

УДК 556.3.048 (571.17)

СХЕМАТИЗАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УЧАСТКАХ ДОБЫЧИ УГОЛЬНОГО МЕТАНА В КУЗБАССЕ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОГНОЗНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ

GENERALISATION OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AT COALBED METHANE FIELDS IN THE KUZNETSK COAL BASIN FOR PREDICTIONAL HY- DRODYNAMIC CALCULATIONS

Гридасов Александр Геннадьевич,
ассистент, e-mail: gridasov@tpu.ru

Gridasov Alexander G., assistant

Кузеванов Константин Иванович,
кандидат геолого-минералог. наук, доцент, e-mail: kki@tpu.ru

Kuzevanov Konstantin I.,
C. Sc. (Geology), Associate professor

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия,
г. Томск, пр. Ленина, 30
National Research Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation

Аннотация. Добыча метана из угольных пластов скважинным способом сопровождается извлечением пластовых вод, что определяет актуальность оценки влияния нового промысла на подземную гидросферу региона. На основании анализа природных условий выявлены ключевые факторы формирования режима подземных вод в районе перспективной добычи метана из угольных пластов. Сформирован минимальный перечень характерных для южной провинции Кузнецкого угольного бассейна элементов гидродинамической структуры и их свойств, достаточный для параметрического обеспечения гидродинамических расчётов и геофильтрационных моделей при прогнозировании влияния добычи угольного метана на подземные воды региона. Для удобства практического применения результаты представлены в виде таблиц. Обсуждаются варианты использования и перспективы совершенствования предлагаемой гидродинамической схемы.

Abstract. Well based coalbed methane extraction is accompanied by groundwater pumping out from the coal seams. This determines the high need to estimate the influence of this subsoil use on natural water. Based on the analysis of natural conditions, the study found the key factors of groundwater flow formation in the prospective coalbed methane mining area. For the south province of the Kuznetsk coal basin, the minimum list was formed of specific hydrodynamic elements and their properties. This list is sufficient for parameters estimation during hydrogeological calculations and groundwater flow modeling for predicting of coalbed methane extraction influence on groundwater in the study region. For the convenience of practical use, the results are presented in table form. The ways of practical application and prospects to improve the proposed hydrodynamic scheme are discussed.

Ключевые слова: Кузбасс, подземные воды, схематизация, угольный метан.

Keywords: Kuznetsk Basin, groundwater, generalization, coalbed methane.

Введение

Для добычи угольного метана в Кузнецком бассейне выявлен ряд перспективных площадей, которые сосредоточены в его южной части на территории Ерунаковского, Тутуясского и Томь-Усинского промышленных районов [1]. Как правило, площади перспективной добычи приурочены к крыльям брахисинклинальных структур, что обусловлено относительной доступностью в таких условиях угольных пластов, не подверженных газовому выветриванию. Поскольку метан формируется на всех стадиях углефикации органических

осадков и при соответствующих термодинамических условиях прочно сорбируется материнской породой, этот газ является неизбежным спутником залежей угля. В основном метан угольных пластов воспринимается как фактор, повышающий опасность проведения горных работ при закрытой добыче угля. Осушение и вскрытие угольного пласта нарушает естественные условия залегания и способствует десорбции метана с последующей его миграцией в область пониженного давления, т.е. в горную выработку [2]. В этой связи, на протяжении длительного времени, угледобывающие предприятия избавляются от метана в ходе обязательного

противления горных выработок.

В настоящее время технологии недропользования позволяют извлекать метан из угольных пластов до строительства шахт [3, 4]. Метод добычи основан на способности метана переходить в подвижное состояние при снятии гидростатического давления. При этом газоносный пласт вскрывают скважинами с дневной поверхности, активируют проницаемость с помощью гидравлического разрыва, а затем запускают эксплуатационную откачуку пластовых вод. В результате снижения пластового давления происходит десорбция угольного метана, после чего газ в растворённом виде и в свободной форме устремляется к скважине [5]. Ввиду данной особенности, скважинная добыча угольного метана неизбежно сопряжена с попутным извлечением пластовых вод на поверхность, что в свою очередь определяет значимость гидрогеологических аспектов углеметанового промысла [6].

Сейчас, на стадии перехода от опытно-промышленной добычи к развертыванию крупномасштабного промысла, становится актуальной разработка прогнозов влияния нового вида хозяйственной деятельности на подземные воды, в частности, на смежные сферы недропользования, такие как шахтные поля, карьеры и особенно месторождения подземных вод. Результаты данных исследований позволят выработать критерии для определения оптимальной схемы размещения и режима эксплуатации объектов углеметанового промысла, а также помогут определить виды и объёмы сопутствующих гидрогеологических исследований для обеспечения неконфликтного функционирования природно-технических систем в условиях возрастающей техногенной нагрузки на подземную гидросферу региона.

1. Физико-географические условия

Гидрогеологические условия Кузнецкого бассейна сформированы в результате взаимодействия ряда природных и антропогенных факторов [6], поэтому для обоснования фильтрационной схемы необходимо рассмотреть физико-географические условия исследуемого района и характер их влияния на режим подземных вод региона в целом и участков добычи угольного метана в частности.

Кузнецкий угольный бассейн находится в центре континента Евразия. В структурном отношении бассейн расположен в северо-западной части Алтай-Саянской складчатой области, близко к границе Западно-Сибирской равнины и представляет собой межгорную котловину. Территория, на которой расположены участки скважинной добычи угольного метана, занимает центральную часть южной провинции бассейна (рис. 1).

Климатические условия Кузбасса определяются его географическим положением. Климат резко континентальный, с продолжительной холодной зимой и коротким, но жарким летом. Средняя годовая температура воздуха около 0°C, при крайних значениях +35 в июле и -50 в январе.

Сумма годовых осадков достигает 750 мм, при среднем многолетнем значении 500 мм, на питание подземных вод приходится до 100 мм в год. Большая мощность снежного покрова (около 2 м), обеспечивает незначительную глубину сезонного промерзания грунта до 0,2-0,4 м. В целом, избыточно-увлажнённый климат обеспечивает благоприятные условия для питания и разгрузки подземных вод, что выражено в развитии речной сети и высокой эрозионной расчленённости рельефа.

Горные системы Салаир и Кузнецкий Алатау, протяжённые меридионально вдоль границ котловины Кузнецкого бассейна, создают препятствия на пути атлантических и арктических воздушных масс, тем самым определяя особенности климата. Геоморфологические условия бассейна разнообразны, выделяется пять ландшафтных областей. Район исследований лежит в области расчленённого низкогорного рельефа, перепад высот между водоразделами и водотоками достигает здесь 300 м, диапазон абсолютной высоты от 180 до 580 м. Водораздельные площади широкие, с ломанным профилем. Долины рек нередко заложены параллельно горным обрамлениям бассейна, что свидетельствует об их тектонической природе. Рельеф в совокупности с особенностями ландшафта формирует весьма благоприятные условия для питания и разгрузки подземных вод.

2. Геологическое строение и литологическое описание

Геологическое строение и тектонические условия района оказывают определяющее влияние на особенности гидрогеологической стратификации [7], поскольку обуславливают фильтрационную неоднородность недр. В контексте изучения гидродинамических условий месторождений угольного метана, актуально рассмотрение среднего и верхнего структурных этажей отложений бассейна, представляющих угленосную толщу и вышележащие породы [8].

Перспективными для добычи угольного метана являются верхнепермские (P_2) угленосные отложения кольчугинской серии, слагающие средний структурный этаж. В свою очередь, кольчугинская серия подразделяется на ильинскую (P_{2il}) и ерунаковскую (P_{2er}) подсерии и свиты. Общая мощность угленосной толщи превышает 2000 м, а суммарная мощность пластов угля достигает 320 м.

Литологический состав кольчугинской серии представлен песчаниками, алевролитами, агриллитами и углём. Наибольшим распространением пользуются алевролиты до 60% и песчаники, занимающие до 24% разреза. Литологические разности непостоянны, их состав и мощности варьируются как в разрезе, так и по площади. Относительно выдержаны слои песчаников, мощность которых достигает 50 м. Угольным пластам свойственны сложные геометрические формы: выклинивание, ветвление, слияние. Их участие в разрезе достигает 10%.

Текстура угленосных отложений разнообразна. Толщи песчаников характеризуются косой или косоволнистой слоистостью. Алевролиты обладают тонкой косой или горизонтальной слоистостью. Аргиллиты имеют слабовыраженную горизонтальную слоистость и слагают слои небольшой мощности, как правило, приуроченные к поверхностям угольных пластов. Угольные пласты имеют выраженную горизонтальную слоистость и обладают кливажём – собственной трещиноватостью, которая не обусловлена тектоническими факторами. Данное свойство определяет более высокую проницаемость угольных пластов на фоне смежных пород.

В целом, отложениям кольчугинской серии свойственно слоистое строение, здесь ритмично

чередуются характерные литотипы с различной интенсивностью развития трещин. Толща осложнена большим числом разрывных нарушений малой амплитуды.

Отложения, слагающие верхний структурный этаж, не вмещают угольных пластов, пригодных для добычи метана. Тем не менее, в контексте настоящей работы они представляют интерес как элементы гидродинамической структуры, поскольку перекрывают угленосные формации мощным осадочным чехлом. Верхний структурный этаж отложений бассейна сложен триасовыми (T), юрскими (J) и четвертичными (Q) отложениями.

Триасовые отложения мальцевской серии (T_{1-2m1}) распространены только в пределах Кыргай-

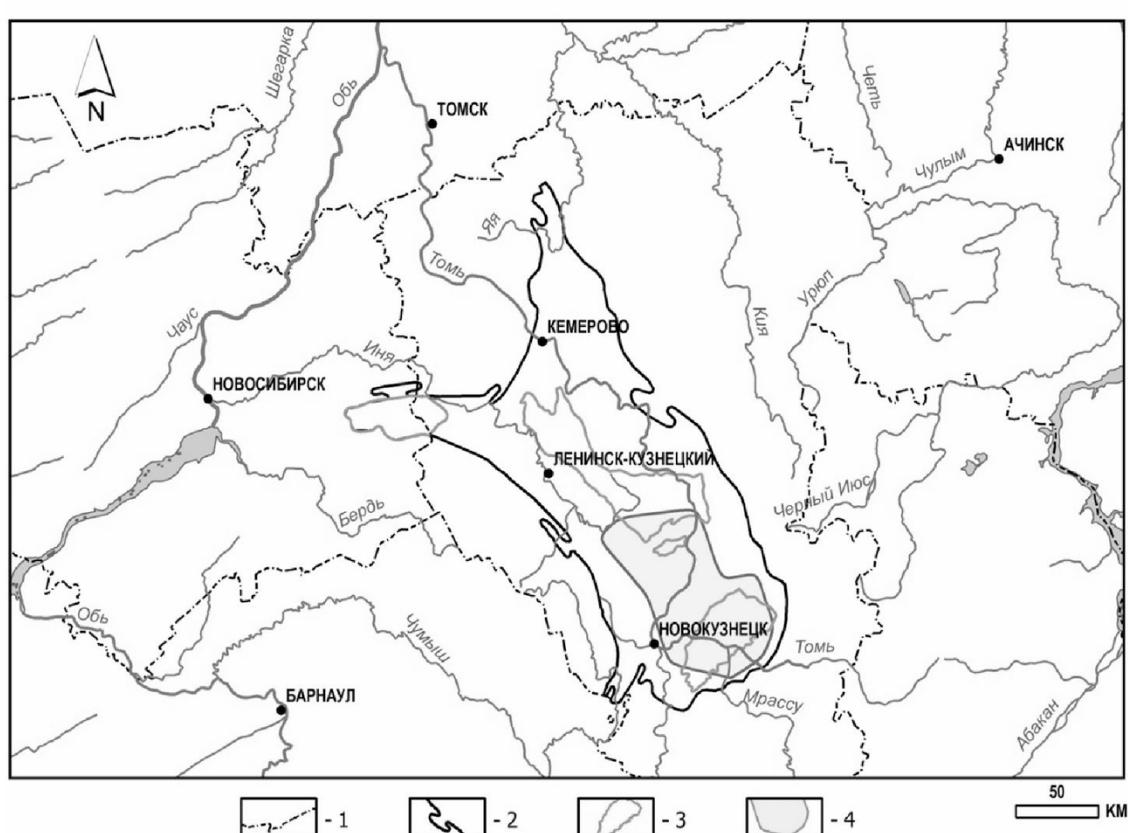


Рис. 1. Географическая карта района исследований

Fig. 1. Geographical map of the study area

- 1 – административные границы субъектов РФ; 2 – контур Кузнецкого бассейна;
3 – крупные синклиниории бассейна, выполненные мезозойскими отложениями;
4 – территория, охватываемая угольнометановым промыслом.

Таблица 1. Вертикальная гидродинамическая зональность

Зона водообмена	Мощность, м	Глубина распространения, м	Открытая пористость пород, %	Коэффициент фильтрации Кф, м/сут	Минерализация, г/л
Активного	до 150	до 150	5-15	0,1-100,0	менее 1
Замедленного	более 2000	-	2-7	0,001-0,4	0,7-8

Осташкинской синклинали и представлены пестроцветным чередованием песчаников и алевролитов. Мощность отложений мальцевской серии достигает 570 м в районе наибольшего погружения структуры.

Юрские отложения тарбаганской серии (J_{1-2tb}) распространены в Подобасско-Тутуяской депрессии, ядре Кыргай-Осташкинской синклинали, встречаются также в мелких синклиналях. Мощность отложений варьирует в широких пределах, достигая 800 м в наиболее погруженной части Тутуяской мульды. Литологически тарбаганская серия сложена конгломератами, песчаниками и алевролитами, встречаются пласты каменных углей.

Четвертичные отложения (Q) венчают геологический разрез, распространены повсеместно и представлены покровными пылеватыми и лёссовидными и суглинками (р, pd Q), а также речными супесями, песками и гравийно-галечными отложениями (а Q). Мощность четвертичных отложений варьирует от нуля до нескольких десятков метров.

Все коренные породы литифицированы и поражены региональной системой трещин диагенетического и тектонического происхождения. Интенсивность и открытость трещин неравномерна по глубине и по площади и определяется напряженно-деформированным состоянием массива пород [9]. Для верхней части разреза, как правило, до глубины 100-150 м, характерно более развитая сеть открытых трещин. Этот фактор оказывает определяющее влияние на формирование гидродинамических условий региона [10].

3. Гидрогеологическая характеристика

Как указано выше, в рамках данной работы рассматриваются средний и верхний структурные этажи отложений Кузнецкого бассейна, имеющие практическое значение для изучения гидродинамических условий на месторождениях угольного метана. В данном фрагменте недр по литолого-стратиграфическим и гидродинамическим признакам выделено четыре гидрогеологических стратона [11]:

Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений. Является первым от поверхности постоянно действующим водоносным горизонтом, приурочен к речным отложениям, мощность которых изменяется от 0 до 10 метров. Воды порово-пластовые, имеют свободную поверхность либо слабонапорные.

Водоносный комплекс юрских отложений. Распространён на ограниченных площадях некоторых синклинальных структур, имеет мощность от 0 до 800 м. Породы юрского возраста имеют высокую активную пористость, поскольку подверглись уплотнению и диагенетизации в меньшей степени, чем пермские отложения, поэтому водопроводимость пород комплекса относительно высока. При этом колебания проводимости одних и тех же литологических разностей от водораздела к тальвегу

долины может достигать двух порядков. По характеру движения воды являются трещинными и трещинно-пластовыми.

Водоносный комплекс триасовых отложений. Распространён только в пределах Кыргай-Осташкинской синклинали, мощность до 570 м. Водопроводимость отложений комплекса неравномерна, воды трещинно-пластовые и трещинные.

Водоносный комплекс пермских отложений. Распространён повсеместно, его мощность превышает 2000 м. Водопроводимость пород комплекса неравномерна, воды трещинно-пластовые и трещинные. Наиболее проницаемы зоны, в разрезе которых преобладают песчаники, менее – алевролиты и аргиллиты. Проницаемость пластов угля значительно выше, чем смежных пород. Ритмичное переслаивание отложений с весьма различной проницаемостью определяет слоистую фильтрационную неоднородность массива угленосных отложений.

Вертикальная гидродинамическая зональность (Таблица 1) в районе обусловлена изменением степени трещиноватости пород и открытости трещин с глубиной [12]. Все коренные породы поражены региональной системой трещин различного генезиса. Открытость трещин, а следовательно и проницаемость пород, снижается с глубиной [13]. Таким образом, в разрезе региона выделяются две зоны с различной интенсивностью циркуляции подземных вод: зона активного водообмена и зона замедленного водообмена.

Для зоны активного водообмена свойственна также площадная гидродинамическая неоднородность [14]. Максимальная проницаемость пород выявлена в пределах разветвлённой системы зон открытой трещиноватости, которая в общих чертах совпадает со структурой речной сети (рис. 2).

4. Исходные данные и методика

Схематизация гидродинамических условий выполнена на основе материалов полевых работ с участием авторов [15] и опубликованных данных предшествующих исследований [16, 17]. Изучены данные из литературных источников [7, 8, 11, 18] и производственных отчётов. Проанализированы результаты разведочных работ на уголь, угольный метан и подземные воды в Ерунаковском, Тутуяском и Томь-Усинском промышленных районах. Ценный материал получен в диссертационных исследованиях прежних лет [13, 19, 20, 21]. Существенный вклад в изучение проблемы вносит опыт зарубежных исследований угольных бассейнов Китая [22, 23, 24, 25] и США [26]. Основной интерес в контексте настоящей работы представляли данные гидродинамических опробований. В основу методики положены базовые принципы динамики подземных вод [27]. Схематизация природно-техногенных условий для целей гидродинамического моделирования состоит в определении временного режима, пространственной структуры и фильтра-

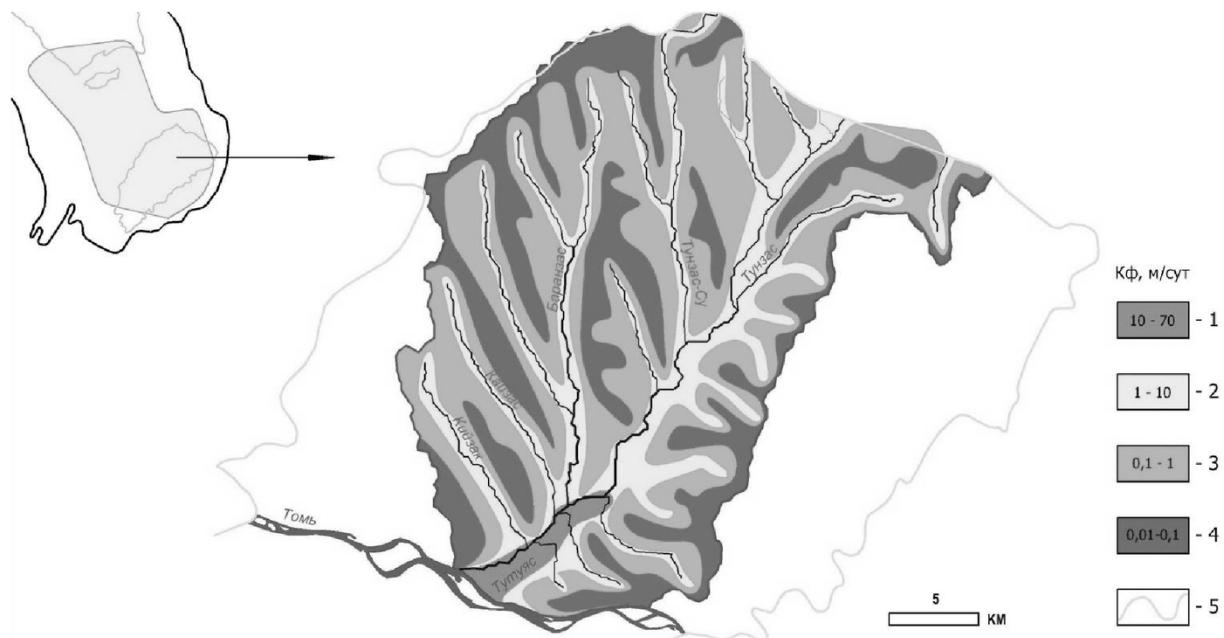


Рис. 2. Гидродинамическая неоднородность водоносного комплекса юрских отложений в зоне активного водообмена (на примере бассейна реки Тутяя).

Fig. 2. Hydrodynamic anisotropy of Jurassic aquifers complex in the zone of active water exchange (by the example of the Tutuyas river basin)

1 – Нижнетутяская площадь; 2 – долины основных водотоков; 3 – склоны;
 4 – водораздельные площади; 5 – контур распространения юрских отложений.

ционных характеристик области фильтрации, граничных и начальных условий. В результате анализа физико-географических особенностей, геологического строения и гидрогеологической характеристики района исследований, определены главные элементы гидродинамической структуры, которые сведены к минимальному перечню, необходимому для разработки геофiltрационных схем месторождений УМ при выполнении аналитических расчётов.

Декомпозиция области фильтрации до совокупности типовых элементов гидродинамической схемы выполнена в следующей последовательности:

1. Выделение основных элементов области фильтрации.
2. Определение граничных и начальных условий для каждого элемента.
3. Оценка обобщённых характеристик элементов, определение диапазона и средних значений для каждого параметра.

5. Результаты

Гидродинамические условия района формируются в результате совокупного действия ряда факторов, которые определяются природными условиями. При существенном развитии хозяйственной деятельности возрастает также значимость техногенеза, который вызывает изменение тех или иных компонентов природы. Климатические, ландшафтные и геологические группы факторов определяют режим питания и разгрузки подземных вод, тем самым формируя гидродинамические условия

рассматриваемой территории. Климат и рельеф способствуют активному питанию подземных вод, которое подвержено сезонным колебаниям интенсивности. Амплитуда этих колебаний затухает с глубиной, поэтому при оценке гидродинамических процессов в зоне полного насыщения, величину питания подземных вод допустимо принимать постоянной. На инфильтрацию в регионе приходится около 15% атмосферных осадков, водоносные комплексы получают в течение года около 100 мм слоя воды по всей площади питания.

Геологические факторы определяют структуру фильтрационного потока и интенсивность водообмена. Особенности геологического строения и тектонических условий региона обеспечивают чёткую вертикальную гидродинамическую зональность разреза (Таблица 1, 3) и латеральную фильтрационную неоднородность, по крайней мере, отчётливо прослеживаемую в зоне активного водообмена (Таблица 2, Рисунок 2). Закономерности здесь такие: с глубиной снижается проницаемость разреза в целом (Таблица 1), а для зоны активного водообмена наиболее проницаемые участки приурочены к долинам поверхностных водотоков, водораздельные площади напротив, характеризуются существенно меньшей проницаемостью пород [14, 28].

Угленосные толщи в условиях значительных глубин характеризуются резкой фильтрационной неоднородностью [29]. Это обусловлено большим разбросом проницаемости слоёв ($K_f = 0,001-0,04$

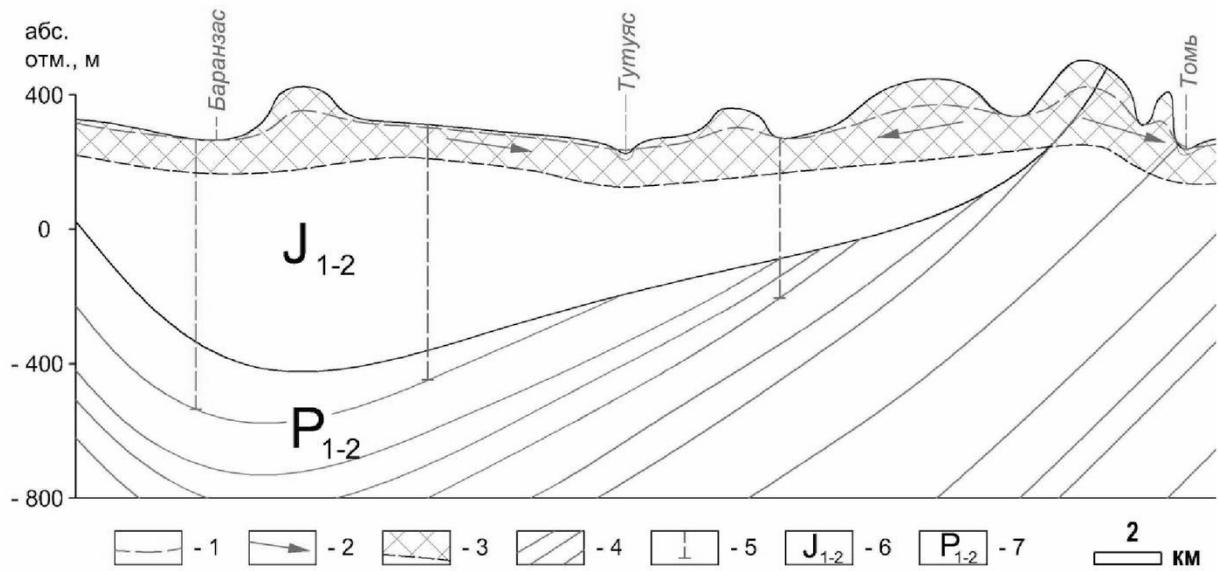


Рис. 3. Гидрогеологический разрез района добычи угольного метана

Fig. 3. Hydrogeologic section of the study area

1 – региональный уровень подземных вод; 2 – направление фильтрационного потока;
 3 – зона активного водообмена; 4 – угольные пласты; 5 – проектируемые угольнометановые скважины;
 6 – водоносный комплекс юрских отложений;
 7 – водоносный комплекс пермских отложений.

м/сут), слагающих разрез толщи. В результате проницаемость пород зоны замедленного водообмена в вертикальном направлении существенно ниже, чем в субгоризонтальном, приуроченном к поверхностям литологических границ. Соответственно, проницаемость разреза в вертикальном направлении контролируют слабопроницаемые (от 0,001 м/сут), а в субгоризонтальном – более проницаемые (до 0,04 м/сут) слои [6]. Таким образом, разрез угленосных отложений, представленный ритмичным переслаиванием аргиллитов, алевролитов, песчаников и угольных пластов, может быть схематизирован в виде однослоиной толщи с неоднородной проницаемостью в разрезе и в плане.

Режим подземных вод в зоне активного водообмена подвержен сезонным колебаниям [28], которые связаны с изменением условий питания и разгрузки в течение года. Здесь выражено влияние речной сети и водоразделов, инфильтрационного потока (Таблица 3). При моделировании зону активного водообмена допустимо схематизировать как однослоиную толщу с зональным увеличением проницаемости от водоразделов к долинам. Перииметр моделируемой области целесообразно приурочить к границам I и II рода.

Для зоны замедленного водообмена, к которой приурочены метансодержащие угольные пласты (рисунок 3), не характерно заметное влияние питающих гидродинамических границ, как в плане (из-за удаленности областей питания и разгрузки), так и в разрезе – ввиду наличия мощной толщи слабопроницаемых отложений, отделяющих дренирую-

щий угольный пласт от зоны активного водообмена и поверхностных вод. Поэтому эксплуатируемую толщу правомерно схематизировать как бесконечную в плане и ограниченную в разрезе систему пластов.

6. Обсуждение результатов

Анализ физико-географических характеристик, геологического строения и гидрогеологических условий центральной части южного Кузбасса позволяет сформулировать принципы гидродинамической схематизации участков добычи УМ и обеспечивает следующие результаты:

1. Выделены ведущие режимообразующие факторы и условия их взаимодействия.
2. Определены актуальные для решаемых задач граничные и начальные условия.
3. Выявлены закономерности неоднородного строения области фильтрации и предложены способы интерпретации этой неоднородности в расчётных схемах.
4. Составлен минимально-необходимый перечень элементов гидродинамической структуры и их характерных свойств.

Предложенная схема гидродинамических условий месторождения угольного метана актуальна для разработки численных гидрогеологических моделей при решении, в первую очередь, разведочных задач по определению характера гидродинамического взаимодействия углеметановых скважин и оценки их возможного влияния на другие объекты гидросферы. Приведённые обобщённые параметры области фильтрации и элементов

Таблица 2. Обобщённые параметры области фильтрации

Зона водообмена	Элемент	Коэф. фильтрации K_f . От-до (в среднем), м/сут		
		$a Q$	J_{I-2}	P_{I-2}
Активного	Долины	10-70 (30)	1-70 (20)	0,3-1 (0,5)
	Слоны		0,1-1 (0,5)	0,1
	Водоразделы		0,01-0,1 (0,05)	0,01-0,1 (0,05)
Замедленного	Эксплуатируемый пласт			0,001-0,04 (0,01)
	Толща смежных пород			0,01 по латерали 0,001 в разрезе

Таблица 3. Элементы гидродинамической структуры

Зона водообмена	Элемент	Границные условия	Примечание
Активного	Водораздел	II, $Q = 0$	Подходят для установления границ области фильтрации
	Водоток	III, $H = \text{const}$	
	Рельеф	II, $Q = \text{const}$	Инфильтрационное питание
	Нижняя граница	II, $Q = 0$	Условно непроницаемая
Замедленного	Скважина	I, $H = \text{const}$, $Q = f(t)$	Эксплуатационная откачка
	Верхняя граница	I, $H = \text{const}$	Определяются условно, вне зоны влияния откачки
	Нижняя граница	II, $Q = 0$	
	Периметр модели	I, $H = \text{const}$	

гидродинамической структуры (табл. 2 и 3) допустимо использовать на стадии формирования концептуальной модели месторождения угольного метана. Актуальные параметры должны быть определены в процессе калибрации модели на основании данных фактических наблюдений за режимом подземных вод на моделируемом объекте.

Результаты данной работы активно используются при разработке моделей для обоснования прогнозов изменения гидрогеологических условий в процессе добычи угольного метана на осваиваемых площадях Кузнецкого бассейна [30].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинкин, А.В. Результаты и перспективы реализации инновационного проекта по добыче метана из угольных пластов в Кузбассе / Калинкин А.В., Новиков В.И. // Газовая промышленность. – 2012. – №672. – С. 6-8.
2. Василенко, Т.А. Динамика трещиновато-пористой структуры угля и ее влияние на кинетику мас-сопреноса метана в углепородном массиве / Василенко Т.А., Гринёв В.Г., Фельдман Э.П., Молчанов А.Н., Калугина Н.А., Пичка Т.В., Пронский Е.А. // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2016. – №. 1. – С. 81-89.
3. Сластунов, С.В. Извлечение и использование шахтного метана – основа рациональной разработки угольных месторождений / Сластунов С.В., Коликов К.С., Каркашадзе Г.Г., Ермак Г.П. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №. 5. – С. 235-239.
4. Мелехин, Е.С. Добыча метана из угольных пластов как основа повышения безопасности и эффективности добычи угля / Мелехин Е.С., Кошелец А.В. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2012. – № 2. – С. 51-55.
5. Балабуха, А.В. Технологические проблемы добычи угольного метана / Балабуха А.В., Иншаков Р.С., Андреева Л.В. // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2016. – №. 14-1. – С. 87-89.

6. Гридасов А.Г. Гидрогеологические условия добычи угольного метана на примере перспективных площадей Южного Кузбасса // Трофимуковские чтения / СО РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – С. 101-104.
7. Рогов Г.М., Попов В.К. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1985. – 191 с.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-45 – Новокузнецк. Объяснительная записка. – СПб.: картфабрика ВСЕГЕИ, 2007 . – 665 с.
9. Дмитриевская, Т.В. Проблемы добычи метана из угольных пластов и новейшая геодинамика на примере Талдинского месторождения (Южный Кузбасс) / Дмитриевская Т.В., Рябухина С.Г., Зайцев В.А. // Геология нефти и газа. – 2012. – №4. – С. 85-91.
10. Гридасов А.Г. Гидрогеологические условия Подобасско-Тутуюсской депрессии в связи с перспективой добычи метана из угольных пластов (Южный Кузбасс) // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – С. 372-374.
11. Гидрогеологическая карта СССР. Масштаб 1: 200 000. Лист N-45-XXII. Объяснительная записка. – Новокузнецк, 1965. – 103 с.
12. Тагильцев, С.Н. Гидрогеологические признаки тектонической стратификации скального массива / Тагильцев С.Н., Лукьянов А.Е. // Инженерная геология. – 2009. – №3. – С. 60-64.
13. Макушин Ю.В. Исследование закономерностей формирования структуры фильтрационных потоков для целей схематизации гидрогеологических условий угольных месторождений (на примере Центрального Кузбасса): Автореф. дис. канд. геол.-минералог. наук. – Томск: 1983. – 20 с.
14. Соломко, Л.А. О причинах повышенной водообильности пород в депрессиях рельефа в Кузбассе / Соломко Л.А., Рогов Г.М. // Известия ТПУ. – 1964. – Том 127, в. 2. – С. 141-145.
15. Гридасов А.Г. Результаты гидродинамических исследований структурной скважины №CH-15 на Чалтокском участке работ по поиску угольного метана (Кузбасс) // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова. Том I. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – С. 442-444.
16. Кузнецова М.А., Постникова О.В. Гидрогеология СССР, Т.17. Кемеровская область и Алтайский край. – М.: Недра, 1972. – 399 с.
17. Шубина, Е.А. Изучение природной газоносности с целью развития добычи метана из угольных пластов в промышленных масштабах / Шубина Е.А., Лукьянов В.Г. // Вестник КузГТУ. - 2016. - №1. - С. 3-11.
18. Рогов Г.М., Попов В.К., Осипова Е.Ю. Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйствственно-питьевого водоснабжения. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2003. – 217 с.
19. Плевако Г.А. Гидрогеология Осиновского района Кузбасса и условия отработки углей под обводнёнными юрскими отложениями: дис. ... канд. геол.-минералог. наук; Томский политехнический институт; науч. рук. Г. М. Рогов. – Томск: 1965. – 385 с.
20. Покровский Д.С. Гидрогеология Ерунаковского района Кузнецкого угольного бассейна: Автореф. дис. канд. геол.-минералог. наук. – Томск, 1967. – 21 с.
21. Попов В.К. Особенности формирования и использование подземных вод угленосных образований Кузбасса (на примере центральных и южных районов): дис. ... канд. геолого-минералог. наук; Томский инженерно-строительный институт; науч. рук. Г. М. Рогов. — Томск: 1973. – 223 с.
22. Копытов, А.И. Опыт добычи метана при разработке угольных месторождений Китая / Копытов А.И., Войтов М.Д., Тагиев С.М. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2016. - №3. - С. 8-14.
23. Yao Y, Liu D, Yan T. Geological and hydrogeological controls on the accumulation of coalbed methane in the Weibei field, southeastern Ordos Basin // International Journal of Coal Geology, 2014. – Elsevier. – P. 55-64.
24. Zhou F., Chen Z., Rahman S. Effect of hydraulic fracture extension into sandstone on coalbed methane production // Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2015. – v.22. – P. 459-467.
25. Xu R., Tang D., Tao S., Cui Y., Wei N. Hydrogeological characteristics of CBM reservoirs and their controlling effects in Block Anze, Qinshui Basin // Natural Gas Industry, 2016. – 36(2). – P. 36-44.
26. Meredith E.B. Coal aquifer contribution to streams in the Powder River Basin, Montana // Journal of Hydrology, 2016/. – V. 537. – P. 130-137.
27. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. – М., Недра, 1980. – 358 с.
28. Domrocheva E., Lepokurova O. Ground water regimes containing country rock minerals in Southern Kuzbass (case study: Narysk-Ostashkin) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 33(1) 2016.

29. Шварцев, С.Л. Гидрогеология Ерунаковского района Кузбасса в связи с проблемой образования ресурсов и добычи угольного метана / Шварцев С.Л., Хрюкин В.Т., Домрочева Е.В., Кузеванов К.И., Рассказов Н.М., Попова Т.С., Лепокурова О.Е., Швачко Е.В. // Геология и геофизика. – Новосибирск, 2006. – №7. – С. 881-891.

30. Гридасов А.Г. Прогноз влияния добычи угольного метана на Тутуюсское месторождение подземных вод в Кузбассе // Экологические проблемы недропользования: труды XVI Международной молодежной научной конференции (Санкт-Петербург, 6-9 июня 2016 г.) . – Изд-во СПбГУ, 2016. – С. 211-212.

REFERENCES

1. Kalinkin, A.V. Rezul'taty i perspektivy realizacii innovacionnogo proekta po dobyche metana iz ugol'nyh plastov v Kuzbasse / Kalinkin A.V., Novikov V.I. // Gazovaja promyshlennost'. – 2012. – №672. – S. 6-8.
2. Vasilenko, T.A. Dinamika treshhinovato-poristoj struktury uglja i ee vlijanie na kinetiku massoperenosu metana v ugleporodnom massive / Vasilenko T.A., Grinjov V.G., Fel'dman Je.P., Molchanov A.N., Kalugina N.A., Pichka T.V., Pronskij E.A. // Zbirnik naukovih prac' UkrDGRI. – 2016. – №. 1. – S. 81-89.
3. Slastunov, S.V. Izvlechenie i ispol'zovanie shahtnogo metana – osnova racional'noj razrabotki ugol'nyh mestorozhdenij / Slastunov S.V., Kolikov K.S., Karkashadze G.G., Ermak G.P. // Gornyj informacionno-analiticheskij bulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – 2014. – №. 5. – S. 235-239.
4. Melehin, E.S. Dobycha metana iz ugol'nyh plastov kak osnova povyshenija bezopasnosti i jeffektivnosti dobychi uglja / Melehin E.S., Koshelec A.V. // Mineral'nye resursy Rossii. Jekonomika i upravlenie. – 2012. – № 2. – S. 51-55.
5. Balabuha, A.V. Tehnologicheskie problemy dobychi ugol'nogo metana / Balabuha A.V., Inshakov R.S., Andreeva L.V. // Fundamental'nye i priklazhnye issledovaniya v sovremenном mire. – 2016. – №. 14-1. – S. 87-89.
6. Gridasov A.G. Gidrogeologicheskie uslovija dobychi ugol'nogo metana na primere perspektivnyh ploshchadej Juzhnogo Kuzbassa // Trofimukovskie chteniya / SO RAN, Institut neftegazovoj geologii i geofiziki im. A.A. Trofimuka. – Novosibirsk: RIC NGU, 2015. – S. 101-104.
7. Rogov G.M., Popov V.K. Gidrogeologija i katagenez porod Kuzbassa. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 1985. – 191 s.
8. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Altai-Sajanskaja. List N-45 – Novokuzneck. Ob#jasnitel'naja zapiska. – SPb.: kartfabrika VSEGEI, 2007 . – 665 s.
9. Dmitrievskaja, T.V. Problemy dobychi metana iz ugol'nyh plastov i novejshaja geodinamika na primere Taldinskogo mestorozhdenija (Juzhnyj Kuzbass) / Dmitrievskaja T.V., Rjabuhina S.G., Zajcev V.A. // Geologija nefti i gaza . – 2012. – №4. – S. 85-91.
10. Gridasov A.G. Gidrogeologicheskie uslovija Podobassko-Tutujasskoj depressii v svjazi s perspektivoj dobychi metana iz ugol'nyh plastov (Juzhnyj Kuzbass) // Problemy geologii i osvojenija nedr: Trudy XIX Mezdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2015. – S. 372-374.
11. Gidrogeologicheskaja karta SSSR. Masshtab 1 : 200 000. List N-45-XXII. Ob#jasnitel'naja zapiska. – Novokuzneck, 1965. – 103 s.
12. Tagil'cev, S.N. Gidrogeologicheskie priznaki tektonicheskoy stratifikacii skal'nogo massiva / Tagil'cev S.N., Luk'janov A.E. // Inzhenernaja geologija . – 2009. – №3. – S. 60-64.
13. Makushin Ju.V. Issledovanie zakonomernostej formirovaniya struktury fil'tracionnyh potokov dlja celej shematizacii hidrogeologicheskikh uslovij ugol'nyh mestorozhdenij (na primere Central'nogo Kuzbassa): Avtoref. dis. kand. geol.-mineralog. nauk. – Tomsk: 1983. – 20 s.
14. Solomko, L.A. O prichinah povyshennoj vodoobil'nosti porod v depressijah rel'efa v Kuzbasse / Solomko L.A., Rogov G.M. // Izvestija TPU. – 1964. – Tom 127, v. 2. – S. 141-145.
15. Gridasov A.G. Rezul'taty gidrodinamicheskikh issledovanij strukturnoj skvazhiny №SN-15 na Chaltokskom uchastke rabot po poisku ugol'nogo metana (Kuzbass) // Problemy geologii i osvojenija nedr: Trudy XVIII Mezdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova. Tom I. – Tomsk: Izd-vo TPÜ, 2014. – S. 442-444.
16. Kuznecova M.A., Postnikova O.V. Gidrogeologija SSSR, T.17. Kemerovskaja oblast' i Altajskij kraj. – M.: Nedra, 1972. –399 s.
17. Shubina, E.A. Izuchenie prirodnoj gazonosnosti s cel'ju razvitiya dobychi metana iz ugol'nyh plastov v promyshlennyh masshtabah / Shubina E.A., Luk'janov V.G. // Vestnik KuzGTU. - 2016. - №1. - C. 3-11.
18. Rogov G.M., Popov V.K., Osipova E.Ju. Problemy ispol'zovaniya prirodnyh vod bassejna reki Tomi dlja hozjajstvenno-pit'evogo vodosnabzhenija. – Tomsk: Izd-vo TGASU, 2003. – 217 s.
19. Plevako G.A. Gidrogeologija Osinovskogo rajona Kuzbassa i uslovija otrabotki uglej pod obvodnjonnymi jurskimi otlozhenijami: dis. kand. geol.-mineralog. nauk; Tomskij politehnicheskij institut; nauch. ruk. G. M. Rogov. – Tomsk: 1965. – 385 s.

20. Pokrovskij D.S. Gidrogeologija Erunakovskogo rajona Kuzneckogo ugol'nogo bassejna: Avtoref. dis. kand. geol.-mineralog. nauk. – Tomsk, 1967. – 21 s.
21. Popov V.K. Osobennosti formirovaniya i ispol'zovanie podzemnyh vod uglenosnyh obrazovanij Kuzbassa (na primere central'nyh i juzhnyh rajonov): dis. ... kand. geologo-mineralog. nauk; Tomskij inzhenerno-stroitel'nyj institut; nauch. ruk. G. M. Rogov. — Tomsk: 1973. – 223 s.
22. Kopytov, A.I. Opyt dobychi metana pri razrabotke ugol'nyh mestorozhdenij Kitaja / Kopytov A.I., Vojtov M.D., Tagiev S.M. // Vestnik KuzGTU. - 2016. - №3. - C. 8-14.
23. Yao Y, Liu D, Yan T. Geological and hydrogeological controls on the accumulation of coalbed methane in the Weibei field, southeastern Ordos Basin // International Journal of Coal Geology, 2014. – Elsevier. – P. 55-64.
24. Zhou F., Chen Z., Rahman S. Effect of hydraulic fracture extension into sandstone on coalbed methane production // Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2015. – v.22. – P. 459-467.
25. Xu R., Tang D., Tao S., Cui Y., Wei N. Hydrogeological characteristics of CBM reservoirs and their controlling effects in Block Anze, Qinshui Basin // Natural Gas Industry, 2016. – 36(2). – P. 36-44.
26. Meredith E.B. Coal aquifer contribution to streams in the Powder River Basin, Montana // Journal of Hydrology, 2016/. – V. 537. – P. 130-137.
27. Gavich I.K. Teorija i praktika primenenija modelirovaniya v hidrogeologii. – M., Nedra, 1980. – 358 s.
28. Domrocheva E., Lepokurova O. Ground water regimes containing country rock minerals in Southern Kuzbass (case study: Narysk-Ostashkin) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 33(1) 2016.
29. Shvarcev, S.L. Gidrogeologija Erunakovskogo rajona Kuzbassa v svjazi s problemoj obrazovanija resursov i dobuchi ugol'nogo metana / Shvarcev S.L., Hrjukin V.T., Domrocheva E.V., Kuzevanov K.I., Rasskazov N.M., Popova T.S., Lepokurova O.E., Shvachko E.V. // Geologija i geofizika. – Novosibirsk, 2006. – №7. – S. 881-891.
30. Gridasov A.G. Prognoz vlijanija dobuchi ugol'nogo metana na Tutujasskoe mestorozhdenie podzemnyh vod v Kuzbasse // Jekologicheskie problemy nedropol'zovanija: trudy XVI Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii (Sankt-Peterburg, 6-9 june 2016) . – Izd-vo SPbGU, 2016. – S. 211-212.

Поступило в редакцию 27. 04.2017

Received 27 April 2017