими из меловых отложений. В пределах остальной территории бассейна в породах триасового возраста (так же, как и в перекрывающих их юрских и меловых отложениях) преимущественно распространены, по-видимому, порово-трещинно-пластовые скопления соленых вод и рассолов хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией до 20 – 35, реже до 50–70 г/л. Не исключена возможность наличия в этих соленых водах и рассолах промышленных концентраций йода. При этом наиболее перспективными являются западные районы бассейна, где развиты морские песчано-глинистые триасовые отложения.

Пермские отложения распространены повсеместно. Они сложены преимущественно прибрежно-морскими и морскими терригенными и угленосными породами: песчаниками, алевролитами, чередующимися с глинами, аргиллитами и углями. Мощность их колеблется от 300 – 500 м на южном борту бассейна до 1500 – 1800 м в его центральной части. Пермские отложения почти на всей площади бассейна перекрыты мезозойскими образованиями. В центральных частях бассейна кровля их погружена на глубину до 1000 – 1500 м и более. Углы падения их не превышают 2 – 5°, за исключением отдельных антиклинальных (в том числе солянокупольных) структур и зон разломов. В пермских отложениях Енисейско-Хатангского атрезинского бассейна развиты главным образом порово-трещинно-пластовые скопления соленых вод и рассолов хлоридного кальциево-натриевого состава, с минерализацией, по-видимому, до 35 г/л. Об этом свидетельствуют данные опробования пермских водоносных толщ в восточных районах бассейна — в нижнем течении р. Оленека.

В центральных районах Енисейско-Хатангского атрезинского бассейна (Анабаро-Хатангском междуречье) водоносность пермских отложений изучалась на Нордвикской, Ильинской, Чайдахской и других антиклинальных структурах, в разной степени осложненных соляной тектоникой. В пределах этих структур в пермских отложениях установлено наличие рассолов в основном хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией от 52 – 54 до 120 – 135 г/л.

Каменноугольные отложения изучены весьма слабо. В пределах бассейна они повсеместно залегают на глубинах 1000 – 2000 м под покровом более молодых образований. В Нордвикском районе скважинами вскрыты отложения только нижнего отдела карбона. Они представлены в основном известняками с прослоями аргиллитов, мергелей и ангидритов общей мощностью до 800 – 1000 м. В западных районах бассейна в составе каменноугольных отложений наряду с карбонатными породами развиты, по-видимому, также терригенные угленосные породы. Фактические данные о водоносности каменноугольных отложений бассейна единичны.

Скважинами в районе Нордвикского соляного купола в известняках нижнего карбона вскрыты хлоридные натриевые рассолы с минерализацией до 280 – 306 г/л. Вне пределов влияния соляных куполов в каменноугольных отложениях Хатангского бассейна распространены, по-видимому, пластовые скопления рассолов хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией преимущественно до 70 г/л, а местами, возможно, до 140 – 200 г/л и более.

Отложения девонского возраста установлены в Нордвикском солянокупольном районе. Они сложены в верхних частях разреза в основном карбонатными породами (доломитами и известняками), а в нижних — карбонатными породами с мощными пластами каменной соли, гипса и ангидрита. Общая мощность их в этом районе превышает 800 – 1000 м.

В сводах солянокупольных структур в результате выщелачивания и растворения каменной соли в девонских отложениях формируются рассолы хлоридного натриевого состава, которые поступают в вышележащие толщи на крыльях структур. Эти рассолы получают питание в основном за счет атмосферных осадков. За пределами солянокупольных структур в девонских отложениях бассейна, вероятно, повсеместно распространены рассолы хлоридного кальциево-натриевого и кальциевого состава. Можно предполагать, что концентрация подземных рассолов в девонских соленосных отложениях достигает 300 – 350 г/л и более, а содержание брома в них — до 4 – 5 г/л и более.

Отложения силура развиты, по-видимому, лишь в его западной части; они состоят преимущественно из карбонатных пород, которые повсеместно залегают под покровом более молодых отложений на глубинах до 3000–4000 м и более и содержат, по-видимому, трещинно-карстово-пластовые скопления рассолов хлоридного кальциево-натриевого состава. В тех районах, где силурийские отложения подстилают соленосные толщи девона, в их верхних горизонтах вероятно наличие рассолов с минерализацией до 270 г/л и более, с высокими

концентрациями калия и других компонентов. В остальной части бассейна минерализация рассолов в силурийских отложениях, вероятно, не превышает 140 г/л.

Ордовикские отложения, представленные преимущественно карбонатными породами с пластами гипса и ангидрита, распространены, по-видимому, в западной части, залегая на глубинах более 4000 – 5000 м. В них, вероятно, содержатся рассолы хлоридного кальциево-натриевого и кальциевого состава с минерализацией до 140 – 200 г/л и более.

Карбонатные отложения среднего и верхнего кембрия залегают на больших глубинах и содержат пластовые скопления в основном горячих и перегретых рассолов хлоридного состава с минерализацией, по-видимому, не менее 70 – 140 г/л. Однако какие-либо фактические данные о них отсутствуют.

О водоносности отложений нижнего кембрия в Енисейско-Хатангском артезианском бассейне фактические данные отсутствуют. Можно предполагать наличие в этих отложениях пластовых скоплений рассолов с минерализацией от 35 – 70 до 300 г/л и более. Высококонцентрированные рассолы развиты в них, по-видимому, лишь в южной части Котуйского бассейна. В Енисейско-Хатангском бассейне отложения нижнего кембрия залегают на больших глубинах (до 4000 – 5000 м и более), в связи с чем подземные рассолы в них в основном горячие и перегретые.

В северных районах Енисейско-Хатангского бассейна в докембрийских отложениях, судя по фациальному составу верхнепротерозойских и палеозойских отложений, а именно по отсутствию среди них галогенных образований, вероятно, содержатся преимущественно рассолы с минерализацией до 140 – 200 г/л. При этом в северных районах Енисейско-Хатангского бассейна, где верхнепротерозойские отложения погружены на большие глубины, температура подземных рассолов может достигать 100° С и более. Фактические данные о них отсутствуют [2].

#### Литература

1. Кирюхин В.А. Региональная гидрогеология. – М.: СПб, 2005. – 344 с.
2. Гидрогеология СССР. Красноярский край и Тувинская АССР/ Под ред. И.К. Зайцева. – М.: Недра, 1972. – Том XVIII. – 479 с.

### **МИГРАЦИЯ ЖЕЛЕЗА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА**

**В.А. Душкина**

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Томская область представляет собой обширную сырьевую базу, расположенную в уникальных природных условиях. В ее пределах расположены крупные болотные массивы, представляющие собой особую, с точки зрения гидрогеологии, зону аэрации. Большая часть Томской области расположена в пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна. Повсеместно распространены подземные воды различных водоносных горизонтов. Наиболее широко эксплуатируются воды палеогеновых и меловых отложений.

В результате активной разработки месторождений полезных ископаемых (в особенности месторождений углеводородного сырья) вероятно попадание подземных высокоминерализованных вод в болотные воды, характеризующиеся низкими значениями рН, высоким содержанием органики и положительными значениями Eh. Вследствие их смешения возможно возникновение новых типов вод и новых гидрогеохимических обстановок.

Наиболее ярко проявление этих новых гидрогеохимических типов возможно оценить посредством изучения форм миграции и соотношению равновесной вторичной фазы. Учитывая то, что юго-восточная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна принадлежит провинции железистых вод [2], целесообразно изучить именно формы миграции железа.

Исследованием форм миграции химических элементов в подземных водах Томской области занимались В.А. Коробкин [3], А.Д. Назаров [4], в болотных водах О.Г. Савичев[5], М.А. Здвижков [1]. В данной работе исследованы формы миграции железа и состав равновесной вторичной фазы в болотных и подземных водах Томской области в естественных условиях.

В основу работы положен фактический материал опубликованных и фондовых источников по гидрогеохимии подземных вод Томской области, данные полевых исследований кафедры ГИГЭ ТПУ сезона 2006 г. На основе указанной информации была создана проблемно-ориентированная база данных по химическому составу болотных и подземных вод исследуемой территории.

Отличительная особенность болотных вод заключается в низком уровне минерализации (ультрапресные воды), увеличивающейся от верховых к низинным болотам, кислых (для верховых) и слабокислых нейтральных – (для переходных и низинных) разностей, высоком содержании органических кислот гумусового ряда.

Воды палеогеновых отложений распространены повсеместно. Воды пресные, минерализация изменяется от 0,1 до 1г/л, подчинена ландшафтной зональности. Примерно половину территории занимают умеренно пресные нейтральные воды. Среднее содержание железа 3,6мг/л.

Минерализация вод меловых отложений изменяется от пресных (в краевой части бассейна) до соленых в направлении к центру бассейна. Значения рН вод – от нейтральных до слабощелочных. Среднее содержание железа 1,8мг/л. Воды юрских отложений пестры по уровню минерализации (от слабосоленых до сильносоленых). Увеличение минерализации происходит в направлении к центру бассейна. Воды в основном нейтральные. Среднее содержание железа 38,2мг/л.



Расчет форм миграции химических элементов осуществлялся при помощи авторского ПК «Hydro Geo» М.Б. Букаты. В модель был включен широкий спектр ассоциатов, особое внимание уделено ассоциатам железа, в том числе его органическим формам. Перечень вторичных минералов включал в себя окислы, гидроокислы, глины, карбонаты, силикаты, сульфаты, хлориты.

В результате работы было получено следующие. Для болотных вод характерны преобладающая доля двухвалентного железа в виде собственно двухвалентного иона, а также наличие значительной доли (4-1 %) фульватного комплекса железа. При это в ряду верховое – низинное болото доля фульватного комплекса снижается, а доля собственного иона возрастает. Трехвалентное железо мигрирует в основном в виде гидроксиокомплексов. В различных ситуациях изменяется лишь их процентное соотношение. В водах верховых болот присутствуют различные фульваты трехвалентного железа, суммарно достигающие 4 %.

В составе равновесной вторичной фазы в болотах наибольшую долю занимают глинистые минералы. В ряду верховые – низинные болота эта доля возрастает.

В водах палеогеновых отложений максимальная доля (до 99 %) двухвалентного железа мигрирует в форме собственного иона, в составе присутствуют карбонаты и гидрокарбонаты железа. С увеличением минерализации в южных районах увеличивается пестрота соотношения форм. Трехвалентное железо мигрирует в форме гидроксиокомплексов. Состав равновесной вторичной фазы представлен карбонатами, силикатами, окислами и гидроокислами. Доля карбонатов наибольшая, с увеличением минерализации возрастает. В более минерализованных водах комплекса появляются железистые карбонаты.

В водах меловых отложений в соотношении форм миграции двухвалентного железа собственно ион двухвалентного железа составляет 85 – 90 %, в более минерализованных водах – 70%. С увеличением минерализации возрастает доля карбонатов, гидрокарбонатов и гидроксиокомплексов, при содержании солей более 20г/л появляются хлориды железа. Трехвалентное железо мигрирует в виде гидроксиокомплексов. В составе равновесной вторичной фазы преобладают карбонаты. При повышенной минерализации в составе карбонатов значительную долю имеют железистые карбонаты.

В водах юрских отложений ион двухвалентного железа составляет уже около 90 – 95%. Возрастает доля хлоридов железа (до 8%). Разнообразие гидроксиокомплексов трехвалентного железа увеличивается при возрастании минерализации. Аналогично водам мелового комплекса, в водах юрских отложений в составе равновесной вторичной фазы преобладают карбонаты. Железистых карбонатов в их составе не отмечено.

Таким образом, в ходе выполненной работы были определены основные формы миграции железа для типизированных составов вод различных водоносных горизонтов и болотных вод в естественном состоянии. Полученные данные являются основой для выполнения моделирования смешения болотных вод с водами глубоких горизонтов, получения новых типов вод и исследования полученных результатов.

#### Литература

1. Здвижков М.А. Гидрогеохимия Васюганского болотного массива. Дисс. на соискание науч. степени канд. геол.-минер. наук. – Томск: Изд-во Би., 2005. – 175 с.
2. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1993. – 384с.
3. Коробкин В.А. Режим, формирование и использование подземных вод Обь-Томского междуречья. Дис... канд. геол. – минер. наук. – Томск, 1985. – 240 с.
4. Назаров А.Д. Нефтегазовая гидрогеохимия юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. – М.: Идея – Пресс, 2004. – 288с.
5. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, охрана и использование. – Томск: ТПУ, 2003. – 202с.

### ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЕРХНЕЧОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**А.В. Казаева**

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты  
*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Верхнечонское газонефтяное месторождение располагается в северной части Иркутской области вблизи границы с Якутией. Открыто в 1987 г. [4].

В настоящее время проводится его эксплуатация. Закачка пресной воды производится для поддержания пластового давления. Проблема заключается в том, что продуктивная часть месторождения характеризуется высокой минерализацией подземных рассолов, наличием высоко растворимых минералов (гипс, ангидрит, карбонаты). В этих условиях возможно два негативных явления: первое – растворение цемента и формирование фильтрационных каналов между нагнетательной и добывающей скважиной, плохая добыча нефти; второе – при извлечении вод высокой минерализации происходят перепады температуры и давления, происходит отложение солей, скважины и насосы ломаются. Для того чтобы решить вопрос, необходимо знать состав вод и совместимость закачиваемых вод с рассолами продуктивной части.

В отношении интенсивности водообмена, водообильности и по химическому составу вод, здесь выделяются две зоны – свободного и затрудненного водообмена. Зона свободного водообмена находится в верхней части разреза, занимающей примерно четверть или менее общей мощности осадочного чехла (до глубины 400-600 м), и весьма затрудненного и застойного режима в его основной нижней части [2].

Воды первой зоны пресные (минерализация 0,2 – 0,6 г/л) гидрокарбонатные со смешанным катионным составом. Воды второй зоны представлены рассолами хлоридного кальциево-натриевого, натриево-кальциевого и магниево-кальциевого состава с минерализацией 320 – 400 г/л и более, а водорастворенные газы по составу в основном метанового и азотно-метанового типа.



Гидрогеохимическая зональность выражается в закономерном росте М, содержания Cl, Na и других показателей с глубиной, но в терригенно-карбонатных отложениях мотской свиты эти параметры с глубиной уменьшаются, то есть наблюдается инверсия (рис. 1). Исключением является только бром, содержание которого возрастает сверху вниз без инверсии. Эти данные, а также имеющиеся сведения об изотопном составе рассолов подтверждают рост закрытости недр с глубиной и присутствие остаточных седиментогенных и древне-инфильтрационных вод в терригенных отложениях вендского комплекса [3].

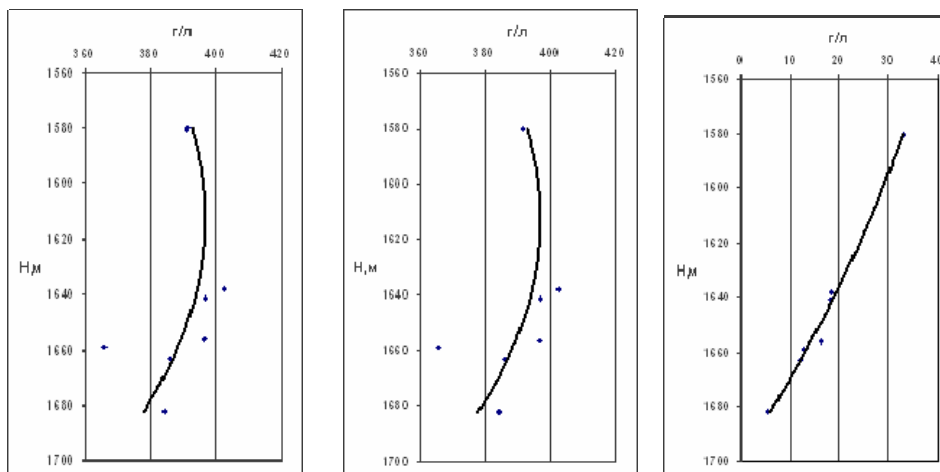


Рис. 1. Изменение минерализации, содержания хлора и натрия с глубиной

В рассолах содержатся бром (до 10 г/л и более), калий (до 20 г/л и более), бор, йод и ряд ценных металлов. Это дает основание рассматривать рассолы в качестве важного самостоятельного полезного ископаемого и ставить вопрос о необходимости специальных целевых исследований по геолого-экономической оценке их запасов и возможности добычи и переработки (утилизации) в промышленных масштабах. Имеются заключения о целебных свойствах рассолов и возможности использовать их в лечебных и бальнеологических целях [1].

Перспективы нефтегазоносности Верхнечонского месторождения связаны с терригенными (верхнечонский горизонт) и карбонатными (преображенский горизонт) подсолевыми отложениями. Верхнечонский горизонт представлен песчаниками с прослоями глинистых песчаников. Преображенский горизонт представлен, в основном, фитогенными доломитами, интенсивно перекристаллизованными, иногда до песчаниковидного облика с прослоями ангидрито-доломитов, реже ангидритов и глинистых доломитов мощностью 15-22 м.

При использовании системы поддержания пластового давления необходимо определить совместимость закачиваемых вод и вод пласта по гидрогеохимическим показателям. При определении совместимости закачиваемых вод с рассолами продуктивной части можно воспользоваться программой НГ, при помощи которой определяется степень насыщения раствора относительно содержащихся в породах минералов. В табл. приведены расчеты, полученные при смешивании вод верхнечонского и осинского горизонтов.

На графиках (рис. 2) отчетливо видны равновесные и неравновесные состояния раствора. Если степень насыщенности равна нулю, то раствор находится в равновесии. Если значение больше нуля, наблюдается коагуляция и цементация, а если значение меньше, то в растворе будет недостаток растворенных компонентов по отношению к пластовым водам, все это может привести к цементации поровых пространств, трещин, пустот, к образованию фильтрационных каналов между нагнетательной и добывающей скважиной, осаждению солей в скважинах и технологическом оборудовании. В результате плохая добыча нефти и поломка оборудования.

Таблица

Изменение степени насыщенности раствора при смешивании

%, содержание вод осинского горизонта	%, содержание вод ВЧ горизонта	L, степень насыщенности					
		Fe(OH) <sub>2</sub> амаканит	Mn(OH) <sub>2</sub> пирохроит	CaSO <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> гипс	SrSO <sub>4</sub> целестин	NaCl галит	KMgCl (H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> карналлит
100	0	-31,82	-259,51	-0,03	-1,8	-1,78	-100,85
75	25	0	0	536,48	0	0	0
50	50	-40,73	-271,1	0,03	-3,5	-0,99	-99
25	75	-40,27	-270,1	0,02	-3,6	-0,076	-98,49
0	100	-35,48	-266,71	0,05	-4,4	-0,79	-97,93

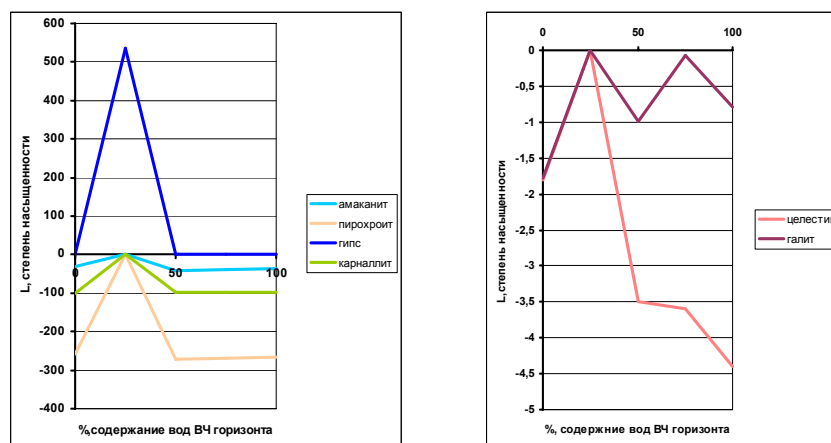


Рис. 2. Изменение степени насыщенности раствора при смешивании

Из графиков следует, что при соотношении вод: 25 %- верхнечонский горизонт, а 75 %- осинский, раствор будет находиться в состоянии равновесия. Поэтому рекомендуется использовать воды осинского горизонта для поддержания пластового давления и желательно в таком же соотношении.

#### Литература

1. Анциферов. А.С. Нелско-Ботуобинская антеклизы – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР. – Новосибирск: Наука, 1986. – 245с.
2. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. – М.: Недра, 1972. – 280с.
3. Пиннекер Е.В. Рассолы Ангаро - Ленского артезианского бассейна. – М.: Недра, 1965. – 105с.
4. Ткачук В.Г., Пиннекер Е.В., Трофимук П.И. Гидрогеология СССР. Иркутская область. – М.: Недра, 1968. – Том 19. – 495с.

### ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОДТОПЛЕНИЯ В ГОРОДЕ ТОМСКЕ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

Н.Ю. Кириченко

Научный руководитель профессор Г.Г. Щербак

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

В настоящее время проблема подтопления территории г. Томска весьма актуальна и в значительной мере влияет на строительство и эксплуатацию объектов гражданского и промышленного строительства.

Причинами возникновения и развития подтопления являются природные условия городской территории в сочетании с результатами градостроительной и хозяйственной деятельности человека.

В качестве природных факторов, способствующих формированию процессов подтопления, принимаются геоморфологические, геологические, гидрогеологические и гидрологические условия территории. Согласно исследованиям Щербака Г.Г. [4] в пределах г. Томска выделяют следующие геоморфологические элементы: высокую и низкую поймы р. Томи, склон Томь-Яйского междуречья, долины рек Ушайки и Малой Киргизки и их сочленения. В пределах этих элементов геологические и гидрогеологические условия имеют свои особенности, которые в значительной степени определяют характер процессов подтопления [5]. Развитие верховодки наблюдается на всех геоморфологических элементах города. Разгрузка подземных вод Томь-Яйского междуречья, неглубокое залегание слабопроницаемых грунтов, а также тесная гидравлическая связь подземных вод с уровнями р. Томи в паводковый период являются определяющими природными факторами, способствующими формированию и развитию процессов подтопления. К территориям, где природные условия являются преобладающим фактором развития подтопления, можно отнести участки первой надпойменной террасы р. Ушайки и высокой поймы р. Томи от Коммунального моста до речного порта. Эта территория включает Московский тракт, центр города и Черемошники.

Участки, где подтопление главным образом обусловлено техногенной деятельностью, распространены в пределах улиц Косарева, Усова, Лебедева, Сибирской, Никитина, Плеханова, Герцена, Фрунзе, И.Черных, телецентра и пр. Отмечается устойчивый подъем уровня подземных вод в пределах мкрн. Каштак, 2 и 3 мкрн. по Иркутскому тракту, в Академгородке, по ул. Фрунзе, Кирова, Нахимова и др.

Основной причиной формирования подтопления техногенного характера является градостроительная деятельность. До 60-х годов, когда строительство многоэтажных домов было ограничено, подземные воды находились, как правило, на глубине более 10 метров. Спорадически отмечалась сравнительно маломощная верховодка с уровнем 3,5-5,0 м. С началом массового строительства, появлением крупных жилых микрорайонов из пяти-девятиэтажных зданий и асфальтовых покрытий улиц, инженерно-геологические условия города существенно изменились: в ряде случаев повысился уровень подземных вод, образовалась верховодка, что способствовало изменению физико-механических свойств пород.

Повышение уровней, вызванное освоением новых районов и реконструкцией старых, отмечаются на всей территории города. Наиболее четко они проявляются на водораздельных участках, в строении которых

принимают участие типы разрезов, склонных к формированию процессов подтопления, а также на участках транзита грунтового потока при малых глубинах залегания уровней подземных вод. Процессы подтопления начинают формироваться еще на начальной стадии строительства зданий в связи с ненадлежащим исполнением земляных работ. В дальнейшем, уже при эксплуатации построенных сооружений, ситуация усугубляется за счет утечек из водонесущих коммуникаций и барражного эффекта свайных полей. При строительстве сооружений на свайных основаниях барражный эффект способствует ухудшению условий дренирования территории. Эффект свайных полей возрастает при линейном расположении зданий в условиях уплотненной застройки и при их ориентировке перпендикулярно к направлению движения грунтового потока. Данная ситуация отмечается при застройке ул. Б. Подгорная, Московский тракт, Р. Люксембург, Алтайская, Сибирская, Лебедева, И. Черных и др., а также районов Иркутского тракта, улиц Нахимова и Елизаровых, Каштака. На этих участках отмечается устойчивый подъем уровней подземных вод. Используя метод аналогии и учитывая современную застройку, следует ожидать формирования верховодки и развитие процессов подтопления при дальнейшем расширении строительства и освоения новых территорий в районах Иркутского тракта и Каштака.

Помимо подъемов уровней, вызванных барражным эффектом, нередко отсутствием организованного поверхностного стока при проведении строительных работ нулевого цикла, а также устройством отвода поверхностных талых и дождевых вод только в пределах строительной площадки, отмечаются процессы подтопления, связанные непосредственно с увеличением питания подземных вод за счет потерь из водонесущих коммуникаций и предприятий со значительным водопотреблением.

Потери воды при эксплуатации только водопроводных коммуникаций составляют 15 % от подаваемого расхода, количество аварий, приходящихся на 10 км длины трассы в год, составляет в среднем 40. Объемы утечек из канализационных сетей составляют не менее 20 % от подаваемого расхода, т.е. 25-30 тыс.м<sup>3</sup>/сут. Потери воды по площади города распределяются относительно равномерно и пропорционально водопотреблению. В районах старой селитебной застройки, согласно данным управления водопроводно-канализационного хозяйства г. Томска, удельное водопотребление составляет менее 50 м<sup>3</sup>/сут. на 1 га территории. В новых микрорайонах с развитыми водопроводными и канализационными сетями удельное водопотребление не превышает обычно 100 м<sup>3</sup>/сут., на отдельных участках, принадлежащих промышленным предприятиям, колеблется от 100 до 200 и лишь в единичных случаях превышает 200 м<sup>3</sup>/сут. [2]. Общее количество извлеченной воды за 2004 год составило 72,68 млн.м<sup>3</sup> (198,59 тыс.м<sup>3</sup>/сут.). Неучтенная вода и потери при транспортировке в результате утечек из водонесущих коммуникаций города составляют 32,20 млн.м<sup>3</sup>/год (около 44% от добытой воды) [1].

Большой вклад в формирование техногенных водоносных горизонтов и вызываемое ими подтопление вносят незарегулированный поверхностный сток, засыпка старых оврагов, приуроченных к тектоническим нарушениям (Кузнечный взвоз, мкр. Каштак и пр.), и русел рек (Игуменка, Медичка), разрушение старинных дренажных систем. Развитие техногенного горизонта и связанного с ним подтопления наиболее активно проявляется в насыпных грунтах, подстилаемых суглинками, и наблюдается на глубине от 0 до 1,5-3 м.

Негативными последствиями подтопления городских территорий являются удорожание стоимости строительства, нарушение нормальных условий эксплуатации зданий и сооружений, ухудшение экологической обстановки в подтопленных домах.

При высоком залегании подземных вод или наличии верховодки, согласно установленным нормативам [3], требуется устройство дренажных конструкций. Строительство пластового дренажа с самотечным отводом для девятиэтажного здания в ценах 2007 года обходится от 3 до 5 млн руб. Зачастую строительные организации идут в обход установленных нормативов и в экономических целях пренебрегают обустройством возводимых домов дренажами. Подтопление приводит к изменению физико-механических свойств грунтов, ухудшению их несущей способности, что влечет за собой неравномерные осадки фундаментов, деформации строительных зданий и коммуникаций. Ремонт и содержание подтопленных домов стоит значительных средств, а также приводит к ухудшению экологической обстановки домов.

В подтопленных домах сырость приводит к образованию плесневых грибов, выделяющих споры, которыми дышат жильцы. Плесень также при размножении выделяет летучие органические соединения, ответственные за специфический запах и чрезвычайно вредны для здоровья. Отмечено, что сырость, образующаяся в подтопленных домах, приводит к развитию у населения аллергических заболеваний кожи (дерматозы, микозы) и дыхательных путей (насморк, кашель, бронхиальная астма), заболеваний опорно-двигательного аппарата или суставно-ревматических, отмечаются головные боли, тошнота, головокружения. Прежде всего от последствий сырости в квартирах страдают дети и пожилые люди с ослабленным иммунитетом.

Таким образом, на основании выполненных исследований выявлены основные причины и факторы подтопления в г. Томске, которые подразделяются на естественные и техногенные. Естественные факторы определяют возможность возникновения в данных природных условиях процесса подтопления и степень интенсивности его развития, а техногенные факторы являются лишь катализатором подтопления в благоприятных для развития данного процесса условиях.

#### Литература

1. Государственный учет подземных вод на территории Томской области за 2004 год: ОГУП ТЦ Томскгеомониторинг. – Томск, 2005. – 360 с.
2. Отчет «Теоретическое обоснование развития техногенного подтопления территории г. Томска и разработка рекомендаций практических мероприятий по борьбе с ними (на примере микр. «Каштак» и «Солнечный»): Института проблем ЖКХ в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока. – Томск, 1995. – 220 с.
3. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. СНиП 2.06.15-85., 1985.
4. Щербак Г.Г. Современные проблемы инженерной геологии города Томска и пути их решения. //Обской вестник. – Новосибирск, 1999. – №1-2. – С.27 – 31.

5. Кириченко Н.Ю. Оценка условий подтопления существующей застройки в зоне разгрузки подземных вод Томь-Яйского водораздела в г. Томске. // Проблемы геологии и освоения недр: Труды Десятого Международного научного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002 – 600 с.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЧКАЛОВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.Ю. Кирсанова

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Чкаловское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в южной части Александровского района Томской области. Месторождение было открыто в 1977 г., в промышленную эксплуатацию введено в 1986 г.

Рассматриваемая территория расположена в пределах мезо-кайнозойского чехла юго-востока Западно-Сибирской плиты. Геологический разрез Чкаловского месторождения представлен мощной толщей мезо-кайнозойского осадочного чехла, вскрытой на глубину порядка 3000 м до пород палеозойского фундамента. На месторождении фундамент в западной части площади представлен преимущественно карбонатными образованиями с пропластками эффузивов. Осадочный чехол включает отложения юрского, мелового, палеогенового и четвертичного возрастов и сложен песчаниками, алевролитами, алевролитами и глинами в разных количественных соотношениях. В тектоническом отношении территория расположена в зоне сочленения трех крупных тектонических элементов I порядка: Александровского, Средневазюганского мегавалов и Усть-Тымской впадины.

Нефтегазоносность на Чкаловском месторождении установлена в отложениях васюганской свиты верхней юры (горизонт Ю<sub>1</sub>) и в отложениях палеозоя (пласт М<sub>1</sub>).

В гидрогеологическом отношении исследуемый район располагается в юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. В строении гидрогеологического разреза Чкаловского месторождения принимают участие следующие водоносные комплексы.

Эоцен-четвертичный водоносный комплекс занимает верхнюю (до 370 м) часть осадочного чехла и наиболее тесно связан с метеогенными водами, чем обусловлено формирование в нем холодных и пресных (0,38 г/л) гидрокарбонатных кальциевых подземных вод. Факторами, осложняющими широкое хозяйственно-питьевое использование этих вод, являются обедненность их йодом и фтором и одновременно обогащенность железом (7,9 мг/л).

Таблица

Сведения о залежах Чкаловского месторождения

Пласт, залежь	Глубина залегания пласта, м	Тип залежи	Размеры залежей			Абс. отм. ВНК (ГНК), м	Примечания
			длина, км	ширина, км	высота, м		
Ю <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2560 – 2631	пластовая сводовая	6,3	4,8	38	- 2503	Осложнена литологическим экраном в северо-западной части площади
М <sub>1</sub> нефтяная	2999 – 3068	массивная	3,7	1,7	44	- 2879	Осложнена литологическим и тектоническим экранами
М <sub>1</sub> газовая шапка	2999 – 3068	массивная	2,0	1,0	71	- 2835	
М <sub>1</sub> газоконденсатная	2968 - 3074	массивная	4,2	0,7 – 2,5	98	- 2958	Осложнена литологическим и тектоническим экранами

Эоцен-верхнемеловой водоносный комплекс имеет мощность 340 м является региональным водоупором. Воды, заключенные в отдельных песчаных горизонтах водоупора, постепенно переходят в соленоватые и соленые (до 10 – 12 г/л) метановые хлоридные натриевые, местами йодо-бромные.

Апт-альб-сеноманский водоносный комплекс имеет мощность 680 м, обладает сильно изменяющейся проницаемостью (0,75 – 2,9 мкм<sup>2</sup>) и водообильностью (до 40 – 200 м<sup>3</sup>/ч) водовмещающих пород и характеризуется повсеместно распространенными солеными (до 15 – 19 г/л) хлоридными натриевыми метановыми бромными и йодо-бромными водами.

Водоносный комплекс апт-готерив-барремских отложений характеризуется пестротой проницаемости ((0,3 – 146) \* 10<sup>-3</sup> мкм<sup>2</sup>), водообильности (2 – 30 м<sup>3</sup>/ч) и химического состава подземных вод. Мощность

комплекса достигает 610 м, глубина залегания – 1590 м. В нем пресные и солоноватые гидрокарбонатно-хлоридные натриевые сменяются азотно-метановыми йодо-бромными водами.

Валанжинский водоносный комплекс охватывает низы мелового гидрогеологического яруса и характеризуется близкими к апт-готерив-барремскому комплексу - несколько повышенной проницаемостью (0,042 – 2,485 мкм<sup>2</sup>) и водообильностью (до 50 – 100 м<sup>3</sup>/ч) этих отложений. Мощность комплекса составляет 100 м, глубина залегания 2200 м, состав алевролитно-песчаный с прослоями глин. Характеризуется близкими к апт-готерив-барремскому комплексу закономерностями изменения химического состава и лечебных свойств пластовых вод за исключением минерализации (возрастает до 25 – 28 г/л).

Валанжин-верхнеюрский водоносный комплекс является водоупорным. Лишь отдельные слабопроницаемые ((3 – 35) \* 10<sup>-3</sup> мкм<sup>2</sup>) пропластки отмечаются слабыми водопроявлениями (от 0,05 до 16 м<sup>3</sup>/сут) при понижении уровня в несколько сот метров. Мощность комплекса 330 м, глубина залегания 2300 м.

Юрский водоносный комплекс характеризуется повсеместным развитием метановых хлоридных натриевых рассолов с повышенным содержанием йода, брома, железа, калия и др. компонентов. С ним связаны основные запасы нефти и газа в Томской области. Мощность комплекса 350 м, глубина залегания 2630 м, литологический состав алевролитово-глинистый со значительным содержанием песчаников. Водообильность коллекторов комплекса весьма пестрая (от долей до десятков м<sup>3</sup>/ч), но в целом низкая. Поэтому возможности вовлечения в разработку содержащихся в отложениях комплекса промышленных вод очень низки.

Юрский водоносный комплекс включает в себя проницаемые горизонты выветрелой, трещиноватой и квернозной поверхности фундамента и водоносные горизонты в отложениях юры.

Палеозойский водоносный комплекс начинается с отметки 2900 м и вскрыт на глубину до 240 м. Сложен карбонатными и эффузивно-карбонатными породами, перемежающимися с глинисто-кремнистыми сидеритизированными сланцами, туфоловами, андезитовыми порфиритами. Значение пористости в среднем составляет 8 %.

С точки зрения промышленного использования воды верхних, в основном грунтовых, эоцен-четвертичного и эоцен-верхнемелового водоносных комплексов можно использовать для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения; воды апт-альб-сеноманского водоносного комплекса имеют не только хозяйственное или хозяйственно-питьевое, но и лечебное значение, а также как основной источник промышленно-технических вод, используемых для поддержания пластового давления и повышения нефтеотдачи юрских и меловых нефтяных пластов без существенных отрицательных геохимических последствий; апт-готерив-барремские и валанжинские воды могут использоваться в качестве лечебных, а также для поддержания пластового давления на разрабатываемых нефтяных месторождениях в случае снижения запасов промышленно-технических вод в апт-сеноманских отложениях; возможности вовлечения в разработку содержащихся в отложениях юрского комплекса промышленных вод очень низки, наибольший интерес они представляют как источник информации о масштабах нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции, формирования здесь нефтяных и газовых залежей в местах их нахождения (особенно по составу и концентрации водорастворенных газов и органических веществ).

Результаты выполненного обобщения данных по гидрогеологическим условиям Чкаловского нефтегазового месторождения свидетельствуют о том, что они являются достаточно простыми. Здесь присутствуют в разрезе как пресные воды удовлетворительного и хорошего качества, обладающие достаточными ресурсами для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения, так и мощные толщи соленых вод, обладающие высокими фильтрационными свойствами и качеством, позволяющим их использовать как агента системы поддержания пластового давления.

#### Литература

1. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. Геология нефти и газа Западной Сибири. – М., «Недра», 1975. – 680 с.
2. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. – М.: Недр, 1976. – 157 с.
3. Природные ресурсы Томской области. /Под ред. Дюкарева А.Г., Львова Ю.А., Хмелева В.А. и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 176 с.
4. Проект разработки Чкаловского месторождения. – Москва: ООО «Агентство Нефтяных технологий» «Технойл», 1999.
5. Труды Томских ученых по системам водоснабжения. – Томск: Издательский дом «Цхай и Ко», 2005 г. – 648 с.

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАХОРОНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ НОЯБРЬСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ

**М.В. Лазорина, В.А. Павлова**

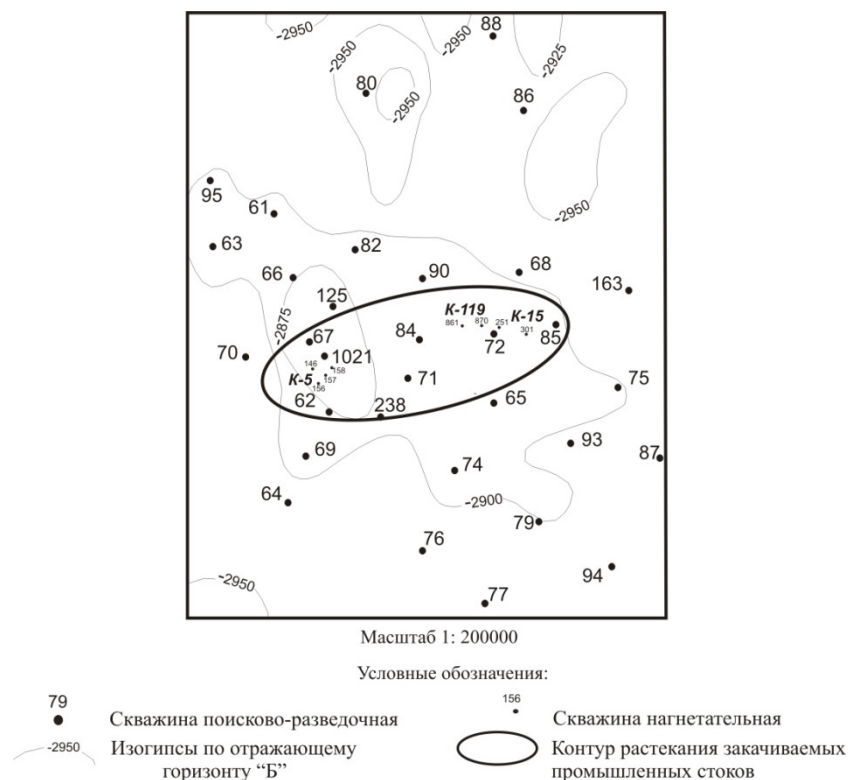
Научный руководитель профессор В.М. Матусевич

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, Россия*

Захоронение промышленных сточных вод в глубокие геологические горизонты освоено в большинстве высокоразвитых стран различными отраслями промышленности. Оно зародилось в начале прошлого века на нефтепромыслах США и России. Высокоминерализованные пластовые воды закачивали в непродуктивные или обводненные скважины в Пенсильвании, Бакинском районе, Северном Кавказе. В Западной Сибири захоронение промышленных стоков в подземные горизонты началось осуществляться в связи с разработкой систем поддержания пластового давления (ППД) при нефтегазодобыче. При этом наиболее приемлемым агентом закачки являются минерализованные воды апт-альб-сеноманского гидрогеологического комплекса, обладающие лучшими по сравнению с пресными водами нефтевымывающими свойствами. По мере роста добычи нефти



возрастали и объемы закачиваемых попутных (подтоварных) пластовых вод, что и обусловило широкое их использование в системах подземного захоронения [1].



**Рис. Схема растекания закачиваемых стоков на Пограничном месторождении нефти**

Проведенный анализ геологического строения и гидрогеологических условий в районе Ноябрьской группы месторождений (Пограничного, Спорышевского, Холмогорского, Ярайнерского и др.) показал, что оптимальным объектом утилизации излишков подтоварных вод является апт-альб-сеноманский гидрогеологический комплекс (покурская и атлымская свиты).

Поглощающий комплекс надежно изолирован от вышележащих водоносных комплексов и открытых водоемов региональным глинистым водоупором кузнецовской-люлинворской свит и толщей многолетнемерзлых пород. В подошве эксплуатационный объект ограничен регионально выдержанной пачкой глин сангопайской свиты.

Высокие коллекторские свойства песчаных пород (коэффициент фильтрации – 0,37 – 0,7 м/сут, коэффициент водопроницаемости – 68,8 – 97,3 м<sup>2</sup>/сут, коэффициент пьезопроводности – 2,97÷6,4·10<sup>5</sup> м<sup>2</sup>/сут) обеспечивают высокую приемистость скважин, составляющих: на Спорышевском – 7000 м<sup>3</sup>/сут, Пограничном – 800 м<sup>3</sup>/сут, Холмогорском – 200 м<sup>3</sup>/сут, Ярайнерском – 4350 м<sup>3</sup>/сут. Проектируется подземное захоронение промышленных стоков на Западно-Ноябрьском и ряде других нефтяных месторождений.

Однако подземное захоронение сточных вод, являясь природоохранной мерой, может нанести ущерб окружающей среде и недрам при несоблюдении норм проектирования, строительства и эксплуатации полигонов подземного захоронения сточных вод. Особого внимания в этой связи заслуживают нагнетательные и наблюдательные скважины, а также сооружения по сбору и транспортировке утилизируемых вод.

Проведенные расчеты контура и площади растекания промышленных стоков на Спорышевском, Пограничном, Холмогорском и Ярайнерском нефтяных месторождениях показали, что загрязнение пластовых вод подтоварными будет происходить главным образом в пределах объекта утилизации (апт-альб-сеноманский гидрогеологический комплекс), размеры области возможного загрязнения в плане незначительны. В качестве примера на рис. авторами показана область загрязнения от закачки промышленных стоков на Пограничном нефтяном месторождении.

Как видно из рисунка, в целом область загрязнения находится в контурах границ лицензионного участка Пограничного нефтяного месторождения.

Однако, этот вариант, на первый взгляд представляющийся наиболее удобным, может оказаться роковым для освоения Западно-Сибирского региона. Основания к тому следующие.

Ввиду существования блоковой дифференциации геофлюидальных систем (ГФС), что освещено в ряде работ В.М. Магусевича, А.Д. Резника и др. [2] закачиваемые в недра жидкости будут поступать не в матричные элементы структуры гидросферы, где бы они «запечатывались» в них навека, как хотелось бы ожидать. Напротив, инородные жидкости будут в основном концентрироваться в межблоковых элементах, то есть в существенно более проницаемых подвижных каналах фильтрации, рассекающих и коллекторы и так называемые водоупоры. В процессе быстропотекающих эволюций гидрогеодинамического поля (ГГД), закачиваемые жидкости будут в полном объеме неизбежно выталкиваться в направлении от областей сжатия, то есть вверх по разрезу, в сторону минимального геостатического давления, попутно отравляя горизонты как минерализованных,

так и пресных подземных вод. Разбавление же их природными подземными водами по пути транспортировки вверх по разрезу фактически не произойдет по причине незначительной доли объема боковых каналов фильтрации в общей массе водонасыщенных пород (матриц). В свете вышеизложенного возникает необходимость углубленного исследования особенностей взаимообусловленности ГФС и ГГД, важного в теоретическом и прикладном аспектах.

#### Литература

1. Бешенцева О.Г., Ильченко В.П., Матусевич В.М. Мировой и отечественный опыт подземного захоронения сточных вод. – М.: Известия вузов «Нефть и газ», 2000. – № 2. – С. 4-9.
2. Матусевич В.М., Резник А.Д. Геофлюидальные системы и геодеформационное поле. – М.: Известия вузов «Нефть и газ», 1997. – № 5. – С. 52-57.

### РАВНОВЕСИЕ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПОКУРСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА КОЛПАШЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ

Ю.Г. Михеева

Научный руководитель доцент О.Ф. Зятева

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Равновесие подземных вод с минералами вмещающих пород является одним из вопросов геохимии и имеет длительную историю развития. Разнообразие состава водовмещающих пород требует индивидуального подхода к изучению их взаимодействия с подземными водами. Изучение равновесия минеральных вод с минералами горных пород необходимо для определения масштабов и характера накопления компонентов в водах и их перераспределения в процессе взаимодействия системы вода-порода.

Томская область богата гидроминеральными ресурсами разнообразного состава, среди которых научный и практический интерес представляют слабоминерализованные подземные воды, находящиеся в различных водоносных горизонтах. В Колпашевском районе Томской области слабоминерализованные воды приурочены к покурскому водоносному горизонту.

В геологическом строении района исследований принимают участие отложения палеозойского складчатого фундамента, на которых с несогласием залегают мезо-кайнозойские отложения осадочного платформенного чехла. В строении осадочного чехла выделены юрские, меловые, палеогеновые и четвертичные отложения. В основании мелового разреза залегает серия морских отложений – куломзинский и тарский горизонты. Выше расположены сложно построенные саргатская (К1) и покурская (К1-2) серии, в состав которых входят континентальные отложения значительной мощности и их морские стратиграфические аналоги. Покурская свита представлена чередованием песчаников, алевролитов и глин, в нижней части разреза с пластами бурых углей. Мощность отложений 750-800 м.

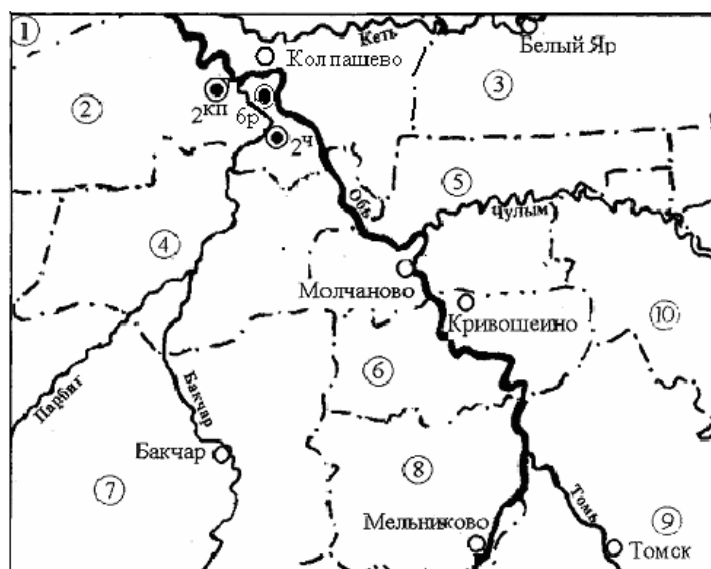


Рис. 1. Схема расположения районов Томской области  
Условные обозначения

⊙ бр - скважина и ее номер    — границы районов    ⑤ - районы Томской области:

1-Парабельский, 2-Колпашевский, 3-Верхнекетский, 4-Чаинский, 5-Молчановский, 6-Кривошеинский, 7-Бакчарский, 8-Шегарский, 9-Томский, 10-Асиновский.

В соответствии с геологическим строением района выделяются два гидрогеологических этажа. Нижний гидрогеологический этаж начинается с апт-сеноманского водоносного комплекса, к которому приурочена и покурская свита.

Водоносный комплекс высоконапорный. Статические уровни устанавливаются выше поверхности земли. На западе района воды комплекса хлоридные натриевые, в восточном направлении сменяются на гидрокарбонатно-хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатные натриевые с минерализацией, уменьшающейся в этом же направлении. По газовому составу воды комплекса метановые на западе; в восточном направлении сменяются на азотно-метановые, метаново-азотные и азотные.

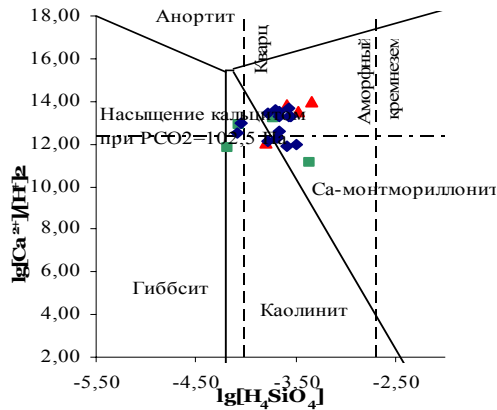


Рис. 2. Система  $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-CaO-SiO_2$

▲ - скважина 2<sup>kn</sup>      ■ - скважина 2<sup>ch</sup>

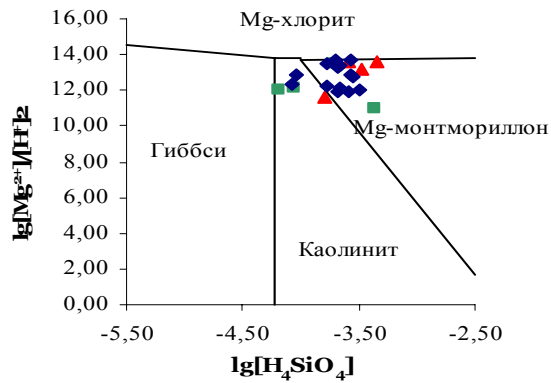


Рис. 3. Система  $HCl-H_2O-Al_2O_3-MgO-SiO_2$

◆ - скважина 6<sup>r</sup>

Покурский водоносный горизонт, вскрыт на территории исследований скважинами 2ч, 2кп, 6р,

Скважина 2кп, глубиной 3002,5 м, расположена на левом берегу реки Чая, недалеко от дороги (рис. 1). Отложения покурской свиты (К1-2 рк) литологически представлены переслаиванием песков, алевролитов, песчано-алевритовых глин, а также прослоев бурых углей и растительного детрита. Общая мощность отложений достигает 780 м. Каптаж вод с минерализацией 900-1000 мг/л осуществляется в интервале глубин 744,2-759,6 м.

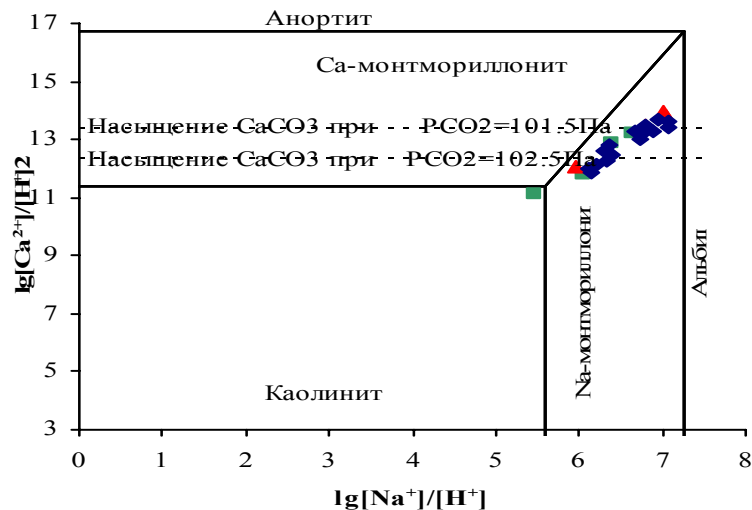


Рис. 4. Система  $HCl-H_2O-Al_2O_3-CaO-CO_2-SiO_2$

Скважина 2ч, глубиной 850 м, расположена на территории санатория Чажемто и пробурена целенаправленно для расширения гидроминеральной базы санатория в 1999г (рис. 1). Отложения литологически представлены преимущественно плотными и аргиллитоподобными глинами с прослоями глинистых песков слабосцементированных (глинистый цемент). Каптаж вод осуществляется в интервале глубин 732 – 764,7 м. Минерализация вод 1100 – 1200 мг/л.

Скважина 6р, глубиной 2770 м расположена юго-западнее г. Колпашево (рис. 1). Она находится на расстоянии 38 км от г. Колпашево по шоссейной дороге с переправой через Обь. Расстояние от скважины до областного центра (г. Томск) – 290 км. Отложения покурской свиты (К1-2 рк) представлены чередованием песчаников, алевролитов и глин, в нижней части разреза с пластами бурых углей. Мощность отложений 750-800 м. Фильтр установлен в интервале 589-594 м. Минерализация вод 1300-1400 мг/л.

Из катионов в изучаемых водах преобладает Na, его содержание колеблется от 236 до 578 мг/л; среди анионов в скважинах 2ч, 2кп преобладает гидрокарбонат-ион, в скважине 6р – хлор. Содержание Ca изменяется от 4 до 17 мг/л. Воды гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, слабominерализованные, слабощелочные. За длительный период работы скважин в режиме самоизлива, общий ионно-солевой состав и минерализация изменялись в небольших пределах.

На основе имеющихся данных о составе слабominерализованных вод, приуроченных к покурскому водоносному горизонту в Колпашевском районе, изучено равновесие этих вод относительно алюмосиликатов. Оценка равновесности проводилась путем нанесения результатов анализа химического состава вод скважин 2кп, 2ч, 6р на диаграммы полей устойчивости конкретных минералов.

Подземные воды являются неравновесными по отношению к первичным алюмосиликатам. Это определяет непрерывность их взаимодействия с водой с образованием продуктов выветривания, устойчивых в соответствующих геохимических условиях и равновесных с подземными водами. Соответственно система водопорода является равновесной относительно вторичных алюмосиликатов.

Как видно из диаграмм равновесия, практически все точки располагаются в поле устойчивости монтмориллонитов и лишь некоторые точки - в поле каолинита. Можно сказать, что происходит образование преимущественно монтмориллонита, реже каолинита.

Воды чаще насыщены относительно кальцита (рис. 2). Происходит накопление натрия, что способствует образованию содовых вод.

## РЕСУРСЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ОЛЕНЬЕЙ ПЛОЩАДИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

М.В. Мищенко<sup>2</sup>

Научные руководители профессор М.Б. Букаты<sup>1</sup>, доцент А.Д. Назаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука  
СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В условиях дефицита углеводородного топлива возникает вопрос об использовании альтернативного источника энергии. Наибольшую ценность при достаточном количестве имеют термальные подземные воды.

В качестве экспериментальной площадки возможно использовать вахтовые поселки, где для поддержания пластового давления применяются термальные подземные воды. Часть этих подземных вод, возможно, следует отбирать для хозяйственного использования (для: отопления, горячего и холодного водоснабжения, теплых душей и бассейнов и т.д.).

Первоочередным рекомендованным участком может стать Оленья площадь, расположенная на западе Томской области и приуроченная к Каймысовскому своду.

### Гидрогеологические условия.

Согласно схеме гидрогеологического районирования исследуемая площадь приурочена в юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. В его разрезе выделяются два гидрогеологических этажа: верхний и нижний, разделенные мощной толщей турон-эоценового возраста (620 - 660 м), сложенной породами преимущественно глинистого состава.

**Верхний гидрогеологический этаж.** К нему относится палеоген-четвертичный комплекс (табл. 1), включающий в себя, главным образом, водоносные горизонты, приуроченные к аллювиальным, озерно-аллювиальным отложениям черталинской и абросимовской свит. Водовмещающими породами являются пески, зачастую мелкозернистые, алевролитистые.

Таблица 1

Усредненная характеристика водоносных комплексов

Г/г этаж	Водоносный комплекс		Глубина залегания, м	Пластовая температура, °С	Минерализация, г/л	Тип воды (по С.А. Щукареву)	Дебит, м <sup>3</sup> /сут
Верхний	Палеоген-четвертичный	четвертичный	200-300	8-12	0.35-1	HCO <sub>3</sub> -Na	6000
		нижнеэоценовый	400-640	10-20	1	HCO <sub>3</sub> -Na	1100
		верхнепалеогеновый					
Нижний	Апт-альб-сеноманский		900-1000	53	17	Cl-Na	1000-2000 (до 4000)
	Готерив-барремский		2000	78	18.1	Cl-Na	400
	Валанжинский		2400	89	21.1	Cl-Na	500-1000
	Юрский		2600	102	≥36	Cl-Na	10-20
	Палеозойский		не опробован в гидрогеологическом отношении				

Водоносные горизонты *верхнепалеогеновых* и *нижнеэоценовых* отложений повсеместно характеризуются как артезианские, со значительной величиной напора, близкой глубине залегания того или иного горизонта. По химическому составу подземные воды они являются преимущественно гидрокарбонатными кальциево-магниевыми, реже кальциево-натриевыми (по классификации С.А. Щукарева), по величине общей минерализации – пресными, а по происхождению – инфильтрационными. Водоносные горизонты верхнего

палеогена являются практически единственным источником централизованного питьевого водоснабжения на территориях нефтепромыслов Томской области [4].

Воды *четвертичных* отложений обычно безнапорные, иногда с местным напором, также преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевые. В зависимости от условий питания и интенсивности инфильтрационного водообмена они характеризуются достаточно широким диапазоном значений общей минерализации (0,12 – 0,79 г/л) и в наибольшей степени подвержены техногенному загрязнению.

Нижний гидрогеологический этаж. В его составе выделяются 5 водоносных комплексов: 3 меловых (апт-альб-сеноманский, готерив-барремский, валанжинский), юрский и доюрский (палеозойский). Водоносные комплексы нижнего гидрогеологического этажа разделены водоупорами и повсеместно насыщены солеными водами.

Меловые водоносные комплексы – апт-альб-сеноманский (покурская свита), готерив-барремский (вартовская свита) и валанжинский (тарская и куломзинская свиты) – характеризуются высокими фильтрационно-емкостными свойствами (табл. 1). Большие глубины залегания и наличие регионально-выдержанных водоупоров в подошве и кровле комплексов создают благоприятные условия для формирования гидродинамической системы с высоконапорным режимом. По величине водообильности водоносные комплексы неоднородны.

Максимальной водообильностью характеризуется разрез покурской свиты. Эти воды широко используются для поддержания пластового давления (ППД) продуктивных пластов при разработке нефтяных месторождений.

Водоупорной кровлей апт-альб-сеноманского комплекса являются отложения кузнецовской свиты. От пресных вод верхнего этажа, кроме кузнецовской свиты, апт-альб-сеноманский комплекс отделяют исключительно глинистые отложения вышележащих березовской, ганькинской, талицкой, люлинворской и тавдинской свит. Суммарная мощность перекрывающих водоупоров составляет 600 – 700 м. Хорошая изолированность отложений покурской свиты от инфильтрации атмосферных осадков обуславливает своеобразие гидродинамических и гидрогеохимических условий данного комплекса.

Юрский водоносный комплекс. Данный комплекс включает отложения васюганской, тюменской, худосейской свит. В кровле ограничен глинистыми отложениями подачимовской толщи, баженовской и георгиевской свит суммарной мощностью около 40-60 м.

Коллекторы, слагающие водоносный комплекс, характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Притоки воды незначительны и составляют единицы, реже – десятки м<sup>3</sup>/сут (табл. 1).

Доюрский водоносный комплекс. Палеозойские отложения в гидродинамическом отношении не изучены (не опробованы). В работах А.А. Розина, Б.П. Ставицкого, Ю.Г. Зимина и в монографии «Гидрогеология СССР» (том XVI) воды палеозойских отложений характеризуются совместно с водоносными горизонтами прилегающих частей мезо-кайнозойского чехла. Этими авторами отмечено, что воды фундамента гидравлически тесно связаны с водами вышележащего юрского гидрогеологического комплекса. Выделение их в самостоятельный гидрогеологический этаж на современном этапе изученности связано с большими трудностями [2, 3, 5].

Исходя из геотемпературных условий, водообильности и глубины залегания, наиболее доступные потенциальные ресурсы теплотехнических, теплоэнергетических и бальнеологических подземных термальных вод сосредоточены в меловых отложениях (апт-альб-сеноманском, готерив-барремском и валанжинском водоносных комплексах).

Оценка ресурсов.

Таблица 2

Результаты расчета запасов подземных термальных вод

Водоносный комплекс	Коэффициент фильтрации, м/сут.		Мощность, м	Расчетные величины		Максимально возможный дебит при допустимом понижении, м <sup>3</sup> /сут.
				Коэффициент пьезопроводности, 10 <sup>3</sup> м <sup>2</sup> /сут.	Понижение уровня S <sub>п</sub> , м	
Апт-альб-сеноманский	уср	0,66	316	678	54,181	27680
	вер	0,25	124,8	222	277,94	4311
	ср	0,63	118	515	150,53	9965
	ниж	0,95	95,8	752	124,62	12040
Готерив-барремский	min	2,5	40	100	105,39	14230
	max	5	40	200	54,072	27740
Валанжинский	min	1,85	65	120	88,242	17000
	max	7,2	65	470	23,834	62940

Оценка эксплуатационных ресурсов термальных вод проведена с использованием специальных программных средств [1]. 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-



Джейкоба, 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 комплексов отдельно друг от друга, предполагая, что их ресурсы будут использованы независимо (табл. 2).

Все расчеты проводились исходя из времени работы одиночной скважины 10000 сут., её дебита 5000 м<sup>3</sup>/сут., при радиусе фильтровой части скважины 168 мм и допустимом снижении уровня 300 м.

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

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

Апт-альб-сеноманский и готерив-барремский водоносные комплексы остаются резервными, с возможным дальнейшим привлечением подземных термальных вод этих водоносных комплексов в оборот в ГеоТЭС.

### Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия ТПУ. Геология поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. – Томск, 2002. – Т. 305. – вып. 6. – С. 348-365.
2. Геология нефти и газа Западной Сибири / Под ред. А.Э. Конторович, И.И. Нестерова, Ф.К. Салманова и др. – М.: Недра, 1975. – 680 с.
3. Гидрогеология СССР. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). – М.: Недра, 1970. – Т. XVI. – 368 с.
4. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно – Сибирского артезианского бассейна. – М.: Недра, 1991. – 260 с.
5. Розин А.А. Подземные воды Западно – Сибирского артезианского бассейна и их формирование. – Новосибирск: Наука, 1977. – 102 с.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ Г. ТОМСКА ПО ПРОСАДОЧНОСТИ

Е.С. Новосельцева

Научный руководитель доцент Т.Я. Емельянова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель работы — классифицировать лёссовые грунты г. Томска по величине просадочности. Основная задача — оценить степень просадочности и распространение различных разновидностей грунтов по величине просадки на территории г. Томска.

К лёссовым породам в инженерно-геологическом отношении следует относить континентальные пылеватоглинистые образования различного генезиса, содержащие более 50 % пылеватых частиц (0,05-0,005 мм) и проявляющие при замачивании просадочные свойства (относительная просадочность  $\geq 0,01$ ) при природном давлении или дополнительных нагрузках (Трофимов, 2003).

Таблица 1

Классификация толщ лёссовых грунтов по просадочности

Тип и подтипы грунтовых условий	Основные показатели		Дополнительные показатели (ориентировочные значения)			
	просадка от собственного веса $S_{св}$ , см	дополнительная осадка подстилающего слоя $S_p$ , см	начальное просадочное давление $P_{св}$ , МПа	величина просадочной толщи $H_{св}$ , м	дополнительные напряжения $\sigma_{доп}$	вид подстилающего слоя
IA	—	—	$>0,1$	$<6$	$<0,5 \sigma_{zg}$	П.М
IB	$<5$	—	$<0,1$	$>6$	$<0,5 \sigma_{zg}$	П.М
IV	$<5$	$>5$	$<0,1$	$>6$	$>0,5 \sigma_{zg}$ $<0,5 \sigma_{zg}$	М С
IIA	5-20	—	$>0,08$	$<12$	$<0,5 \sigma_{zg}$	П.М
IIБ	$>20$	—	$<0,05$	$>12$	$<0,3 \sigma_{zg}$	П.М
IIВ	$>20$	$>5$	$<0,08$	$>12$	$>0,5 \sigma_{zg}$ $<0,3 \sigma_{zg}$	М С

Примечание.  $\sigma_{zg}$  — вертикальные напряжения от собственного веса грунта при полном водонасыщении ( $S_r = 1,0$ ) без учета планировочной насыпи; степень сжимаемости подстилающих просадочную толщу грунтов: П — прочные, практически несжимаемые (модуль деформации  $E > 40$  МПа); М — мало- и среднесжимаемые ( $E = 40-10$  МПа), С — слабые, сильносжимаемые ( $E < 10$  МПа).

На территории Томской области лёссовые породы распространены на юге, повсеместно в пределах правобережья р. Томи, на Томь-Яйском и Томь-Чулымском междуречьях и левобережье р. Чулыма. На

территории г. Томска лёссовые породы распространены в пределах третьей надпойменной террасы и водораздела. Чаще всего они представлены покровными субаэральными суглинистыми отложениями.

Самой главной особенностью лёссовых пород является просадочность, которая в свою очередь осложняет процесс строительства на них и эксплуатацию зданий и сооружений. Просадочность лёссовых пород выражается в их способности под действующей нагрузкой (от собственного веса толщи или дополнительной нагрузки от сооружения) при увлажнении или замачивании уменьшать свой объем, т.е. проявлять дополнительное уплотнение.

В нормативных документах было принято в зависимости от возможности проявления просадки лёссовых грунтов от собственного веса двучленное подразделение: I тип грунтовых условий по просадочности — просадка происходит в пределах деформируемой зоны основания от нагрузки фундамента или другой внешней нагрузки, а просадка от собственного веса грунта практически отсутствует или не превышает 5 см; II тип — возможна просадка грунта от его собственного веса, превышающая 5 см (СНиП..., 1985).

Однако в классификации по просадочности в действующих нормативных документах, а также при инженерно-геологических изысканиях, проектировании и строительстве недостаточно или совсем не учитываются следующие важнейшие факторы: а) неизбежное повышение напряженного состояния в массиве грунтов при застройке территорий; б) дополнительные осадки подстилающих просадочную толщу грунтов, возникающих при повышении нагрузок на них; в) изменение под влиянием вышеперечисленных факторов величины просадочной толщ; г) остаточная просадочность грунтов при подъеме уровня подземных вод и длительность процессов просадки грунтов от собственного веса и др.

С учетом этих положений В.И. Крутовым в 1998 г. была предложена новая классификация толщ лёссовых пород по просадочности (табл. 1) (Крутов, 1998).

Предлагаемая классификация толщ лёссовых пород на отдельные подтипы позволяет более полно при проектировании и строительстве учитывать особенности и закономерности развития просадочных деформаций. Благодаря этому достигается более обоснованный выбор наиболее эффективных противопросадочных мероприятий, а также проектирование оснований и фундаментов.

По результатам предварительной оценки просадочности лёссовых пород на территории г. Томска можно сказать, что просадочные грунты присутствуют на всех участках третьей надпойменной террасы, а на водоразделе лёссовые грунты непросадочны.

Таблица 2

## Классификация толщ лёссовых грунтов по просадочности для территории г. Томска

Стратиграфо-генетический комплекс	Участок и грунты	глубина, на которой рассчитывалась просадка от собственного веса, м	просадка от собственного веса $S_{Slg}$ , см	начальное просадочное давление $P_{Sl}$ , МПа	величина просадочной толщ $H_{Sl}$ , м	вид подстилающего слоя	Типы и подтипы грунтовых условий
$Q^3_{III}$	ул. Мира						
	суглинок твердый	6,0	0,6	0,05	$\leq 10$	М	IV
	супесь твердая	5,0	2,5	0,05	$\leq 10$	М	IV
$Q^3_{III}$	ул. 79-й Гвардейской дивизии						
	суглинок твердый	1,6	0,16	0,05	$\leq 10$	М	IV
	супесь твердая	3,2	1,6	0,05	$\leq 10$	М	IV
$Q^3_{III}$	ул. Учебная						
	супесь твердая	4	2	0,05	$\leq 10$	М	IV

Примечание.  $Q^3_{III}$  – верхнечетвертичные отложения третьей надпойменной террасы

Количественно по единичным определениям относительной просадочности по методу 2-х кривых определена величина просадки при давлении от собственного веса для супеси - 1,6 см на глубине 3,2 м и для суглинка - 0,16 см на глубине 1,6 м. Мною была составлена классификация лёссовых грунтов по просадочности для территории г. Томска с использованием критериев классификации В.И. Крутова (табл. 2). В связи с недостатком прямых определений величины просадочности некоторые исходные данные для классифицирования взяты по аналогии с определенными прямыми методами для подобных грунтов.

В результате получилось, что лёссовые породы третьей надпойменной террасы относятся к IV подтипу грунтовых условий по просадочности. Грунты просадочны и по классификации Крутова В.И. и по нормативным документам и относятся к I типу грунтовых условий.

Необходимость использования более детальной классификации толщ лёссовых грунтов по просадочности вызвана тем, что при невысокой просадочности грунтов объем лабораторных и полевых испытаний должен быть больше, чем для сильно просадочных грунтов, т.к. очень важно выделить отдельные непросадочные слои грунтов, достоверно определить изменение по глубине толщи относительной просадочности и начального просадочного давления. На сильно просадочных грунтах воздействия просадок грунтов на возведенные конструкции однозначно устраняются путем уплотнения просадочных грунтов различными методами на всю глубину их залегания. Для грунтов с невысокой степенью просадочности (I тип грунтовых условий) вопрос о необходимости и методах устранения просадочности нужно решать дифференцированно на основе предлагаемой классификации.

#### Литература

1. Крутов В.И. Классификация просадочных лёссовых грунтов // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – М.: Наука, 1998. - № 3. – С. 55. – 64
2. СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 42 с.
3. Трофимов В.Т. Теория формирования просадочности лёссовых пород. – М.: ГЕОС, – 2003. – 275 с.

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ КАМЫ В ПРЕДЕЛАХ Г. НИЖНЕКАМСКА**

**И.И. Нугманов**

Научный руководитель ассистент Н.И. Жаркова

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

Город Нижнекамск располагается на левом берегу нижнего течения р. Камы в пределах III и IV надпойменных террас и водораздельной поверхности р. Кама и её правого притока р. Зай. Это третий по величине город на территории Республики Татарстан, с мощной инфраструктурой нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Динамика развития города обусловлена наращиванием потенциала нефтедобычи и нефтепереработки. В настоящее время на юге г. Нижнекамска осуществляется строительство нового комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов. Однако серьезной проблемой для дальнейшего развития Нижнекамского промышленного узла являются почти полностью исчерпанные возможности имеющейся инфраструктуры (транспортной, дорожной, энергетической, телекоммуникационной и т.п.) и очевидный дефицит в промышленной зоне Нижнекамска объектов инфраструктурного обеспечения для будущих производств. В связи с этим весной 2006 г. в 9-10 км к юго-востоку от г. Нижнекамска, на водоразделе рек Кама и Зай, трестом «КазГИСИЗ» были проведены инженерно-геологические изыскания для обоснования строительства товарного парка керосина и расходного парка котельного топлива комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов для ЗАО «Нижнекамский НПЗ».

Результаты проведенных инженерно-геологических изысканий (до глубины 25 м) показали, что площадка характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями. На это указывают неглубокое залегание подземных вод, а также сложное строение геологического разреза: верхняя часть грунтовой толщи представлена элювиально-делювиальными глинисто-суглинистыми грунтами раннего и среднего неоплейстоцена ( $Q_{1-2}$ ), нижняя часть — переслаиванием разуплотнённых и выветрелых аргиллитов и песчаников верхнепермского возраста ( $P_2 t$ ). Поскольку наличие элювиальных грунтов в геологическом разрезе значительно усложняет инженерно-геологические условия исследуемой территории, возникла необходимость в их детальном и всестороннем изучении.

Основной целью исследований явилось установление закономерностей развития процессов выветривания, как в прошлом, так и в настоящее время, а также оценка их возможной интенсивности при техногенном воздействии. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: комплексное изучение состава, строения и свойств грунтов, а также изучение грунтовой толщи в целом. Для изучения применялись: метод ЭПР спектроскопии, рентгеноструктурный анализ, лабораторные исследования грунтов, камеральная обработка результатов с использованием программного пакета Statistica 6.

Исследования показали, что свойства грунтовой толщи в целом определяются иерархически связанными уровнями неоднородности.

Микронеоднородность обусловлена дефектами структуры кристаллической решетки минералов, минеральным и фазовым составом, структурно-текстурными особенностями, неоднородностью гранулометрического состава. Дефекты структуры вызваны присутствием ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ , молекулярных комплексов и/или конденсированных углеродных кластеров органического вещества и радиационных центров типа  $E'$ , отвечающих тонкодисперсному кварцу. Сравнительно небольшое содержание ферромагнитных минералов в исходных порошковых образцах свидетельствует о том, что изменение пород происходило на месте их современного залегания без длительной транспортировки с места аккумуляции [1]. При анализе рентгенодифрактограмм четко разделяются грунты четвертичного и пермского возраста по содержанию фермических минералов (амфиболы, пироксены). В собственно пермских породах фермические минералы не сохранились, следовательно, их присутствие фиксирует непосредственное влияние процессов, проходивших в четвертичный период. Помимо этого на проявление процессов гипергенеза указывает отсутствие или слабая выраженность на дифрактограммах исходных слюдястых минералов (мусковит, хлорит, флогопит), которые при гидролизе алюмосиликатов в процессе выветривания проходят ряд преобразований и в настоящее время представлены минералами ряда вермикулита и монтмориллонита. В качестве неперменной составляющей

микрокомпонентного состава глинистой фракции выступает тонкодисперсный кварц размерности 0,004-0,0001 мм фиксируемый на всех дифрактограммах. Единичными являются проявления кальцита. Подобный комплекс минералов свидетельствует о высокой адсорбционной способности и гидрофильности грунтов.

Структура глинистых грунтов алевропелитовая, псамопелитовая, песчаных грунтов алевропсаммитовая мелко- и тонкозернистая [2]. Текстура грунтов неоднородная, пятнистая, полосчатая, плитчатая, с характерными участками мобилизации  $Fe^{3+}$  в виде гидрогетита и гетита, примазками и журавчиками извести, включением гнезд алевролита, песчаника, прослоями глины и песка, дресвы и мелкого щебня от 5 до 35 %; отмечаются дендриты марганца. Грунты пестроцветные от темно-серого с переходом к коричневому, красно-бурому, до сиренево-желтого. По гранулометрическому составу грунты неоднородны как в пределах одного инженерно-геологического элемента, так и в грунтовой толще в целом.

Мезонеоднородность грунтовой толщи проявлена в выделении ряда инженерно-геологических элементов с резко отличными физико-механическими характеристиками. Применяв модуль кластерного анализа из программного пакета Statistica 6, были установлены два основных кластера. Первый кластер включает глины верхнепермского возраста, второй – грунты четвертичного возраста и верхнепермские песчаники, что связано с его очень низкой прочностью и выветрелостью до состояния песка. Для установления геологического процесса, который бы определял подобное разделение на кластеры, был использован факторный анализ в модификации метода главных компонент. Его результаты показали, что влияние процессов гипергенеза затухает с глубиной, таким образом, что зона захвата составляет 20 – 22,5 м. Глубже геологические условия определяются условиями диагенеза исходной породы. Гидрогеологические условия грунтовой толщи определяются распространением слабодоносного горизонта верхнепермских песчаников и относительно водоупорно комплекса верхнепермских глин. Комплекс слабодоносных грунтов четвертичного комплекса характеризуется развитием вод порового типа. По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые с нейтральной щелочной средой. С целью установления влияния грунтов на состав подземных вод были сделаны водные вытяжки. Сравнение результатов водных вытяжек с анализами химического состава подземных вод позволяет отметить их сходство. Отличия заключаются в некотором расхождении в содержании отдельных катионов и анионов, при ведущем положении  $Ca^{2+}$  и  $HCO_3^-$ . Для гидрогеохимической интерпретации результатов химического анализа была построена матрица парных корреляций и анализ факторов. В результате был получен вывод о том, что на формирование состава подземных вод помимо состава грунтов и состава атмосферных осадков, влияет техногенная составляющая, а именно расположение вблизи от проектируемых сооружений очистных сооружений ТЭЦ и нефтеперерабатывающего завода. Вклад техногенной составляющей определяется наличием нитратов и нитритов совместно с аммонием. Вклад природной составляющей отражается в увеличении магнезиальности с глубиной и снижением кислотно-щелочного потенциала. Присутствие  $SiO_2$  в количестве 1 – 4,5 мг/дм<sup>3</sup> в водных вытяжках является косвенным показателем элювиального генезиса грунтов, т.к. его источником в подземных водах является аморфные продукты выветривания горных пород, обязующиеся в процессе гидролиза алюмосиликатов.

Неоднородность элювиальных грунтов в региональном отношении определяется палеогеографическими условиями и вещественным составом исходных пород. На территории Татарстана основными породами, подверженными процессам гипергенеза являются породы верхнепермского возраста. С запада на восток прослеживается латеральное изменение состава пород от карбонатного, карбонатно-терригенного до преимущественно терригенного. Таким образом, развитие элювия в западной части обусловлено разрушением карбонатов до состояния карбонатно-глинистой муки, а в восточной – преобразованием глинистых минералов [4].

Анализ палеогеографических условий в районе г. Нижнекамска позволяет сделать вывод, что элювиальные грунты начали формироваться на границе эоплейстоцена и неоплейстоцена в условиях перигляциального климата в связи с развитием долины р. Камы [3]. Формирование коры выветривания продолжаются на протяжении всего четвертичного периода. Оно проявляется в изменении минерального состава слюдяных минералов, появлении фемических минералов, разуплотнении грунтов вверх по разрезу и как следствие - в снижении прочности.

После возведения проектируемых сооружений инженерно-геологические условия необратимо изменятся по следующим характеристикам: повышение температурно-влажностного режима грунтовой толщи, изменение химического состава грунтовых вод в сторону обогащения углеводородами и нитратами, нарушение естественного электромагнитного поля, появление блуждающих токов, увеличение напряженного состояния грунтовой толщи. Все это может лишь усилить процесс выветривания и сократить срок эксплуатации сооружений и затраты на их ремонт.

Из рекомендуемых мероприятий мы предлагаем следующие:

- провести ряд дополнительных исследований по изучению реологических свойств грунтов;
- регулирование поверхностного стока и организация дренажа территории;
- необходимость организации "точечного" мониторинга на промышленных объектах;
- не допускать утечек из водонесущих коммуникаций и других технологических сооружений;
- при возведении подземных сооружений не допускать чрезмерного осушения грунтов, т.к. при последующем увлажнении возможно возникновение избыточных напряжений от набухания;
- рекомендуемый тип фундамента – свайный, применение монолитной плиты с проходкой котлованным способом может привести к разгрузке напряженного состояния грунтовой толщи;
- в качестве способа возведения подземных резервуаров применять метод опускного колодца.

#### Литература

1. Крутиков В. Ф. Использование электронного парамагнитного резонанса при изучении нерудных полезных ископаемых. // Разведка и охрана недр. – М., 2000. – № 9. – С. 5 – 29.

2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология – Л.: Недра, 1984. – 511с.
3. Рябков Н.В. Геоморфология и четвертичные отложения долин рр. Нижней Камы и Белой. // Мат. Всес. совещ. по изучению четверт. периода. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – Т. II – С. 211 – 216.
4. Сунгатуллин Р.Х. Интегральная геология. – Казань: ООО «Образцовая типография», 2006. – 142 с.

## ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ БАЗЫ ДАННЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ ГОРОДА ТОМСКА

В.Д. Покровский

В.Д. Покровский

Научный руководитель доцент К.И. Кузеванов

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Среди разнообразной застройки старинного студенческого, культурного и промышленного центра Западной Сибири, г. Томска, многие строения являются архитектурными памятниками каменного и деревянного зодчества [1]. Сохранение этого культурного наследия является одной из важнейших задач градостроительной политики. В то же время, для Томска, как и многих других городов мира, характерны опасные геологические процессы, одним из которых является техногенное подтопление, создающее угрозу для зданий и сооружений, в том числе и для архитектурных памятников. Техногенное подтопление — подъем уровня подземных вод, вызванный влиянием жизнедеятельности города: потерями воды из водопроводных и канализационных сетей, подпором подземных вод при строительстве зданий на свайных фундаментах и другими причинами. Подтопление формируется под действием природных и техногенных факторов, среди которых наибольшее значение имеют геологическое строение территории, интенсивность дополнительного, по сравнению с природными условиями, питания подземных вод и ухудшение условий их стока и испарения.

Целью данной работы являлась оценка возможности техногенного подтопления исторических и архитектурных памятников г.Томска. Для достижения поставленной цели необходимо создание базы данных, включающей информацию не только об архитектурных памятниках, но и о факторах формирования процессов подтопления. Эта задача может быть решена актуализацией материалов проведенных ранее работ с помощью средств современных геоинформационных технологий.

Процессы подтопления на территории г.Томска изучались специалистами-гидрогеологами, и наша работа основывается на литературных источниках и материалах производственных отчетов, посвященных этому вопросу [2-3]. В процессе работы мы проводили экскурсионное обследование некоторых участков подтопления и ряда памятников архитектуры, которым подтопление угрожает [4].

В нашем распоряжении находились материалы проведенных ранее исследований, а именно построенные на бумажной основе карты, содержащие сведения о распространении и границах водоносных горизонтов, уровнях подземных вод, типах геологических разрезов, величинах водопотребления. Используя возможности геоинформационных систем MapInfo и ArcView, мы преобразовали твердые копии в отдельные покрытия электронной карты [5].

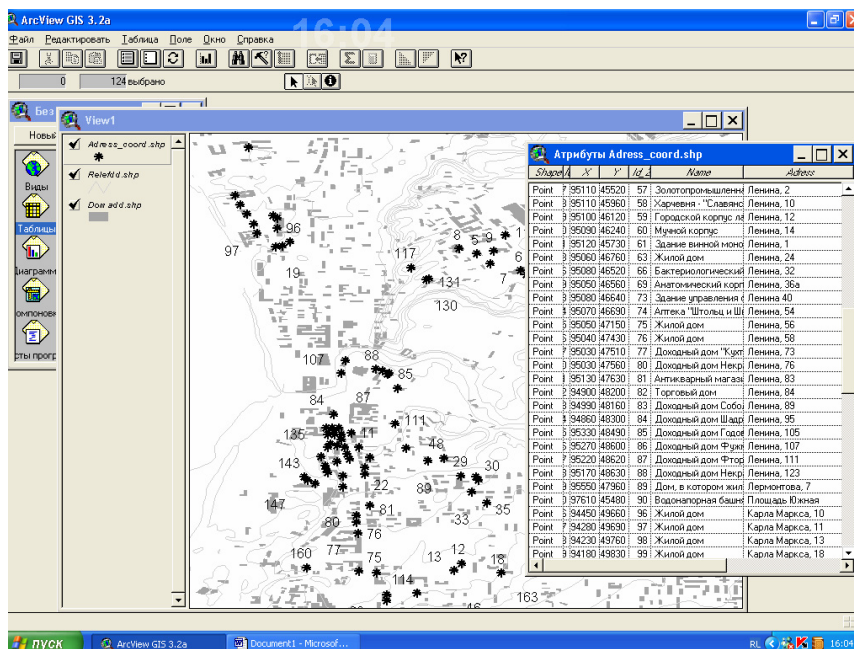
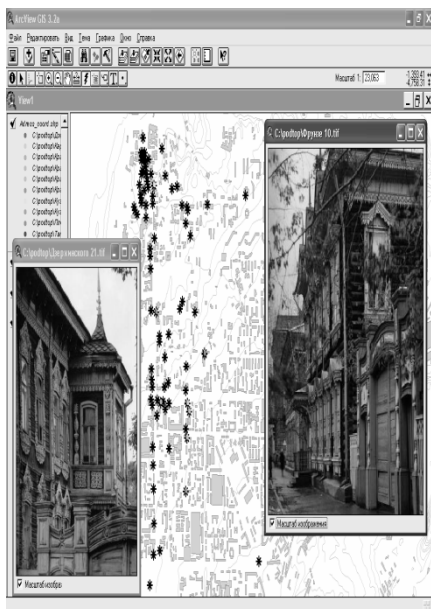


Рис. 1. Окно информационно-поисковой системы (ArcView) в режиме просмотра базы данных памятников архитектуры

В качестве топографической основы использованы покрытия электронной карты города: изолинии абсолютных отметок рельефа и кварталы застройки с адресной привязкой. Твердые копии фрагментов



оригинальных карт были отсканированы и сохранены в формате растрового изображения. Размеры фрагментов исходных карт оказались больше размера планшета сканера, что потребовало сканирования оригинала по частям с последующей «сшивкой» растрового изображения. Для работы с растром использовались возможности программного комплекса CorelDraw. Точное позиционирование отдельных частей растра выполнялось с использованием инструмента интерактивной прозрачности. Совмещенное изображение фиксировалось путем «группировки» для предотвращения случайного разрушения единого образа. На завершающем этапе обработки растр сохранялся в файле формата \*.bmp.



*Рис. 2. Окно информационно-поисковой системы (ArcView) в режиме просмотра внешнего вида памятников архитектуры с использованием функции «горячей связи» на электронной карте*

Полученный растр использовался в геоинформационной системе MapInfo в качестве подложки для прорисовки элементов карты. Геолого-гидрогеологическая информация представлена семейством линий (изолинии уровней грунтовых вод, верховодки, глубин залегания подземных вод) и замкнутых полигонов (контуры территорий развития верховодки и различных типов фильтрационных разрезов, участки с различной интенсивностью водопотребления).

Для определения координат архитектурных памятников при изучении влияния на них процессов техногенного подтопления, развивающихся на территории г. Томска, мы использовали GPS-приемники. В нашем распоряжении было 2 модели GPS приёмников: GPS 12 и Garmin Legend. Первый из них относится к разряду доступных и наиболее дешевых приемников, удобен при работе в сложных погодных условиях, т.к. обладает водонепроницаемым и ударопрочным корпусом, но возможности его невелики. Низкая, хотя и достаточная для наших целей, точность. У приемника Garmin Legend набор возможностей гораздо шире: более высокая точность, возможность вставлять и сохранять в памяти необходимые карты, маршруты и полученную информацию. Эта информация была использована при организации электронной базы данных (рис. 1) для информационно-поисковой системы, позволяющей оперативно получать информацию о гидрогеологических условиях любой произвольно выбранной точки городской территории, в том числе и участков расположения памятников архитектуры, и выявлять первоочередные объекты для выполнения реставрационных работ.

Архитектурные памятники были вынесены на электронную основу как точечные объекты, а в атрибутивную таблицу внесена информация о памятниках и ссылки на файлы изображений, которые могут быть визуализированы с помощью функции «горячей связи» (рис. 2). Использовались, как собственные фотографии памятников архитектуры, так и файлы фотохудожников, размещенные на томских сайтах [6-7].

Созданная основа информационно-поисковой системы, позволит оперативно получить полную информацию о гидрогеологических условиях любой произвольно выбранной точки городской территории, в том числе и участков расположения памятников архитектуры, соответственно, и, учитывая ограниченность финансовых средств, обозначать приоритеты последовательности выбора объектов для выполнения реставрационных работ.

Результаты исследований могут быть переданы в Томский государственный архитектурно-строительный университет специалистам по реставрации памятников архитектуры и могут быть использованы при принятии управленческих решений.

С использованием результатов этих исследований выявлен ряд первоочередных объектов, расположенных на территориях существующего либо потенциально возможного техногенного подтопления (районы Белого озера, Московского тракта, Богоявленский собор, отдельные здания ТГУ и др.).

#### Литература

1. Сводный список памятников истории и культуры г. Томска и Томской области. – Томск, 1981. –120 с.

2. Покровский Д.С., Кузеванов К.И. Гидрогеологические проблемы строительного освоения территории г. Томска // Обской вестник. — Новосибирск, 1999. — № 1 — 2. — С. 96 — 101.
3. Кузеванов К.И. Гидрогеологическая основа экологических исследований города Томска. // Обской вестник. — Новосибирск, 1999. — № 1 — 2. — С. 53 — 58.
4. Покровский В.Д. Процессы подтопления на территории города Томска.//Материалы городской научно-практической конференции-школьников по экологии и географии в рамках проекта «Юные дарования — Томску», посвященного 400-летию г. Томска. — Томск, 2004. — С. 129 — 130.
5. Покровский В.Д. Геоинформационные системы – технологии настоящего и будущего // Материалы седьмой региональной конференции – конкурса исследовательских работ старшеклассников. – Томск: Издательство «Дельтаплан», 2006. – С. 193.
6. <http://memorials.lib.tomsk.ru>
7. <http://www.tomsk.ru/foto>

## ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ БАЛАПАН СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

А.К. Сарлыбаева

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В административном отношении территория площадки Балапан входит в состав города Семипалатинска Восточно-Казахстанской области с областным центром в г. Усть-Каменогорск. На севере участка расположен поселок Балапан, в 10-15 км к западу проходит железная дорога из г. Курчатова. Площадка Балапан расположена в восточной части СИП и занимает площадь около 780 км<sup>2</sup>.

В северной и восточной части территории преобладает слабо всхолмленная равнина с превышениями 12 – 20 м. К юго-западу отмечается переход к рельефу типа Казахского мелкосопочника, который характеризуется дробным неглубоким расчленением с абсолютными отметками в пределах 200 – 320 м и относительными превышениями 30 – 80 м.

Озера соленые и горько-соленые, пересыхающие, наиболее крупные из них Каражирексор, Кишкенексор и Каяксу, образующие характерную глубокую изометричную котловину на фоне ровной поверхности аллювиальной террасы. Гидрографическая сеть развита слабо, на площади отмечается несколько сухих саев, являющихся основными водотоками в весеннее время и в периоды дождей. Все они впадают в местные озера. Река Шаган которая является единственной водной артерией района и имеет лишь на некоторых участках своего течения незначительный по дебиту живой поток.

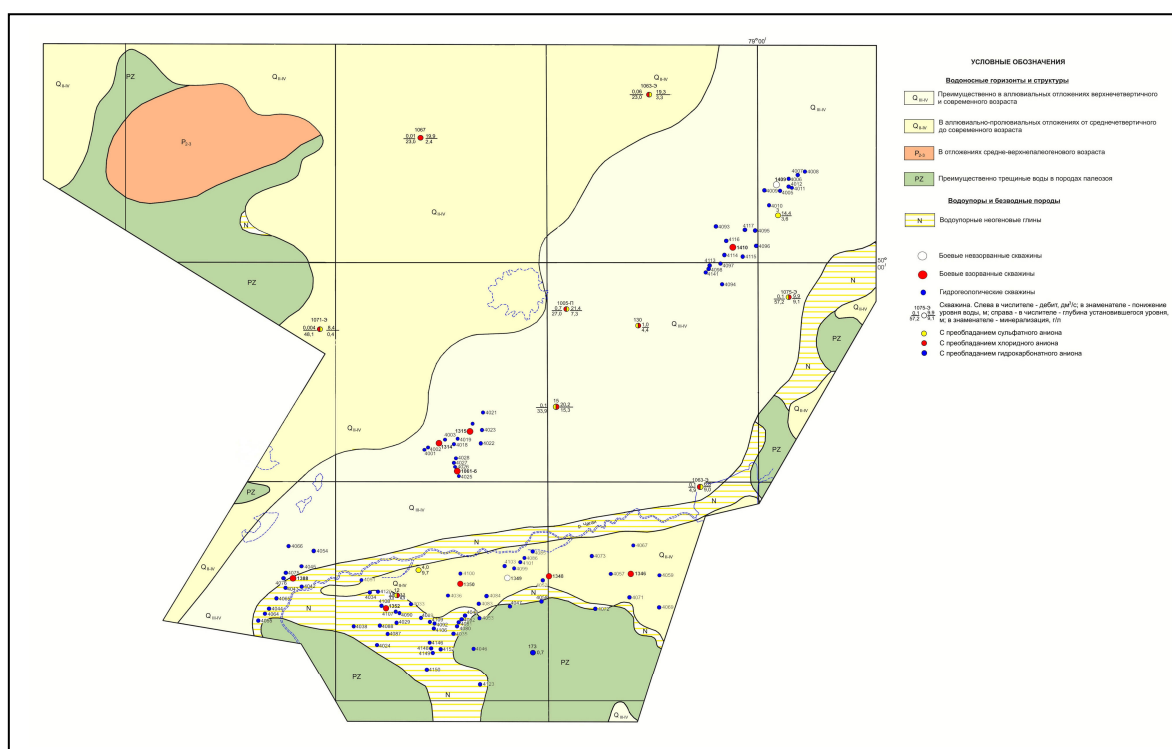


Рис. 1. Гидрогеологическая карта площадки Балапан

Гидроологическая изученность полигона на настоящее время довольно слабая, поэтому некоторые данные приведены по данным водопунктов, расположенных в достаточной близости от площадки Балапан (1).

На описываемой территории выделяются два гидрогеологических комплекса, нередко связанных между собой. К первому комплексу относятся водоносные горизонты, залегающие в локальных гидрогеологических бассейнах. Вмещающие породы представлены, рыхлыми образованиями от неогенового до современного

возраста. Второй комплекс входит в состав региональной гидрогеологической системы. К нему относятся трещинные воды палеозойского фундамента, воды мезозойской коры выветривания и воды палеогеновых отложений. Обычно они образуют единый водоносный горизонт мощностью до 100 – 150 м.

Локальные гидрогеологические бассейны, в которых воды залегают на незначительных глубинах (до 50 м), связаны:

а) с делювиально-пролювиальными отложениями долин и фрагментов предгорных шлейфов среднечетвертичного-современного возраста (Q II-IV);

б) с аллювиально-пролювиальными отложениями позднечетвертичного-современного возраста (Q III-IV) слагающими надпойменные террасы р. Чаган.

*Грунтовые воды делювиально-пролювиальных отложений среднечетвертичного-современного возраста (Q II-IV)*, безнапорные, залегают на глубинах более 1,5 м среди хорошо промытых песков и гравийников, а также среди плохо окатанных щебнистых отложений с суглинистым заполнителем. По составу воды являются сульфатно-хлоридными, реже хлоридными с повышенной жесткостью. Общая минерализация колеблется в широких пределах от 0,4 до 4 г/дм<sup>3</sup>. Высокоминерализованные воды наиболее часто встречаются в замкнутых водосборных бассейнах.

*Грунтовые воды верхнечетвертичных-современных (QIII-IV) аллювиально-пролювиальных отложений*, представленных песками и гравийниками, распространены в левобережье р. Чаган. Воды безнапорные, залегают на глубине 1-5 м, редко глубже. По составу они преимущественно сульфатно-хлоридные, реже хлоридные. Общая минерализация до 9,7 г/дм<sup>3</sup>.

*Верховодка* связана с поровыми и капиллярными водами зоны аэрации и залегает преимущественно в верхних частях разреза рыхлых отложений. Воды, как правило, в значительной степени минерализованы, т.к. растворяют соли, содержащиеся в рыхлых отложениях в период интенсивного испарения. Верховодка залегают на незначительных глубинах (первые метры) и имеет весьма нестабильный характер, находясь в прямой зависимости от количества атмосферных осадков.

Грунтовые воды и верховодка, находясь на небольшой глубине, наиболее подвержены воздействию гидрометеорологических факторов. В засушливое время уровень грунтовых вод значительно понижается, а верховодка может полностью исчезнуть. В дождливый период и во время снеготаяния наблюдается обратная картина. Соответственно повышается или понижается общая минерализация вод. Вблизи горных сооружений дополнительная подпитка водоносных горизонтов локальных бассейнов осуществляется через родники, т.е. непосредственно из регионального бассейна подземных вод.

*Подземные воды*, связанные с региональным бассейном, подразделяются на три типа. Воды мезозойской коры выветривания, воды палеогеновых отложений и собственно трещинные воды. Обычно они взаимосвязаны и образуют единую гидросистему.

*Собственно трещинные воды* сосредоточены в зоне экзогенной трещиноватости и в зависимости от особенностей рельефа залегают на разных глубинах – от 4,0 до 70 м. Подошва горизонта трещинных вод находится на глубинах 150-170 м. Подпитка трещинных вод атмосферными осадками осуществляется на дренируемых участках рельефа. К последним относятся мелкосопочный рельеф и горный рельеф, занимающие значительную часть территории, прилегающей к площадке Балапан.

Трещинные воды подразделяются на воды, залегающие в интрузивных образованиях, в терригенных осадочных породах и в эффузивно-осадочных комплексах.

Воды в эффузивно-осадочных породах майданской свиты среднего кембрия (Є<sub>2</sub>md) имеют сульфатный и сульфатно-хлоридный состав, низкую минерализацию (1,5 г/дм<sup>3</sup>), и залегают на небольших глубинах.

Трещинные воды в эффузивно-осадочных образованиях коконьской свиты – (C<sub>1</sub>t<sub>2</sub>-v<sub>1</sub>kk) преимущественно сульфатно-хлоридные при значительной минерализации, до 15,3 г/дм<sup>3</sup>. В порядке исключения в скв. 1071-Э общая минерализация составляет 0,4 г/дм<sup>3</sup>.

Трещинные воды средне-верхневизейских отложений аркалыкской свиты (C<sub>1</sub>v<sub>2-3</sub> ar), имеют сульфатно-хлоридный состав. Минерализация превышает 4 г/дм<sup>3</sup>.

Трещинные воды, связанные с туфогенно-осадочной толщей кокпектинской свиты (C<sub>1</sub>s kp), залегают на незначительных глубинах. Воды жесткие, имеют сульфатно-хлоридный, реже хлоридный состав.

Трещинные воды осадочных образований буконьской свиты залегают на глубинах от 1,0 м (скв. 130) до 21,4 м (скв. 1005П). Воды сульфатно-хлоридные. Общая минерализация меняется от 2,4 г/дм<sup>3</sup> (скв. 1067) до 9,1 г/дм<sup>3</sup> (скв. 1075-Э).

Трещинные воды в триасовых и юрских угленосных отложениях, залегающих в "Юбилейной" мульде, по составу и минерализации практически не отличаются от вод, описанных выше.

Трещинные воды в гранитоидах, независимо от их возраста, имеют гидрокарбонатный, сульфатно-гидрокарбонатный или сульфатный состав. Общая минерализация низкая, до 0,7 г/дм<sup>3</sup> (родник 173) в горах Койтас.

Водоносные разломы на описываемой территории изучены слабо. С ними, как правило, связаны нисходящие родники в горной местности. Воды слабоминерализованные, сульфатного и гидрокарбонатного состава. Минерализация составляет 0,1-0,2 г/дм<sup>3</sup>.

Только на периферии участка Балапан, где расположены дренируемые формы рельефа, уровень трещинных вод приближается к дневной поверхности. На участках, перекрытых водоупорными неогеновыми глинами, трещинные воды приобретают свойства артезианских. Величина напора прямо пропорциональна мощности глин, которая колеблется от нескольких метров до 70-80 м. При увеличении количества подземных вод в региональном бассейне возможен самоизлив на некоторых скважинах.

Таким образом, бассейн подземных вод на площади Балапан приурочен к зонам экзогенной трещиноватости, мезозойской коре выветривания и горизонту песков палеогенового возраста. Эта водоносная структура содержит основное количество подземных вод и определяет скорость фильтрации, водопроницаемость, дебит, напор воды в локальных артезианских бассейнах и другие гидрогеологические параметры подземных вод.

**ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ РАССОЛОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ ПРИ ДОЛОМИТИЗАЦИИ ИЗВЕСТНЯКОВ**

**Н.С. Трифонов**

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В ближайшее время в регионе планируется широкий разворот новой нефтегазодобывающей базы России, тем более в связи со строительством нефтепровода "Восточная Сибирь - Тихий океан" (ВСТО). Заполняемость ВСТО планируется обеспечить за счет действующих месторождений Западной Сибири (24 миллиона тонн) и перспективных месторождений Восточной Сибири, эксплуатация которых должна начаться к 2008 году (56 миллионов тонн). Непско-Ботуобинская антеклиз (НБА) наиболее перспективна в этом отношении.

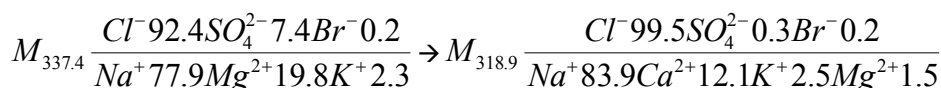
НБА представляет собой надпорядковую структуру Сибирской платформы (СП) и располагается в так называемом «главном поясе нефтегазоносности», продуктивность которого связана с отложениями венда и кембрия и является одной из наиболее перспективных территорий [2].

Удалённость от промышленных центров, труднодоступность, сложные физико-географические и геологические условия обусловили относительно слабую как геологическую, так и гидрогеологическую изученность СП. Вместе с тем здесь выявлены значительные запасы самых разнообразных полезных ископаемых: нефти, газа, солей, угля, графита, исландского шпата, железа, стронция, цветных металлов, подземных вод и других. Особое место среди них занимают подземные рассолы, имеющие самостоятельную промышленную ценность, ввиду высоких концентраций многих макро- и микрокомпонентов.

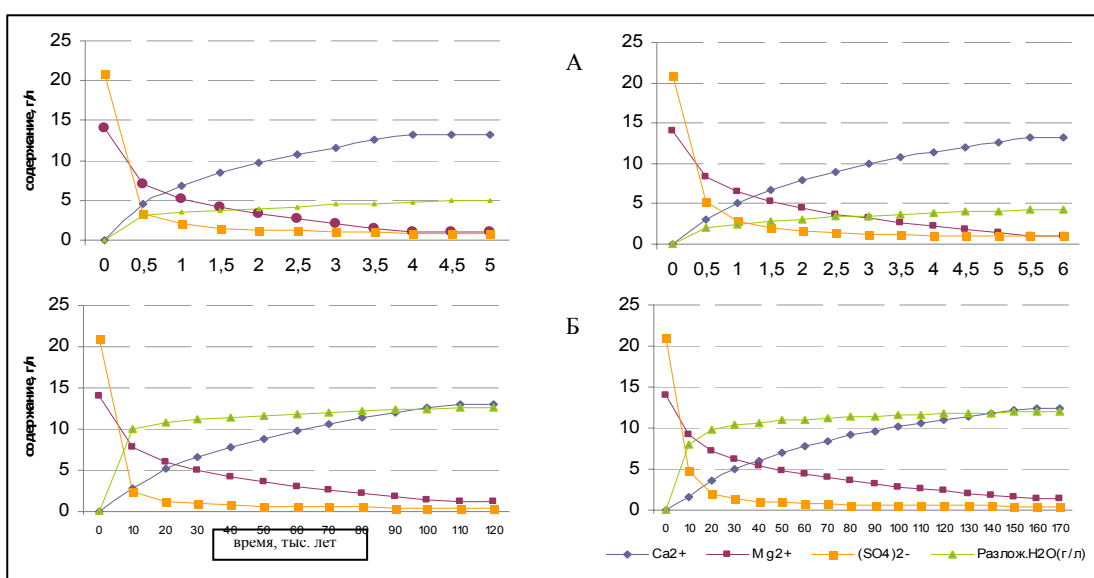
Геология и геохимия подземных рассолов СП всё ещё содержат много нерешённых или не до конца решённых проблем и вопросов, в число которых входят, в частности, закономерности их распространения, гидродинамика, особенности химического состава, вопросы генезиса и формирования, состава, взаимосвязей с вмещающими их горными породами, полезными ископаемыми и др. К фундаментальным теоретическим вопросам современной гидрогеохимии может быть отнесена проблема изменения химического состава высокоминерализованных подземных рассолов рассматриваемого региона, в том числе при доломитизации известняков.

Целью работы является изучение геохимии и изменения состава подземных рассолов на основе анализа гидрогеологических закономерностей рассолоносных отложений с использованием новых методов обработки информации и физико-химического моделирования.

Разработанная (на основе отдельных модулей программного комплекса HydroGeo, автор - доктор геолого-минералогических наук М.Б.Букаты) методика физико-химического моделирования позволяет впервые выполнить численное моделирование одного из основных процессов формирования химического состава рассолов, а именно: преобразование состава седиментогенных рассолов при доломитизации известняков.



**Рис. 1.** Изменение химического состава раствора. Слева – формула хим. состава на начальном этапе доломитизации, справа – на конечном (при  $t\ 80^{\circ}C$  и  $P\ 30\ МПа$ )



**Рис. 2.** Изменение состава раствора при доломитизации известняка морской водой стадии садки галита для температур  $80^{\circ}C$  – А и  $22^{\circ}C$  – Б, при 20 МПа (слева) и 30 МПа (справа)

Установлено, что основой для формирования большей части галогенных формаций Земли и сопровождающих их седиментационных хлоридных рассолов в седиментационных бассейнах является морская вода. Исходя из положения о том, что химический состав морской воды древних солеродных бассейнов был тождествен её современному составу, т.е. состав воды Мирового океана был неизменен в геологическом времени [1], при моделировании использовались данные состава воды Японского моря. Моделирование доломитизации известняков осуществлялось с условной породой, первоначально состоящей только из кальцита, при начальной пористости 20 %, и заключалось в последовательном приближении раствора к равновесию с породой с выводом результатов через определённые промежутки времени.

Анализ полученных результатов даёт возможность сделать ряд выводов, важных для понимания механизмов доломитизации и их роли в формировании состава рассолов.

Во-первых, полученные результаты свидетельствуют о повсеместном участии данного процесса в формировании химического состава подземных рассолов седиментационного происхождения, что, в общем-то, является довольно известным фактом. Но теперь появляется возможность говорить о его полноценном термодинамическом обосновании.

Во-вторых, эти данные доказывают, что для таких рассолов процесс доломитизации может являться достаточным для преобразования их макрокомпонентного состава к современному виду. Так, для известняков именно этот процесс, масштабы которого зависят от температуры, почти всегда контролирует соотношение кальция, магния и сульфат-иона в любых подземных рассолах, вне зависимости от их состава и происхождения (рис. 1, 2).

Полученные результаты свидетельствуют и о некоторых других особенностях процесса доломитизации.

Например, они опровергают устоявшееся представление, которое даётся в литературе, о повышении при доломитизации общей минерализации раствора за счёт замены в его составе сравнительно лёгкого магния более тяжёлым кальцием. В действительности при доломитизации происходит не повышение, а, как правило, снижение минерализации (рис. 1).

Вызывают интерес и масштабы вторичного преобразования горных пород при протекании процесса доломитизации. Несмотря на то, что они достигают больших величин (рис. 3), можно утверждать, что даже в случае наиболее концентрированных исходных вод при наибольших значениях температур, максимальное количество переработанных в доломит кальцитов не может превысить 1% объёма породы. Таким образом, точка зрения о вторичном происхождении сколько-нибудь значимой части пластовых доломитов – ошибочна.

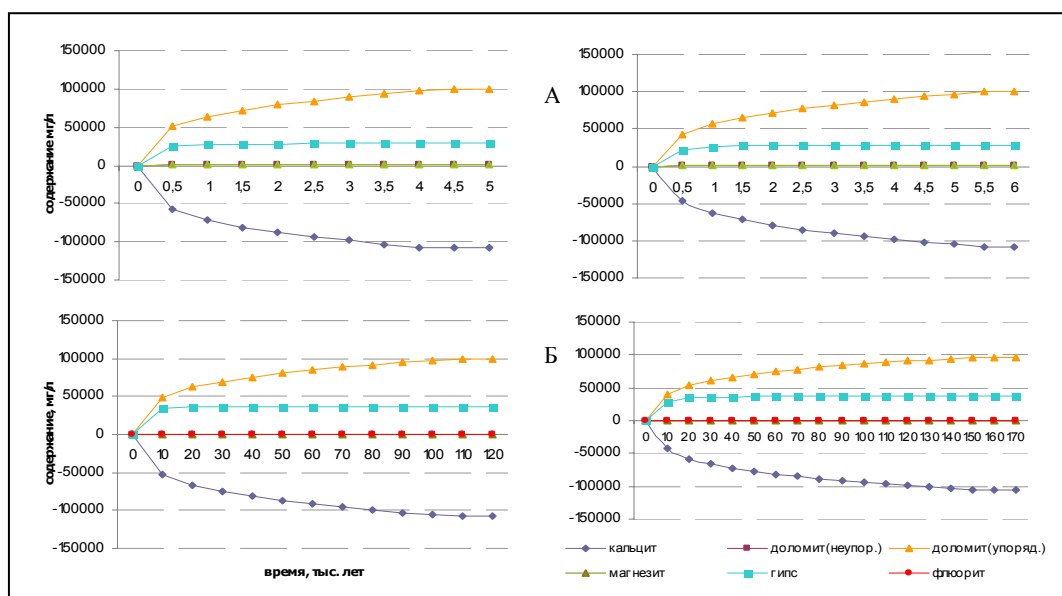


Рис. 3. Изменения состава породы при доломитизации известняка морской водой стадии садки галита для температур 80 °С – А и 22 °С – Б, при 20 МПа (слева) и 30 МПа (справа)

В отношении фильтрационно-ёмкостных свойств пород, образование вторичных сульфатов, которых при тех же условиях может образоваться до 0,2% от массы породы, снижает её общую пористость, что в конечном итоге, в большинстве случаев, должно обуславливать снижение фильтрационно-ёмкостных свойств пород. Результаты моделирования данного процесса, в этом случае, хорошо объясняют причины и возможные масштабы наблюдаемой реально вторичной сульфатизации карбонатных пород и связанного с ней изменения их коллекторских свойств.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Минпромнауки РФ (гранты 06-05-64166, НШ-9542.2006.5).

#### Литература

1. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / Под ред. С.Р. Крайнова, Б.Н. Рыженко, В.М. Швеца. – М.: Наука, 2004. – 677 с.



2. А.С. Анциферов, В.Е. Бакин, В.Н. Воробьев и др. Непско-Ботубинская антеклиза – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР. – Новосибирск: Наука, 1986. – 248 с.

## ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ВЛАДИМИРСКОГО СВОДА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.Р. Хафизова

Научный руководитель доцент А.Д. Назаров

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Нефтегазовый комплекс является ведущей отраслью промышленности Томской области, обеспечивая экономику важнейшими энергетическими ресурсами и являясь главным донором валютных поступлений. Поэтому дальнейшее развитие требует наращивания ресурсной базы углеводородного сырья.

Целью изучения является оценка перспектив нефтегазоносности территории Владимирского свода.

Объект изучения – водоносные комплексы и химический состав подземных вод осадочного чехла. Предмет исследований – закономерности изменчивости базовых значений гидрогеохимических показателей. Методика исследований заключается в обработке и систематизации фактического материала, а также прогнозе нефтегазоносности района.

Гидрогеохимическая характеристика состава подземных вод подразумевает разделение вод на типы по минерализации ( $M_{\text{общ}}$ ), ионно-солевому составу, газовому фактору (Гф), микрокомпонентному составу, содержанию гомологов метана и др. (рис.).

Изменение состава вод по минерализации, ионно-солевому комплексу, содержанию газа идет от пресных гидрокарбонатно-кальциевых, азотных до рассольных хлоридно-натриевых, метановых вод. Также выделяются зоны повышенного содержания йода (J), брома (Br), тяжелых углеводородов (ТУ), газового фактора.

За счет отсутствия верхнемелового ( $J_3$ ) водоупора наблюдается большая мощность вод пониженной минерализации. С глубиной можно отметить резкий рост минерализации, указывающий на наличие в  $J_{1-2}$  водоупора, что очень важно для нахождения нефтегазоносных отложений. Аномальные участки в  $J_{1-2}$  ТУ и Гф также указывают на обнаружение углеводородов, т.е. зоны нефтегазоносности.

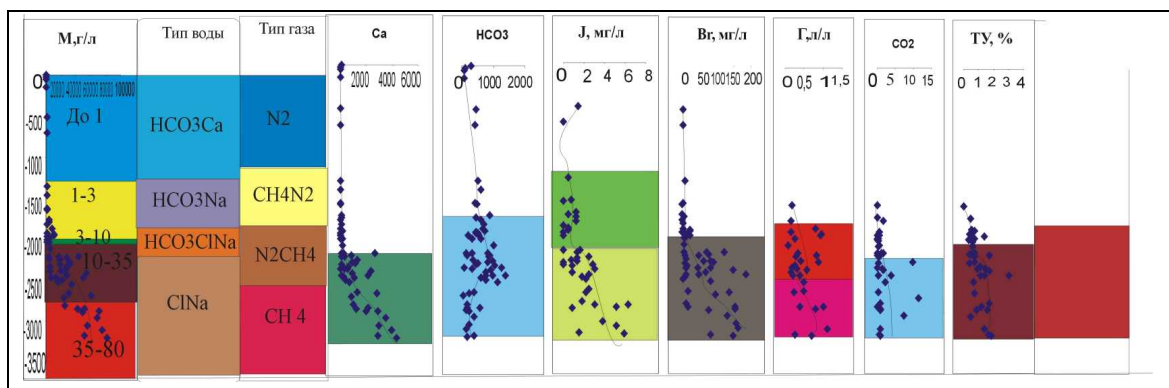


Рис. Гидрогеохимический разрез по Владимирскому своду (Томская область)

Анализируя сводный гидрогеохимический разрез можно выделить следующие зоны: (рис.).

Зона пресных вод – это зона интенсивного водообмена. Воды в основном гидрокарбонатные кальциевые и содержание азота (N<sub>2</sub>) достигает до 81,7 (на глубине 1638 м по данным Максимоярской скважины). Эти воды относятся к олигоцен-четвертичному комплексу.

Зона солоноватых вод, где идет увеличение минерализации до 3 г/л. Воды становятся гидрокарбонатными натриевыми, преимущественно азотными с заметным содержанием метана (вплоть до метаново-азотных). Мощность составляет около 500м. Воды приурочены к верхнемеловым отложениям.

Зона соленых вод. Минерализация достигает 10 г/л, воды становятся преимущественно гидрокарбонатными хлоридно-натриевыми, насыщены метаном и уже значительно меньше азота. Наблюдается резкое увеличение газового фактора (до 1 л/л), брома, йода (1-1,2 мг/л) и т.д. Содержание метана достигает 80-90 %, ТУ (до 1,2 %).

Характеристика данной зоны (резкий скачок содержания йода (до 1,8 мг/л), брома (до 75 мг/л)) свидетельствует о наличии морских и прибрежно-морских фаций. Наблюдается затрудненный водообмен, засоление, а следовательно улучшается способность генерации нефти (по ТУ, %) и газа (по газовому фактору Гф, л/л).

Зона крепко соленых вод характеризуется уже хлоридным натриевым составом, но при этом является еще только переходной зоной. По газовому составу воды преимущественно метановые, а минерализация достигает 35 г/л, что еще больше затрудняет водообмен. Стабильно идет тенденция увеличения содержания компонентов: Br (до 150 мг/л), J (до 4 мг/л), ТУ (до 2 %), Гф (до 1 л/л). В основном данные воды по общей характеристике аналогичны зоне соленых вод. Подошва находится приблизительно на глубине 2700 м.

Зона рассолов. Зона охватывает палеозой и нижнюю юру. По ионно-солевому составу это чисто хлоридные натриевые, по газовому составу метановые. Минерализация достигает 80 г/л, при этом увеличивается содержание компонентов, но уменьшается содержание  $\text{CO}_2$  (от 9 до 1-2), метан достигает 90 %. Все факторы свидетельствуют о наличии обстановки генерации нефти и газа. Не исключается наличие зон дробления, разломов, по которым могут поступать аквабитумоиды из палеозоя (PZ).

Помимо изменения состава и минерализации вод с глубиной прослеживается и площадная гидрогеохимическая зональность (меловой и юрский комплекс).

Очень хорошо наблюдается относительно прямолинейная взаимосвязь минерализации с хлором, натрием и бромом (коэффициент корреляции равен 0,99 – 0,97). Данная зависимость является ярким показателем затрудненности водообмена (повышение минерализации идет за счет увеличения содержания хлора и натрия), появления в толще рассольных вод и, как следствие этого, наличие благоприятных условий для захоронения углеводородных залежей.

Также можно отметить взаимосвязь иона кальция (Ca) и гидрокарбонат-иона ( $\text{HCO}_3$ ) с минерализацией, коэффициент корреляции очень маленький (до 0,4), что способствует выпадению кальция из раствора и захоронению органики. Данный факт только увеличивает перспективы нефтегенерации. Таким образом, процессы генерации нефти и газа выделяются на общем фоне в виде аномальных зон не только в PZ, но и в  $J_{1-2}$ . Следовательно, по гидрогеохимическим показателям перспективны на нефть и газ не только палеозойские отложения, но и юрские, куда мигрировали из PZ рассолы вместе с углеводородами.

## УСЛОВИЯ ПИТАНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА ДОЛИНЫ РЕКИ ТУАПСЕ

А.С. Чепрасова<sup>1</sup>

Научный руководитель доцент К.И. Кузеванов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО НК Роснефть-Туапсенефтепродукт, г. Туапсе, Россия

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Интерес к изучению гидрогеологических условий нижнего течения р. Туапсе вызван напряженной техногенной нагрузкой в обстановке сложного геологического строения без исследования особенностей которого затрудняется надежный прогноз возможных изменений природной обстановки под воздействием антропогенного воздействия. Высокая степень техногенной нагрузки сосредоточена на территории г. Туапсе - города краевого подчинения, центра Туапсинского района Краснодарского края. Это крупный промышленный центр, важный транспортный узел автомобильных и железнодорожных дорог, морской порт и курортная зона.

В геологическом строении района принимают участие отложения мелового, палеогенового и четвертичного возрастов. Коренные отложения мелового и палеогенового возраста слагают борта долины реки Туапсе. По генетическим признакам среди четвертичных образований имеют распространение голоценовые аллювиальные, пролювиальные и делювиальные отложения. Аллювиальные осадки долины р. Туапсе представлены пойменными и надпойменными образованиями.

*Отложения низкой пойменной террасы и современные русловые осадки* прослеживаются по естественным обнажениям и представлены галечниками с валунами и гравийно-песчаным, слабо-суглинистым заполнителем. В приустьевой части долины р. Туапсе в основном преобладают мелкие и средние валуны средней и реже хорошей окатанности. Мощность отложений русла и низкой поймы не превышает 2 – 3 м. Подстилаются они осадками высокой поймы, реже - отложениями надпойменной террасы и мезозойскими породами.

*Отложения высокой пойменной террасы* слагают с поверхности большую часть дна долины р. Туапсе, прослеживаются вдоль её обоих бортов шириной от нескольких десятков метров до 200 – 300 м. Высота поверхности высокой поймы над меженным уровнем воды в реке в приустьевой части долины составляет 2,5 – 3,5 м. Сложена высокая пойма гравийно - галечниками средней и хорошей окатанности с небольшим количеством мелких и средних валунов, обычно со слабосуглинистым и суглинистым заполнителем. Подстилаются отложения высокой поймы аналогичными по составу осадками верхнего комплекса надпойменной террасы. Максимальная мощность галечников высокой поймы установлена в 5 км выше устья реки и достигает 12 – 14 м.

Большая часть площади высокой поймы застроена.

*Отложения I надпойменной террасы* играют основную роль в строении переуглублённой долины, залегая под осадками высокой поймы, и вскрыты практически всеми скважинами, пробуренными в долине.

Отложения представлены гравийно-галечниками хорошей и средней окатанности с редкими включениями валунов с песчано-глинистым заполнителем. В устьевой части долины р. Туапсе в разрезе гравийно-галечников прослежены два прослоя лиманно-озерных глин мощностью 4 – 16 м.

Суммарная мощность отложений I надпойменной террасы составляет 30 – 35 м.

*Основной водоносный горизонт* приурочен к валунно-галечниковым отложениям с песчано-гравийным заполнителем, слагающим пойму и первую надпойменную террасу переуглубления долины р. Туапсе.

Водоносный горизонт аллювиальных отложений имеет характер грунтового потока, направленного к устью долины. На большей части площади водоносный горизонт характеризуется непосредственной гидравлической связью с рекой, а валунно-галечниковый аллювий представляет собой единую обводненную толщу.

Ширина полосы водоносного аллювия значительно изменяется по долине. На 3-х километровом приустьевом участке долины она достигает наибольших значений – 700 – 900 м.

Глубина залегания зеркала грунтовых вод в естественных условиях на участках пойменных террас не превышает 1,5-3,0 м, а на I надпойменной террасе достигает 4 – 5 м. Максимальная мощность горизонта (до 40 м)

прослеживается на устьевом участке долины, а на площади в 5 км выше она составляет 34 – 37 м, снижаясь у бортов долины до 16,5 м. Выше по долине мощность водоносного горизонта постепенно уменьшается до 10,8-14,6 м у пос. Цыпка.

По водообильности аллювиальных отложений в долине р. Туапсе можно выделить два участка. Первый – протяженностью 10 км, расположен от устья реки до пос. Красное, а второй участок охватывает остальную часть долины.

В низовьях долины до пос. Холодный родник дебиты эксплуатационных скважин водозаборов различных предприятий составляют 29 – 55 л/с при понижениях 1,5 – 2,5 м.

Дебиты эксплуатационных скважин Мессажайского водозабора при опытных откачках в большинстве случаев составляли 22 – 33,3 л/с при понижениях уровня 0,36 – 1,35 м.

Выше по долине от пос. Красное водообильность аллювиальных отложений существенно уменьшается. Дебиты скважин составляют 4,1 – 16,5 л/с при понижениях уровня 0,36 – 1,35 м.

Питание аллювиального водоносного горизонта происходит главным образом за счет инфильтрации поверхностных вод и, в меньшей степени, за счет инфильтрации атмосферных осадков (это не относится к нижнему приустьевому участку реки, где питание водоносного горизонта происходит в основном за счет инфильтрационного питания и утечек).

Утечки формируются на застроенных площадях городской территории и приобретают особенно острый характер на территории хранилища нефтепродуктов. Масштабы утечек нефтепродуктов таковы, что образуют линзы над уровнем поверхности подземных вод и требуют проведения специальных режимных наблюдений за динамикой линз нефтепродуктов с целью предотвращения загрязнения водоносного горизонта и морской акватории.

Для анализа направлений фильтрационных потоков использованы приведенные уровни подземных вод, которые рассчитывались, исходя из положения поверхности и мощности нефтепродуктов в скважине по следующему соотношению:

$$Z_{ап} = Z_{ао} - (1 - \rho) H_0$$

где:  $Z_{ап}$  - приведенный уровень подземных вод;

$Z_{ао}$  - абсолютная отметка поверхности нефтепродукта;

$\rho$  - отношение плотности нефтепродукта и плотности воды;

$H_0$  - мощность нефтепродукта.

В тех скважинах, где нефтепродукт отсутствует, приведенный уровень подземных вод соответствует замеренному в скважине.

Анализ карт приведенных уровней на периоды межени и половодья свидетельствует о различиях в характере потока на периоды высокого и низкого положения уровней подземных вод. Эти различия, прежде всего, проявляются в уменьшении градиента потока в меженный период, что приводит к сокращению потока, разгружающегося в районе железнодорожного моста практически до нуля, и изменению направления основного потока в сторону моря.

В периоды дождей повышение уровней подземных вод приводит к увеличению градиента потока подземных вод и способствует их фильтрации в сторону реки.

Анализ карт уровней подземных вод свидетельствует о существенном вкладе утечек из подземных коммуникаций города в формирование питания подземных вод. Зафиксировано наличие выраженного купола растекания подземных вод в районе железнодорожного вокзала и гостиницы «Туапсе», связанного, по всей вероятности, с утечками из водонесущих коммуникаций на территории города.

Обработка данных режимных наблюдений и количественная оценка их результатов должны быть положены в основу рекомендаций по рациональному размещению объектов городской инфраструктуры, оптимизации режима их эксплуатации и ликвидации последствий негативного техногенного воздействия.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАТАНГСКОЙ СЕДЛОВИНЫ

**В.И. Шестакова**

Научный руководитель профессор М.Б. Букаты

*Томский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики*

*им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Томск, Россия*

Катангская седловина (КС), выделяемая в рельефе кристаллических пород раннепротерозойского фундамента соединяет две крупнейшие положительные нефтегазоносные структуры Сибирской платформы - Байкитскую и Непско-Ботубинскую антеклизы.

Осадочный чехол КС [4] слагают плотные высоколитифицированные слабометаморфизованные карбонатные, терригенные и соленосные породы рифея, венда и нижнего кембрия, мощность которых достигает 2,5 км. Перекрыты они преимущественно терригенными средне-верхнекембрийскими и средне-верхнепалеозойскими, а также вулканогенно-осадочными триасовыми породами общей мощностью около 300-600 м. Мощность палеоген-неоген-четвертичных практически повсеместно распространенных коллювиально-элювиальных и узких лент террасовых, пойменных и русловых аллювиальных отложений в речных долинах обычно не превышает первых метров. Довольно многочисленны разновозрастные разрывные нарушения. Широко распространены дайки и силлы долеритов, образовавшиеся в эпоху пермотриасового траппового магматизма.

В гидрогеологическом отношении изучаемая территория относится к южной части Тунгусского артезианского бассейна, входящего в состав Восточно-Сибирской артезианской области.

В соответствии с гидрогеологической стратификацией [1], осадочный чехол КС подразделяется на надсолевую, соленосную и подсолевую формации. Первая из них включает палеоген-четвертичный, верхнепалеозойско-триасовый, среднепалеозойский, ордовикский и надсолевой водоносные комплексы. Эта формация не представляет интереса с точки зрения нефтегазоносности, поэтому в настоящей работе не рассматривается.

Обобщенная схема гидрогеологической стратификации нижележащих соленосной и подсолевой гидрогеологических формаций приведена в таблице. Границы перечисленных в них толщ и горизонтов проведены в соответствии с литолого-стратиграфическим принципом. Исключением служит граница между соленосной и надсолевой формациями, проводимая по подошве зоны затрудненного водообмена.

Подсолевая и соленосная формации включают по 4 водоносных комплекса и ряд региональных и субрегиональных рассоловмещающих резервуаров, являющихся одновременно и основными нефтегазоносными резервуарами.

Минерализация рассолов подсолевой формации, в пределах КС, составляет не менее 190-200 г/л. Состав вод преимущественно хлоридный кальциево-натриевый в рифейских отложениях и хлоридный магниевый-кальциево-натриевый и натриево-кальциевый в вендских.

Таблица

Обобщенная стратификация соленосной и подсолевой гидрогеологических формаций

Возраст	Ярус, свита			Региональные и субрегиональные резервуары			Комплекс
	Основные*	Аналоги		Индекс	Основные	Аналоги	
<b>соленосная формация</b>							
Є <sub>1-2</sub>	литвинцевская	таначинская		A <sub>I</sub>	нижнелитвинцевский	таначинский	ангарско-литвинцевский
Є <sub>1</sub>	ангарская	дельтулинская		-	-	дельтулинский, бильчирский	
	булайская			A <sub>II</sub>	булайский	сухотунгусский, биркинский	булайский
	бельская	сурингдаконская		A <sub>III</sub>	верхнебельский	подсолевой	бельский
		бурусская, кондроминская, джелтулинская		A <sub>IV</sub>	нижнебельский	кочумдекский атовский	
				A <sub>V</sub>	христофоровский	нижнетунгусский	
усольская	кочумдекская серия	ясенгская	-	-	балыхтинский	усольский	
		моктаконская	B <sub>I</sub>	моктаконский, осинский	-		
		марская					
<b>подсолевая формация</b>							
V-Є <sub>1</sub>	тэтэрская	даниловский горизонт		B <sub>3-5</sub>	тэтэрский	усть-кутский	карбонатный
V	собинская			B <sub>8</sub>	собинский	-	
	катангская			B <sub>12</sub>	оморинский	преображенский	
	оскобинская	тирская		B <sub>3</sub>	-	верхнетирский, ербогаченский, телгеспитский	терригенно-сульфатно-карбонатный
				B <sub>5</sub>	оскобинский	парфеновский, ботубинский	
ванаварская	непская		B <sub>8-13</sub>	ванаварский	ярактинский, марковский, чонский, безьянный, боханский, талахский	терригенный	
			хоронохская		B <sub>14</sub>		
R <sub>2-3</sub>	P-I	-		-	верхнерифейский	-	рифейский

\*Основные - Байкитская и Катангская области; аналоги - Южно-Тунгусская и др. смежные области Лено-Тунгусской НПП.

Рассолы соленосной формации, как правило, более минерализованные. Значения минерализации здесь достигают 500 г/л. В соответствии с гидродинамическими особенностями данной формации преобладают рассолы хлоридного натриево-кальциевого состава. Рассолы с минерализацией до 330 г/л имеют хлоридный натриевый состав, более минерализованными являются хлоридные натриево-кальциевые и кальциевые, а при минерализации свыше 410 г/л только кальциевые.

Подземные рассолы надсолевой формации Тунгусского бассейна имеют как правило исключительно хлоридный натриевый состав в отложениях литвинцевской и эвенкийской свит. В ангарской свите распространены хлоридные кальциево-натриевые и натриево-кальциевые рассолы с минерализацией 150-200 г/л. В верхнепалеозойско-триасовом комплексе распространены смешанные пресные и слабосоленые воды гидрокарбонатного и хлоридно-гидрокарбонатного кальциевого и натриево-кальциевого состава.

Рассолы КС по химическому составу [3] разграничиваются в зависимости от минерализации не так явно. Кроме того, в сравнении с рассолами других районов Тунгусского артезианского бассейна они отличаются большими концентрациями Mg. Это может быть объяснено разбавлением практически всех изученных проб примесью фильтрата буровых растворов, которые готовились на основе бишофита. Превышение обычных содержаний Mg доходит в рассолах КС в среднем до двух раз. Содержание Mg варьирует от 10 до 20 г/л, а максимальное значение составляет 41,3 г/л. Зависимость концентраций Mg от минерализации в рассолах КС не прослеживается (см. рис. 1). Это подтверждает техногенное происхождение заметной части его общего содержания, установленного результатами опробования.

Концентрации сульфат-иона и гидрокарбонатов в пределах КС не превышают 1 г/л, содержание хлор-иона растет прямо пропорционально минерализации. Концентрации Cl находятся в интервале значений 71,7-287,1 г/л.

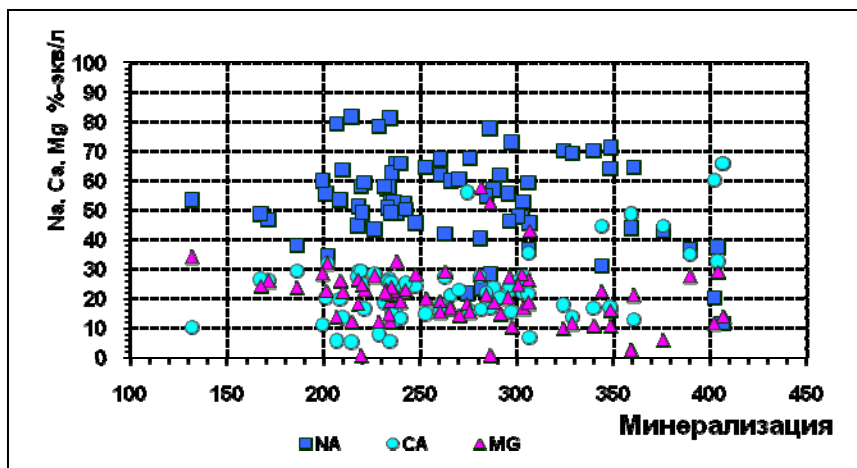


Рис. 1. Зависимость %-эквивалентного содержания катионов Na, Ca и Mg от минерализации в рассолах Катангской седловины

Средние значения минерализации подземных вод в зависимости от возраста и литолого-стратиграфической приуроченности вмещающих мегарезервуаров приведены на рис. 2.

В целом, минерализация вод возрастает сверху-вниз, достигая максимума в осинском и тэтэрском горизонтах, а затем вновь незакономерно снижается до минимума в нижних горизонтах терригенного комплекса. Из-за низкого качества испытания и опробования она, вероятно, завышена, как и в нижележащих горизонтах рифея, где по аналогии с Байкитской антеклизой следует ожидать минимальную минерализацию глубокозалегающих палеоинфильтрационных рассолов, составляющую около 180-210 г/л.

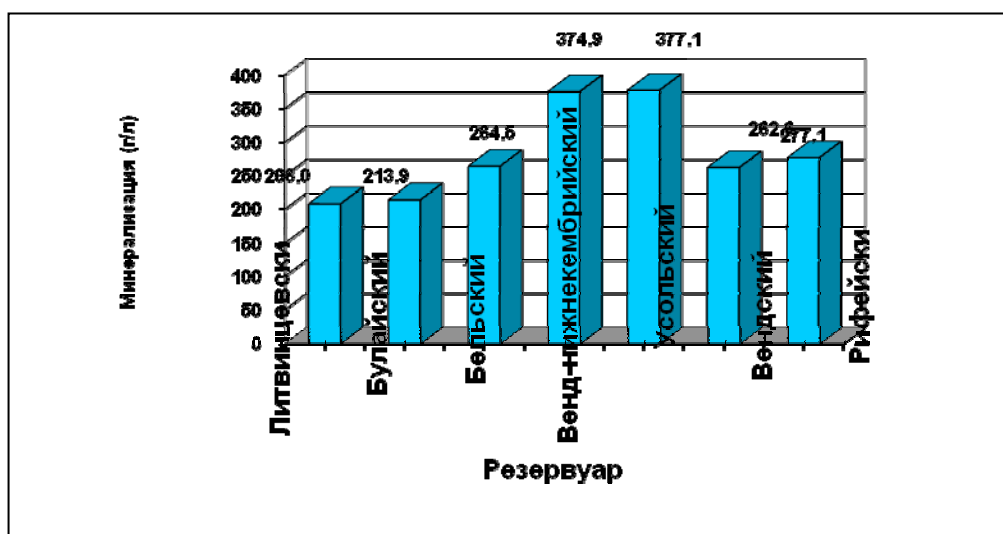


Рис. 2. Средние значения минерализации рассолов Катангской седловины в зависимости от возраста вмещающих пород



Как в соленосной, так и в подсолевой формациях пластовые рассолы КС, учитывая их обогащение целым рядом микрокомпонентов (церием, цинком, гафнием, иттербием, торием, барием, оловом и скандием), относятся к промышленным [5].

Значения температур в продуктивных горизонтах подсолевой формации в пределах КС составляют 25-35 °С [2]. На данной территории пластовые температуры в основных продуктивных комплексах не могут существенно повлиять на состав и подвижность нефтей и конденсатов. В то же время необходимо иметь в виду наличие в пределах КС прерывистой толщи многолетнемерзлых пород и низкие температуры в верхней части разреза.

Гидродинамическая обстановка в районе характеризуется близостью пластовых давлений к нормальному гидростатическим. На их фоне намечается снижение величин приведенных пластовых давлений в юго-западном направлении, что может свидетельствовать о потенциальной возможности фильтрационного потока вод с севера – северо-востока на юг вдоль склона НБА.

Учитывая высокую солеснасыщенность подземных вод и рассолов КС, одним из главных факторов, которые могут осложнять добычу нефти и газа в её пределах, является процесс вторичного минералообразования. В связи этим возникает вопрос влияния техногенного солеобразования на технологию и рентабельность разработки месторождений нефти и газа.

#### Литература

1. Букаты М.Б., Шварцев С.Л. Равновесие подземных рассолов Тунгусского бассейна с минералами эвапоритовых и терригенных фаций. // Геология и геофизика. – М., 1999. – Т. 40. – № 5. – С. 750 – 763.
2. Володько Б.В., Балобаев В.Т., Русаков В.Г., Железняк М.П. Геотермические условия северо-западной части Средней Сибири. // Теплофизические исследования криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 76 – 103.
3. Гидрогеологические условия месторождений нефти и газа Сибирской платформы. / Сост. В.И.Вожов. – М.: Недра, 1987. – 204 с.
4. Конторович А.Э., Старосельцев В.С., Сурков В.С. и др. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. – // Труды СНИИГиМС. – Новосибирск, 1994. – № 5. – 126 с.
5. Попов Н.И., Федоров К.Н., Орлов В.М. Морская вода. Справочное руководство. – М.: Недра, 1974. – 350 с.

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАКЧАРСКОЙ ВПАДИНЫ

А.В. Шишкоедова

Научный руководитель доцент А.Д. Назаров

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В административном отношении изучаемая территория относится к Бакчарскому району Томской области. Томская область - крупный нефтегазодобывающий регион Российской Федерации с развитой инфраструктурой производства. Открытие нефтяных и газовых месторождений не исключено и в Бакчарском районе, который находится вблизи Томской агломерации и граничит с Новосибирской областью.

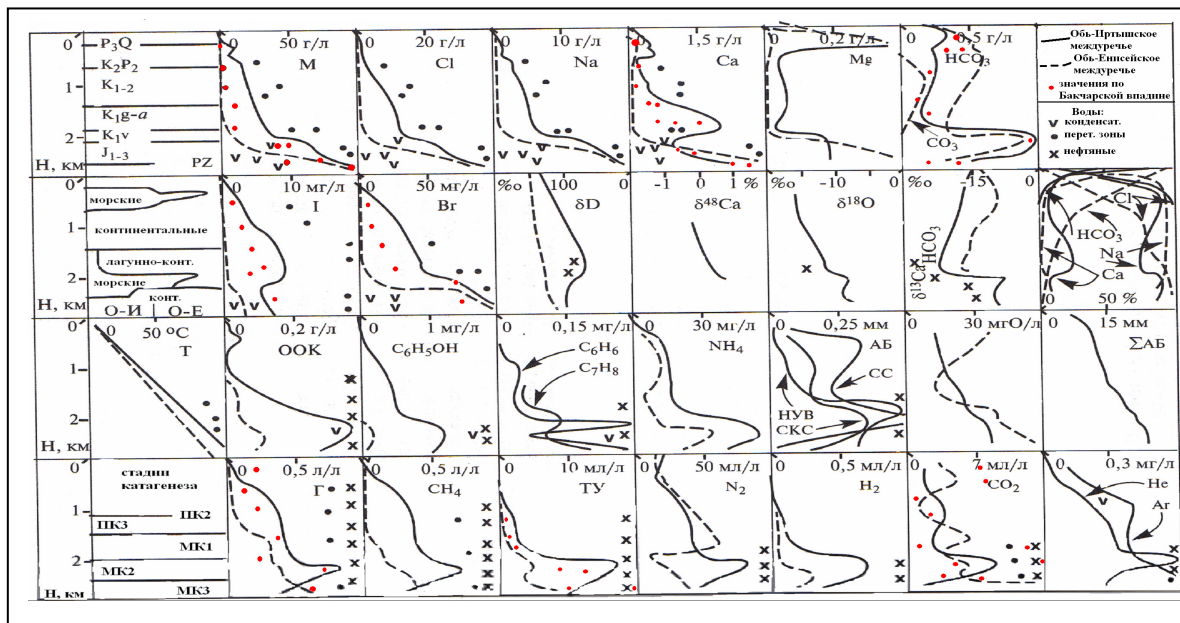


Рис. Вертикальная изменчивость значений гидрогеохимических показателей (гидрогеохимическая зональность) юго-востока Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Назаров А.Д., 2004 с добавлениями автора)

Вся территория района расположена на крупнейшем железорудном осадочном Западно-Сибирском бассейне. Именно с запасами железной руды связаны большие перспективы района. Нет сомнения в том, что именно это месторождение в ближайшие годы и десятилетия будет являться основой новой горнодобывающей и

металлургической отрасли Томской области. В связи с этим, в ближайшее время Бакчарский узел будет испытывать большую потребность в энергетической среде. Часть нефти и газа может быть получена из соседнего Парабельского района. В любом случае, благоприятным было бы создание собственной энергетической базы в Бакчарском районе.

Разделение осадочного чехла на три гидрогеологические зоны сказалось на обособленности их дальнейшего гидродинамического и гидрогеохимического развития.

Для рассматриваемого района характерна отчетливая гидродинамическая зональность в разрезе и по площади. Для первого гидрогеологического комплекса характерна зона интенсивного водообмена, для низов второго гидрогеологического комплекса – зона замедленного водообмена. Для района характерна нормальная гидрогеохимическая зональность, проявляющаяся в закономерной смене сверху вниз с глубиной пресных гидрокарбонатных вод, солоноватыми хлоридными натриевыми, солеными хлоридными натриевыми и в юрских пластах и палеозое – рассолами. Для большинства базовых гидрогеохимических показателей (минерализации и газового фактора, концентраций хлоридов натрия и кальция, йода и брома, метана и его гомологов и др.) зональность выражается в закономерном возрастании их фоновых значений с глубиной.

Самые ближайшие опорные скважины (Пудинская 1-Р и Колпашевская 2-Р) разграничили Томскую область на две зоны: восточную часть, малоперспективную на нефть и газ, и западную часть, перспективную на нефть и газ. Бакчарская впадина оказалась на границе двух зон, и потому интерес к ней с точки зрения нефтегазосности был значительно ослаблен (рис.). В то же время открытие на окраинных частях Бакчарской впадины Верхнекомбарского, Селимхановского и других нефтяных месторождений указывало на возможность обнаружения нефтегазовых месторождений и в самой впадине. Последнее предположение базируется на теоретической посылке, что основная масса нефти и газа генерируется во впадинах и затем аккумулируется в окружающих ее поднятиях. При наличии на путях движения углеводородов ловушек возможно образование промышленных залежей и на склонах впадины. Такие ловушки в Бакчарской впадине выявлены геофизическими исследованиями. Бурение первых скважин Парбигской 1 и Северокрыловской 431 подтвердили такие предположения, в них обнаружены нефтепроявления в юрских и палеозойских отложениях.

Изменчивость значений содержания кальция, бария, гидрокарбонат-иона, минерализации вод и ионно-солевого состава указывает на благоприятные условия для сохранения нефти и газа.

Изменчивость значений нефтегазопоисковых показателей (газовый фактор и обогащенность подземных вод углеводородными газами) указывает на возможность промышленного скопления углеводородов в юрских и палеозойских пластах. Именно в юрских и палеозойских отложениях в процессе бурения скважин Парбигской и Северокрыловской выявлены нефтепроявления, к этим же отложениям тяготеют выявленные месторождения нефти и газа на западном крыле Бакчарской впадины.

#### Литература

1. Гидрогеология СССР. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). – М.: Недра, 1970. – Том XVI. – 368 с.
2. Назаров А.Д. Нефтегазовая гидрогеохимия юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазосной провинции. – М.: Идея-Пресс, 2004. – 288 с.