

УДК 556.3.626.81

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ К ОПТИМИЗАЦИИ ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ НА ВОДУ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Л.И. Аузина¹

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В настоящее время месторождения углеводородов Восточной Сибири, в том числе Чонская группа, представляют собой мощную ресурсную базу России. Одной из важных проблем, возникающих при изучении и эксплуатации этих объектов, являются поиски подземных вод для многоцелевого водоснабжения. Месторождения нефтегазового комплекса региона находятся в очень сложных геолого-гидрогеологических и горно-технических условиях, что в значительной мере затрудняет решение задачи водоснабжения. В статье представлена обобщенная геолого-гидрогеологическая модель месторождений углеводородов Чонской группы, составленная на основе анализа информации, имеющейся по региону; определены основные источники формирования запасов подземных вод. Автором предложен подход к оптимизации поисково-оценочных работ на воду на основе выделения наиболее перспективных участков по ряду косвенных признаков, включающих геологическое строение, модуль трещиноватости отложений перспективного водоносного комплекса, линейный и площадной модули подземного стока исследуемой территории, аквальные морфоскульптурные показатели. С целью достижения максимальной эффективности обобщения информации и повышения точности прогноза применены метод экспертных оценок и современные геоинформационные технологии. В результате осуществляется оптимизация объемов дорогостоящих полевых работ, в том числе бурения гидрогеологических скважин и опытно-фильтрационных исследований. Предлагаемый подход показал свою правомерность на некоторых месторождениях Чонской группы, в настоящее время продолжается тестирование его эффективности.

Ключевые слова: месторождение углеводородов; Чонская группа; гидрогеология; ресурсы подземных вод; модуль трещиноватости; модуль стока; морфоскульптура; геоинформационная система.

AN APPROACH TO GROUNDWATER EXPLORATION OPTIMIZATION AT OIL AND GAS FIELDS OF EASTERN SIBERIA

L.I. Auzina

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Hydrocarbon deposits of Eastern Siberia, including Chonskaya group, are currently a powerful resource base of Russia. One of the main problems arising under the study and exploitation of these objects is groundwater survey for multipurpose water supply. The fact that oil and gas deposits in the region are in very complicated geological, hydrogeological and mining conditions greatly complicates the solution of the problem of water supply. The paper presents a generalized geological and hydrogeological model of Chonskaya group hydrocarbon deposits that is based on the analysis of the information available by the region and describes the main sources of groundwater resource formation. The author proposes an approach to optimize ground water exploration through the identification of the most promising areas by a number of indirect indicators. The latter include geological structure, sediment fracture module of a promising aquifer, linear and areal modules of ground runoff in the area under investigation, aquatic morphostructural indicators. In order to maximize the effectiveness of information generalization and improve prediction accuracy, an expert assessment method and modern GIS technologies have been used. As a result, expensive fieldworks including drilling of water wells and testing for underground water inflow have been optimized. The proposed approach has proved its worth on some of the deposits of the Chonskaya group and its effectiveness is continued to be tested.

Keywords: hydrocarbon deposit; Chonskaya group; hydrogeology; groundwater resources; fracture module; runoff module; morphostructure; geographic information system.

¹Аузина Лариса Ивановна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геологии Института недропользования, тел.: (3952) 405508, e-mail: auzina@istu.edu

Auzina Larisa, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geology of the Institute of Subsoil Use, tel.: (3952) 405508, e-mail: auzina@istu.edu

В настоящее время мир живет ценой на нефть, в связи с этим исследования, направленные на поиски, разведку и эффективную эксплуатацию месторождений углеводородов в России имеют стратегическое значение.

По информации, предоставленной заместителем Министра природных ресурсов и экологии РФ Д. Храмовым, в России в период с 2013 по 2030 гг. предполагается весьма значительное увеличение объемов геологоразведочных работ, затраты на которые планируются в размере 1175,2 млрд руб. [1].

Государственная программа создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР утверждена в сентябре 2007 г. Приказом Министерства промышленности и энергетики РФ.

Одно из наиболее перспективных в этом отношении направлений – это газотранспортная система «Сила Сибири», соединяющая Восточную Сибирь с Тихим океаном (ВСТО). Ее общая протяженность с подключением Ковыктинского газоконденсатного месторождения составит 3968 км. На первом этапе будет построен магистральный газопровод Якутия – Хабаровск – Владивосток, на втором этапе Иркутский центр будет соединен газопроводом с Якутским центром [2].

Одна из крупных ресурсных баз проекта «Сила Сибири» – Чонская группа месторождений, включающая Вакунайский, Тымпучиканский и Игнялинский участки, примыкающие друг к другу и расположенные на границе Иркутской области и Республики Саха (Якутия). Их суммарные запасы оцениваются в 125 млн т нефти и 225 млрд м³ газа.

Значительные затраты в структуре геологоразведочных исследований занимают поисково-разведочные работы на воду различного назначения: хозяйственно-питьевого и технического для

поддержания пластового давления. В районах крайнего Севера, отличающихся весьма низкой степенью геолого-гидрогеологической изученности, определение местоположения гидрогеологических скважин представляет значительную сложность и часто не приносит желаемого результата. В связи с этим оптимизация размещения поисково-разведочных скважин на воду на нефтегазовых месторождениях – задача в той же степени актуальная, как и непростая.

Анализ работ, проведенных на месторождениях нефтегазового комплекса (НГК) Иркутской области и Республики Якутии (Талаканское, Верхнечонское, Пеледуйское, Тымпучиканское и др.), позволил создать обобщенную модель месторождений углеводородов этого региона и выделить ряд факторов, на которые можно опираться при поисково-оценочных исследованиях, предполагающих оценку запасов подземных вод.

В структурном отношении территория приурочена к Непско-Ботуобинской антеклизе, находящейся в центральной части Непского свода (рис. 1). Выделено многоблоковое строение территории, разбитой разломами северо-восточного и северо-западного направлений с малоамплитудными смещениями (5–7 м). В 1990-х гг. в фундаменте антеклизы выделена грабенообразная отрицательная структура, ограниченная разломами, с которыми, вероятно, связаны тела траппов, представленные силлами и дайками долеритов.

В геологическом строении исследуемых площадей принимают участие образования архея, протерозоя, палеозоя, отложения мезозоя и кайнозоя, а также триасовые интрузии.

Архейско-протерозойские породы кристаллического фундамента представлены гнейсо-гранитами, мигматитами, хлорит-амфиболовыми сланцами.

Разрез палеозойских отложений отличается значительным разнообразием и представлен в основном породами

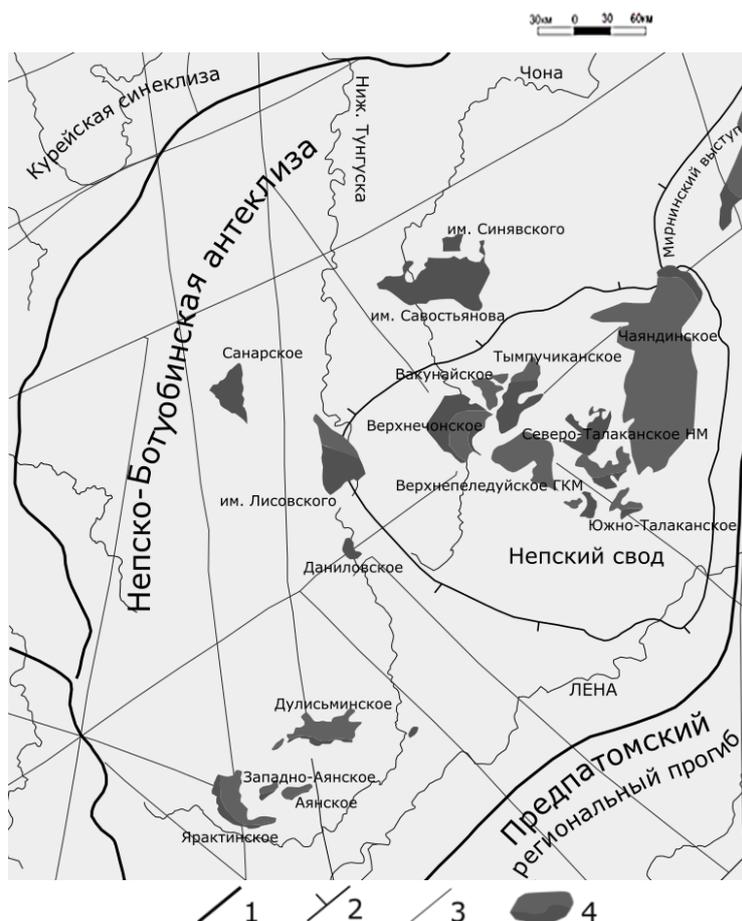


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема района работ (по материалам С.Н. Сергеева и др., 2013):

1–3 – контуры тектонических элементов: 1 – надпорядковых, 2 – первого порядка, 3 – основные дизъюнктивные нарушения; 4 – месторождения углеводородов

кембрийской и в меньшей степени ордовикской и каменноугольной систем.

Кембрийская система подразделяется на три стратиграфических комплекса: нижний отдел и нерасчлененные толщи нижнего-среднего и среднего-верхнего отделов.

Нижний кембрий общей мощностью более 460 м расчленен на алданский и ленский ярусы, в составе которых выделяется несколько свит.

Алданский ярус (мотская и усольская свиты) сложен внизу аргиллитами, алевролитами, песчаниками, а выше – доломитами, доломит-ангидритами, известняками с переслаиванием каменной соли. Породы этих свит являются основным коллектором углеводородов на территории Непско-Ботубинской антеклизы [5]. Следует отметить, что ранее проведенными исследованиями тип

залежей углеводородного сырья определен как структурно-литологический, поскольку происходит замещение пород-коллекторов непроницаемыми отложениями вследствие глинизации и засоления трещинно-порового пространства.

Ленский ярус (бельская, булайская, ангарская свиты) сложен доломитами, известняками, доломит-ангидритами с прослоями каменной соли.

Нерасчлененная толща нижнего-среднего кембрия представлена литвинцевской свитой ($C_{1,2}lt$), распространенной по всей исследуемой площади. В разрезе свиты преобладают доломиты и известняки мощностью 160–360 м.

Нерасчлененный средний-верхний кембрий представлен объединенными верхоленской и илгинской свитами (C_2 -

зVI+II), отложения которых выходят на поверхность в долинах рек и их крупных притоков. В литологическом составе преобладают алевролиты и мергели, в подчиненном количестве присутствуют прослои песчаников и аргиллитов, реже доломитов. Мощность свит изменяется от полного выклинивания в сводах наиболее поднятых антиклиналей до 260 м на участках глубокого погружения пород.

Выходы терригенных пород ордовикской и каменноугольной систем отмечаются на локальных участках исследуемой территории.

Мезозойская эратема представлена отложениями юрской системы, распространенными преимущественно на водораздельных пространствах, разрез сложен песками с линзами песчаников. Мощность осадков – до 40 м.

Кайнозойская эратема представлена отложениями четвертичной системы, имеющими весьма ограниченное распространение и приуроченными преимущественно к долинам наиболее крупных рек.

Интрузивные образования сложены долеритами катангского комплекса ($\beta T_1 kt$) и представляют собой преимущественно пластовые тела (силлы), реже дайки. Вскрытая мощность достигает 304 м.

Гидрогеологические условия территории весьма разнообразны и, согласно существующей классификации [3], исследуемая территория относится к третьей группе с очень сложными гидрогеологическими и горно-геологическими условиями.

В большей степени интерес в гидрогеологическом отношении представляют водоносные комплексы палеозойских и мезозойских отложений, в которых формирование подземных вод контролируется разломной тектоникой, трапповым магматизмом и особенностями распространения многолетнемерзлых

пород, что предопределило выделение на изучаемой территории в соответствии со стратиграфической приуроченностью следующие гидрогеологические подразделения (рис. 2):

- слабоводоносный криогенно-таликовый нижнеюрский комплекс терригенных отложений;

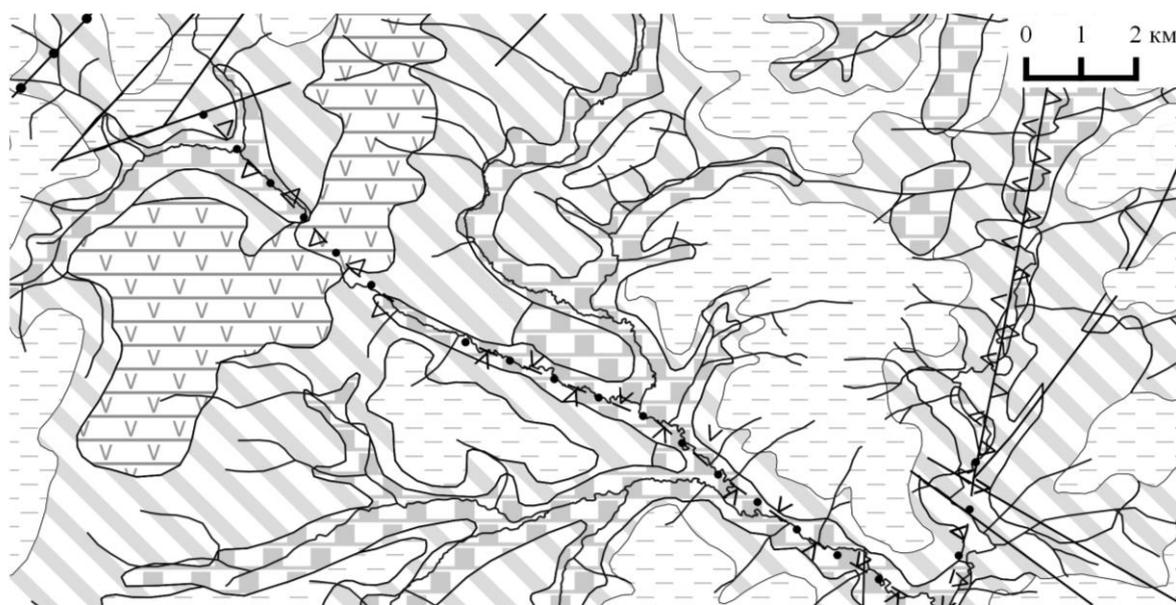
- водоупорный массив нижнетриасовых интрузивных пород;

- локально-водоносный криогенно-таликовый средне-верхнекембрийский комплекс терригенных отложений;

- слабоводоносный локально-водоносный криогенно-таликовый нижне-среднекембрийский комплекс карбонатных отложений;

- зоны обводненных разломов, разделяющиеся в зависимости от их гидрогеологической роли на водовыводящие, по которым происходит разгрузка подземных вод, и водопрводящие, по которым осуществляется переток подземных вод водоносных подразделений различной стратиграфической приуроченности. Нарушения чаще всего имеют доюрский возраст и являются перекрытыми. Наиболее достоверно трассируются разломы со смещением пород, характеризующиеся дезинтеграцией литифицированных отложений и повышенной проницаемостью. Надвиговые зоны являются непроницаемыми, нередко экранящими.

Химический состав подземных вод в целом по региону весьма пестрый: от пресных гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных с минерализацией 340–950 мг/л до слабосолоноватых гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатных с минерализацией от 1000 до 2827 мг/л. При этом зона свободного водообмена, приуроченная к разрезу, ограниченному подошвой верхоленской свиты, и включающая пресные воды, имеет мощность, редко превышающую 150–200 м.



— Гидросеть

1. Гидрогеологические подразделения:

1.1. Распространенные по площади:

- Q - водоупорный криогенный горизонт четвертичных аллювиальных отложений
- J1 - слабодонасный локально водоносный криогенно-таликовый нижнеюрский комплекс терригенных отложений
- βT1 - водоупорный нижнетриасовый комплекс интрузивных пород
- C1 - слабодонасный локально водоносный криогенно-таликовый нижнекаменноугольный комплекс терригенных отложений
- O2 - слабодонасный локально водоносный криогенно-таликовый среднеордовикский комплекс терригенных отложений
- E2-3 - локально-водонасный криогенно-таликовый средне-верхнекембрийский комплекс терригенных отложений
- E1-2 - слабодонасный локально водоносный криогенно-таликовый ниже-среднекембрийский комплекс карбонатных отложений

1.2 Распространенные линейно:

- водопоглощающие, перекрытые покровными отложениями, предполагаемые
- водовыводящие, выходящие на поверхность, установленные
- водовыводящие, перекрытые покровными отложениями, предполагаемые
- гидрогеологическая роль не определена, выходящие на поверхность, установленные
- водоупорные, перекрытые покровными отложениями, установленные

Рис. 2. Фрагмент гидрогеологической карты одного из месторождений Восточной Сибири (в соответствии с обобщенной моделью)

Наиболее перспективным с точки зрения организации водоснабжения является локально-водонасный криогенно-таликовый средне-верхнекембрийский комплекс терригенных отложений верхоленской свиты, приуроченный к зоне интенсивного водообмена, где по зонам тектонических нарушений формируются сквозные талики. Основные запасы подземных вод этой зоны формируются за счет естественных запасов естественными и привлекаемыми за счет инфильтрации поверхностных вод

ресурсами. Обеспеченным источником водоснабжения, вероятнее всего, является ресурсная составляющая. Естественные ресурсы в рассматриваемом регионе практически не изучались, имеются лишь сведения регионального характера с единичными замерами подземного стока.

В зоне замедленного водообмена, положение которой соответствует слабодонасному локально-водонасному криогенно-таликовому ниже-среднекембрийскому комплексу карбонатных

отложений литвинцевской свиты, подземные воды ограничиваются емкостными и упругими запасами, количество которых в регионе весьма ограничено.

В силу слабой изученности выделение зон повышенной водообильности для последующего бурения по прямым гидрогеологическим признакам практически невозможно. В связи с этим автором разрабатывается принцип оптимизации поисково-разведочного бурения на базе оценки комплексного показателя водообильности (КПВ), определение которого производится по косвенным показателям методом экспертных оценок.

Анализ имеющегося по сходным территориям материала (см. рис. 2) и результаты проведенных полевых работ на ГКМ Восточной Сибири позволили выделить ряд косвенных показателей и факторов, влияющих на водообильность перспективных подразделений и не представляющих особой сложности при их определении.

Первый показатель – это геологические и гидрогеологические особенности территории, отраженные на государственных картах различного масштаба.

Второй показатель – модуль трещиноватости* M_m , определенный по отношению длины русел рек l , не перекрытых четвертичными отложениями и пересекающих площадь элементарного статистического квадрата S , к его размеру, который зависит от детальности исследований:

$$M_m = l / s.$$

Третий показатель – линейный M_l и площадной M_n модули подземного стока, определяемые по результатам по-

левых работ балансово-гидрометрическим методом, т.е. по разности расхода рек в двух гидрометрических створах Q [4].

Площадные модули естественных ресурсов подземных вод M_n определяются для всего водосборного бассейна реки, ограниченного замыкающим створом:

$$M_n = Q / S_e,$$

где Q – расход воды, приведенный к 95% обеспеченности, л/с; S_e – площадь водосбора, км².

Линейные модули подземного стока M_l определяются следующим образом:

$$M_l = \Delta Q / \Delta L,$$

где ΔQ – приращение расхода реки между створами, л/с; ΔL – расстояние между створами, км.

Четвертый показатель – аквальные морфоскульптурные параметры: превышение и расстояние точки наблюдения над главной и ближней дренами.

Анализ, количественная дифференциация перечисленных показателей и их последующее суммирование явились основой расчета КПВ. Дальнейшее использование метода экспертных оценок КПВ дало возможность оценить территорию по водохозяйственной перспективности (рис. 3) и оптимизировать проведение геофизических, буровых и опытно-фильтрационных работ на выделенных участках.

Существенно повысить точность прогноза и экономическую эффективность проводимого анализа позволило использование ГИС-системы «Гидропоиск», включающей методологию и технологию синтеза космической, архивной и литературной информации, разработанной в НИЛ ИрГТУ «Геологическая информатика» под руководством А.В. Паршина.

Таким образом, основной объем полевых гидрогеологических работ на поисково-оценочной стадии может быть сведен к четко организованному

* Этот показатель правильнее было бы называть модулем густоты гидросети или модулем удельной длины русел рек, так как при его расчете учитывается не собственно трещиноватость, а только некоторые зоны трещиноватости, вдоль которых заложена современная речная сеть (прим. редакции).

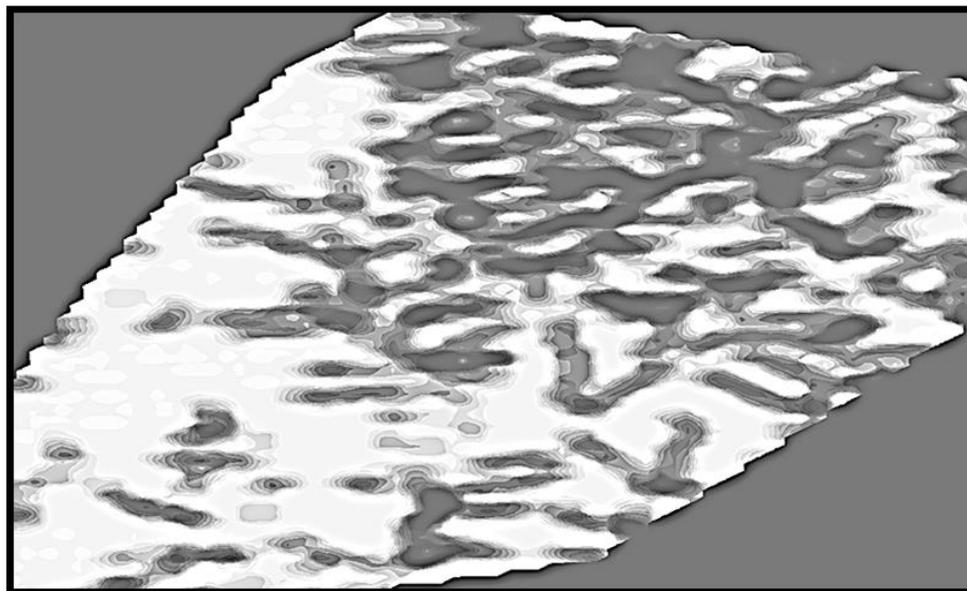


Рис. 3. Фрагмент схемы модулей трещиноватости и КПВ на одном из месторождений Чонской группы (темной интенсивной окраской выделены участки, наиболее перспективные для поисково-оценочных работ на воду)

гидрометрическим маршрутным исследованиям, незначительному объему бурения и опытно-фильтрационного опробования гидрогеологических скважин, местоположение которых определяется после оценки КПВ.

Предлагаемый подход показал свою правомерность на месторождениях Чонской группы, в настоящее время продолжается тестирование его эффективности.

Библиографический список

1. За последние 10 лет на континентальном шельфе России было открыто более 2/3 запасов углеводородного сырья... // Министерство природных ресурсов и экологии РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/news>

2. Итоги работы в области ПБ, ОТ и ОС за 2014 год: докл. на итоговой конф. ООО «Роснефть» (Иркутск, 11 дек. 2014 г.) [Электронный ресурс] (CD-ROM).

3. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных вод. Утв. Приказом МПР РФ от 30.07.2007 г. № 195. М.: Изд-во МПР РФ, 2007.

4. Куделин Б.Н. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М.: Изд-во МГУ, 1960. 344 с.

5. Самсонов В.В., Ларичев А.И. Перспективные нефтегазоносные комплексы и зоны южной части Сибирской платформы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2008. Т. 3. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/43_2008.pdf

Рецензент доктор геолого-минералогических наук, профессор Иркутского государственного технического университета А.П. Кочнев