

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество “Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева”

Институт геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова

Кафедра гидрогеология, инженерная и нефтегазовая геология



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Обоснование и расчет границ месторождений подземных вод, находящихся в
различных гидрогеологических условиях»

6B07211 – Гидрогеология и инженерная геология

Выполнил

Жақсылық Д.Е.

Рецензент
Заместитель директора
ТОО Национальная производственная компания
«Геотерм»
Жабабилов С.С.
«Производственная компания»
«Геотерм»
2025 г.

Научный руководитель
Кандидат геолого-
минерологических наук,
профессор

Завалей В.А.
«29» май 2025 г.

Алматы 2025 год

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова

Кафедра гидрогеология, инженерная и нефтегазовая геология

6В07211 – Гидрогеология и инженерная геология

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГИиНГ

кандидат технических наук,

ассоциированный профессор

Несеев Әуелхан Е.С.

«10» 06 2025 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Жақсылық Диас Ерболұлы

Тема: Обоснование и расчет границ месторождений подземных вод, находящихся в различных гидрогеологических условиях

Утверждена приказом Член правления – проректора по академическим вопросам № 26-П/Ө от «29» января 2025 г.

Срок сдачи законченной работы «5» 06 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе: теоретические материалы из научной и учебной литературы, а также результаты анализа собранной информации

Краткое содержание дипломной работы:

- а) история термина «месторождение подземных вод»
- б) сравнение месторождений подземных вод с другими типами месторождений
- в) критерий влияющие на определения границ месторождений подземных вод
- г) граничные условия как границы месторождений подземных вод
- д) зоны санитарной охраны как границы месторождений подземных вод
- е) сложности определения границ месторождений подземных вод различного типа и влияние технических условий на границы месторождений подземных вод

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- А) Схема смещения водонефтяного контакта при упруго- или жестко-водонапорном режиме и газонефтяного контакта при газовом режиме
- Б) Схема граничных условий: первого рода – граница с постоянным напором, второго рода – граница с нулевым потоком
- В) Схема водораздела в междуречье
- Г) Графики зависимости размеров ЗСО от различных гидрогеологических параметров: расхода подземного водозабора, коэффициента фильтрации, мощности водоносного горизонта, активной пористости, параметра перетекания и градиента потока подземных вод

представлены на 53 слайдах презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 65 наименований

1 Боревский, Б. В., Дробноход Н. И., Язвин Л. С. Оценка запасов подземных вод - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Выща школа. Головное изд-во, 1989. - 407 с.: ил. — ISBN 5-11-001204-0.

2 Карцев А. А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1972. — 280 с.

3 Мироненко В. А. Динамика подземных вод: учебник для вузов. — 5-е изд., стер. — М.: Горная книга; Изд-во МГТУ, 2009. — 519 с.: ил. — (Экология горного производства). — ISBN 978-5-98672-124-8, ISBN 978-5-7418-0570-1.

4 Руководство по проектированию сооружений для забора подземных вод: к соответствующим разделам СНиГС 11-31-74. — М.: Стройиздат, 1978. — 209 с. — С. 1-96.

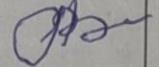
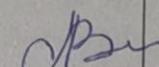
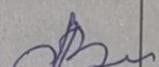
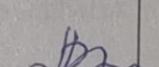
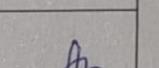
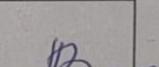
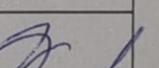
5 Еремин Г. Б., Никуленков А. М., Борисова Д. С., Мозжухина Н. А. Гигиеническая безопасность подземных источников питьевого и хозяйствственно-бытового водоснабжения. Зоны санитарной охраны. — СПб.: Наука, 2022. — 195 с. — ISBN 978-5-02-040491-5.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

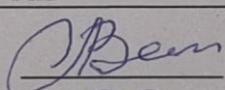
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
История развития термина «месторождение подземных вод»	01.03.2025	
Сравнительный анализ принципов определения границ месторождений различных природных ресурсов	01.04.2025	
Критерий определения границ месторождений подземных вод	10.04.2025	
Граничные условия как границы месторождений подземных вод	25.04.2025	
Зоны санитарной охраны как границы месторождений подземных вод	10.05.2025	
Технические условия, влияющие на границы месторождений подземных вод	25.05.2025	

Подписи

консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу с указанием
относящихся к ним разделов работы

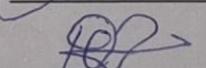
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
История развития термина «месторождение подземных вод»	В.А. Завалей кандидат геолого-минерологических наук, профессор	03.03.2025	
Сравнительный анализ принципов определения границ месторождений различных природных ресурсов	В.А. Завалей кандидат геолого-минерологических наук, профессор	01.04.2025	
Критерий определения границ месторождений подземных вод	В.А. Завалей кандидат геолого-минерологических наук, профессор	11.04.2025	
Границы условия как границы месторождений подземных вод	В.А. Завалей кандидат геолого-минерологических наук, профессор	28.04.2025	
Зоны санитарной охраны как границы месторождений подземных вод	В.А. Завалей кандидат геолого-минерологических наук, профессор	12.05.2025	
Технические условия, влияющие на границы месторождений подземных вод	В.А. Завалей кандидат геолого-минерологических наук, профессор	26.05.2025	
Норм контролер	Э.М. Кульдеева старший преподаватель, PhD	05.06.2025	

Научный руководитель



Завалей В.А.

Задание принял к исполнению обучающийся



Жақсылық Д.Е.

Дата

«05» 06 2025 г.

АНДАТПА

Қазақстан Республикасының Су кодексінде жерасты су кенорындарының (ЖСК) шекараларын анықтау керектігі туралы жазылғанымен, оларды анықтау әдістері еліміздің нормативтік құжаттарында жазылмаған. Бұл өз кезегінде ЖСК шекараларын анықтау кезінде субъективтілікке әкеледі. Сонымен қатар, бұл термин тек бұрынғы КСРО аумағындағы елдердеғанда қолданылады, сондықтан шетелдік әдебиеттерде мұндай мәселе кездеспейді. Осы дипломдық жұмыста ЖСК шекараларын анықтау үшін қажет суға мұқтаждық, геологиялық-гидрогеологиялық, техникалық-экономикалық және экологиялық шарттары қарастырылады. Сондай-ақ, шекаралық шарттар мен санитарлық қорғау аймақтарының ЖСК шекарасы қызметін атқаруы да талданады. Жұмыс нәтижесінде үш ықтимал шешім ұсынылды: біріншісі – жаңа зерттеулер жүргізіп, әр ЖСК үшін жеке шекара анықтау әдістерін әзірлеу; екіншісі – «жерасты су кенорнының шекарасы» терминінен бас тартып, тек санитарлық қорғау аймақтарының шекараларымен шектелу, бірақ «жерасты су кенорны» терминін «бастоған» терминіне ауыстырып, осылайша шетелдік тәжірибелі қабылдау.

Түйінді сөздер: жерасты су кенорындары; жерасты су кенорындарының шекаралары; шекаралық шарттар; санитариялық қорғау аймақтары; жерасты су қабаты; сутірек.

АННОТАЦИЯ

В Водном кодексе Республики Казахстан указывается, что нужно определять границы месторождений подземных вод (МПВ), однако методы их установления не прописаны в нормативных документах страны. Это, в свою очередь, приводит к субъективизму при определении границ МПВ. Кроме того, данный термин используется только в странах бывшего СССР, поэтому в зарубежной литературе такая проблема не рассматривается. В данной дипломной работе рассматриваются потребность в воде, геолого-гидрологические, технико-экономические и экологические требования как условия для определения границ МПВ. Также анализируется выполнение функций границ МПВ граничными условиями и санитарными зонами. В результате работы предложены два возможных решения: первое – проведение новых исследований и разработка методов определения границ для каждого типа МПВ; второе – отказ от термина «границы месторождения подземных вод» и ограничение только санитарными зонами, сохранив при этом термин «месторождение подземных вод» в обиходе; третье – заменить термин «месторождение» в отношении подземных вод на «водозабор», тем самым перенять зарубежный опыт.

Ключевые слова: месторождения подземных вод; границы месторождений подземных вод; граничные условия; зоны санитарной охраны; водоносный горизонт; водоупор.

ANNOTATION

In the Water Code of the Republic of Kazakhstan, it is stated that the boundaries of groundwater deposits (GWD) must be determined; however, the methods for their establishment are not specified in the country's regulatory documents. This, in turn, leads to subjectivity when defining GWD boundaries. Moreover, this term is only used in the countries of the former USSR, so such an issue is not addressed in foreign literature. This thesis examines water demand, geological-hydrogeological, technical-economic, and environmental requirements as conditions for determining GWD boundaries. The study also analyzes the fulfillment of GWD boundary functions by boundary conditions and sanitary zones. The study proposes two possible solutions: the first is to conduct new research and develop methods for defining boundaries for each type of GWD; the second is to abandon the term «groundwater deposit boundaries» and limit the boundaries to sanitary zones only, while retaining the term «groundwater deposit» in use; third is to replace the term «deposit» in relation to groundwater with «wellfield», thereby adopting international practice.

Keywords: groundwater deposits; groundwater deposit boundaries; boundary conditions; groundwater protection zones; aquifer; aquiclude.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Термин «месторождение подземных вод»	11
1.1 История развития термина «месторождение подземных вод»	11
1.2 Типы месторождений подземных вод	11
2 Сравнительный анализ принципов определения границ месторождений различных природных ресурсов	13
2.1 Определение естественных границ месторождений твердых полезных ископаемых	13
2.2 Определение искусственных границ месторождений твердых полезных ископаемых	13
2.3 Определение границ месторождений традиционных углеводородов	16
2.4 Определение границ месторождений нетрадиционных углеводородов	19
3 Определение границ месторождений подземных вод	27
3.1 Критерий определения границ месторождений подземных вод	27
3.2 Определение вертикальных границ месторождений подземных вод	28
3.3 Две крайности выделения границ месторождений подземных вод	29
3.4 Граничные условия как границы месторождений подземных вод	30
3.5 Самый первый способ определения границ месторождений подземных вод	33
4 Зоны санитарной охраны как границы месторождений подземных вод	34
5 Проблемы с определением границ месторождений подземных вод	37
5.1 Особый подход к определению границ для каждого типа месторождений подземных вод	37
5.2 Технические условия	38
Заключение	42
Список использованной литературы	44

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к подземным водам существует с древности – еще античные мыслители высказывали идеи, частично совпадающие с современными представлениями. Однако начало научной гидрогеологии связывают с трудами П. Перро (1674) и Э. Мариотта (1717), впервые описавших инфильтрацию осадков как источник подземных вод. Наука развивалась и во второй половине XX века гидрогеология перешла от накопления фактов к их анализу и прогнозированию, став прикладной наукой с использованием новых технологий. В конце столетия она начала изучать геологические процессы с участием водных флюидов, влияя на смежные науки [1]. Однако, несмотря на значительный прогресс, в отрасли сохраняются фундаментальные нерешенные вопросы. Одной из ключевых проблем остается определение границ месторождений подземных вод.

Стоит начать с самого термина «месторождение подземных вод», который, несмотря на определенную условность, обусловленную подвижностью и возобновляемостью водных ресурсов, как доказал Н. И. Плотников, является правомерным и важным [2].

Впервые термин был официально введен в нормативную документацию в Инструкции 1951 года, однако без определения [3]. На рубеже XX–XXI веков понятие «месторождение» стали рассматривать как геолого-экономическое, а не чисто геологическое. Условность границ, присущая всем месторождениям полезных ископаемых, наиболее ярко проявляется в случае с подземными водами из-за их текучести и других особенностей [2].

Первый подход к определению границ месторождений подземных вод (МПВ) был предложен Б. В. Боревским и Л. С. Язвиным в 1976 году [4, 5, 6], однако позднее от него отказались [2, 6]. В дальнейшем С.Ш. Мирзаев предложил включать в контуры месторождения всю площадь водоносного горизонта, охватывающую зоны питания и разгрузки [7]. А Н.И. Дробноход считал, что в месторождение следует включать зону, формирующую подземный сток, влияющий на дебит водозаборов [5].

Таким образом, несмотря на то что термин «месторождение подземных вод» закреплен в нормативных документах, на сегодняшний день отсутствует единый стандарт определения его границ [8].

Целью данной дипломной работы является анализ существующих подходов к определению границ месторождений подземных вод, а также сравнение их с подходами, применяемыми к другим видам полезных ископаемых. Кроме того, в работе будет обсуждаться целесообразно ли дальнейшее использование термина «месторождение подземных вод» или его следует исключить из практики, чтобы избежать необходимости устанавливать его границы. Также в данной работе предполагается разработать рекомендации по определению границ МПВ и объяснить причины, по которым этот процесс вызывает затруднения.

1 Термин «месторождение подземных вод»

1.1 История развития термина «месторождение подземных вод»

Впервые в гидрогеологической практике термин «месторождение» был предложен А. М. Овчинниковым в 1930-х годах для минеральных вод [5]. А. М. Овчинник считал, что месторождение минеральных вод – пространственно оконтуриваемые скопления воды определенного состава (отвечающего установленным кондициям) в количествах, достаточных для экономически целесообразного их использования [9]. Г. Н. Каменский писал, что А. М. Овчинник успешно применил термин «месторождение» по отношению к минеральным водам. И в своей работе 1947 г. «Поиск и разведка подземных вод» отметил, что геологические структуры, где концентрируются значительные ресурсы подземных вод могут именоваться водными месторождениями. Но данное понятие не только отражала залегание водоносных пород, но и динамику и режим вод [10, 11]. В 1959 г. научное понятие «месторождение пресных подземных вод» было предложено Н. И. Плотниковым, а в дальнейшем формулировка его совершенствовалась и уточнялась [11]. Так Л. С. Язвин и Б. В. Боревский в 1976 г., предложили понимать под месторождениями подземных вод (МПВ) не участки «скопления», а участки с благоприятными условиями для отбора подземных вод, учитывая различные гидрогеологические условия [5]. Это определение с незначительными редакционными корректировками вышло в инструкцию по применению классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод утвержденную в 1984 г., где приведена следующая формулировка [5]: «Под месторождением подземных вод подразумевается пространственно-ограниченная часть водоносной системы, в пределах которой под влиянием естественных или искусственных факторов создаются благоприятные по сравнению с окружающими площадями условия для отбора подземных вод в количестве, достаточном для целевого использования их в народном хозяйстве» [12].

На данный момент времени формулировка упростилась и в водном кодексе Республики Казахстан под месторождением или участком подземных вод понимают пространственно ограниченную часть водоносной системы, в который имеются благоприятные условия для добычи подземных вод определенного качества в количестве, достаточном для их целевого использования [8].

1.2 Типы месторождений подземных вод

В XX в. понятие МПВ было неоднозначным [5], и что тогда, что сейчас есть разные принципы выделения границ месторождений. Это и различные аспекты формирования запасов подземных вод породило различные типизаций МПВ [5].

Тем не менее, типизация МПВ по совокупности естественных физико-географических и геолого-гидрогеологических факторов нашла широкое применение в практике разведочных работ [5] (таблица 1).

Таблица 1 – Основные типы месторождений питьевых и технических подземных вод [5]

Индекс типа	Тип месторождения	Индекс подтипа	Подтип месторождения
I	В речных долинах (на прибрежных участках)	I – А	Равнинных рек
		I – Б	Горных рек
II	В артезианских бассейнах	II – А	Платформенных областей
		II – Б	Межгорных впадин и предгорных прогибов
III	В конусах выноса (субаэральных дельтах)	III – А	Предгорных шлейфов
		III – Б	Внутригорных впадин
IV	В ограниченных по площади структурах	IV – А	В трещинно-карстовых и трещинных коллекторах
		IV – Б	В рыхлообломочных коллекторах: IV – Б1 – в наложенных молодых депрессиях IV – Б2 – в погребенных речных долинах
V	В бассейнах и потоках грунтовых вод	V – А	Трещинно-карстовых массивов
		V – Б	Зон экзогенной трещиноватости
		V – В	Песчаных массивов: V – В1 – пустынь и полупустынь V – В2 – зандровых равнин V – В3 – аллювиальных и аллювиально-пролювиальных равнин (широких речных террас)
VI	В бассейнах субнапорных вод межморенных отложений		
VII	В потоках трещинно-жильных вод		
VIII	В периферийных частях лавовых потоков		
IX	В таликах в области развития многолетнемерзлых пород		

Конечно, для разных стран с разными физико-географическими и геолого-гидрогеологическими факторами будут определенные разные типы МПВ.

2 Сравнительный анализ принципов определения границ месторождений различных природных ресурсов

В самом простом понимании месторождения полезных ископаемых – это значительные природные скопления ценных полезных ископаемых, расположенные в пределах земной коры [13]. В свою очередь, полезное ископаемое – природное вещество земной коры, пригодное для использования с реальной или ожидаемой выгодой [14]. Полезные ископаемые бывают твердые, жидкые и газообразные [15].

Но следует уделить особое внимание именно жидким и газовым месторождениям, поскольку, аналогично подземным водам, они обладают способностью к миграции в подземной среде.

2.1 Определение естественных границ месторождений твердых полезных ископаемых

К твердым полезным ископаемым относятся минеральные образования отличных от вмещающей породы, которые можно было использовать в коммерческих целях, и которые обычно называются рудами [16, 17].

Касаемо месторождений твердых полезных ископаемых, их границу можно установить по разнице содержания полезного компонента. Общие контуры месторождения или поля полезных ископаемых должны быть хотя бы приближенно установлены на самых начальных этапах разведки. При разведке особо крупных месторождений оконтуривание производится по частям, а общие контуры поля распространения полезного ископаемого определяется с привлечением геофизических методов и геолого-структурного картирования [18].

Если граница между телом полезного ископаемого и вмещающей горной породой видна отчетливо, то это естественная граница (рисунок 1а) [14].

2.2 Определение искусственных границ месторождений твердых полезных ископаемых

Но если есть постепенный переход от вкрапленных руд во вмещающую горную породу, то проводится искусственная граница тела исходя из требования рентабельности добычи (рисунок 1б) [14]. В данном случае граница определяется исключительно экономическими факторами и, следовательно, является динамичной, поскольку теоретически может изменяться в зависимости от цен на сырье, технологий добычи и методов рудообогащения. Например, на рисунке 2 границы месторождения определяются экономической целесообразностью добычи полезного компонента. Если при текущей цене рентабельно перерабатывать руду с содержанием компонента от 1 до 1,5%, то

эта концентрация и будет являться границей месторождения. Однако при росте цены на полезный компонент становится экономически выгодным извлекать руду с более низким содержанием вещества, в результате чего границы месторождения расширяются, охватывая более обедненные участки. Как пример можно привести Коныратское месторождение меди расположено 15 км. севернее города Балкаш Карагандинской области [19]. Месторождение обладает содержанием меди 0,62% [20] и считается гранодиоритовым порфировым месторождением, ассоциированным с натриевой гранодиоритовой свитой [21]. Рудное тело которого имеет форму северо-восточно вытянутой воронки с выходом на поверхность 1000×700 –800 м и продолжается до размеров 320×180 м на глубине 650 м (рисунок 3) [22]. В данном случае граница отчетливо видна. Хотя, если рассматривать всю зону порфировой минерализации в широком геологическом понимании – диффузный характер есть на периферии.

После 1960-х годов с развитием научно-технической революции началась активная добыча меди, которая продолжается и сейчас [23]. Так в период с 2019 года по 2024 год добыча меди увеличилось на 11,5% [24, 25]. В результате среднее содержание меди в разрабатываемых рудах постепенно снижается. В будущем можно ожидать, что границы месторождения Конырат будут расширяться за счет вовлечения в разработку периферийных зон с низким содержанием меди.

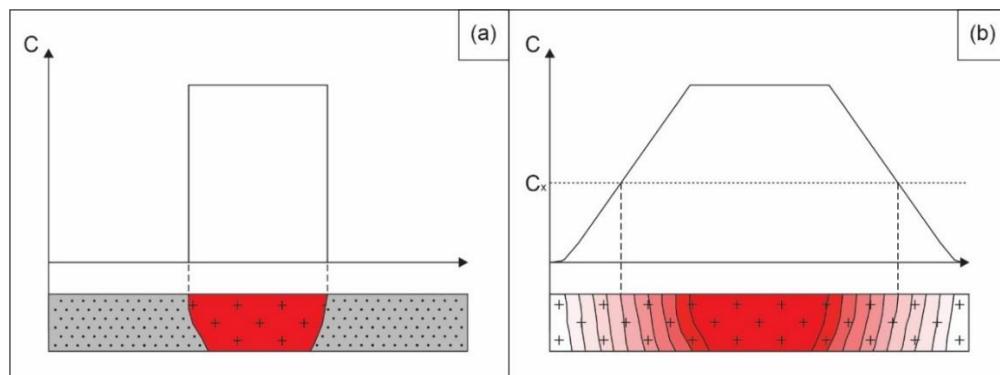


Рисунок 1 – (а) естественная граница; (б) искусственная граница

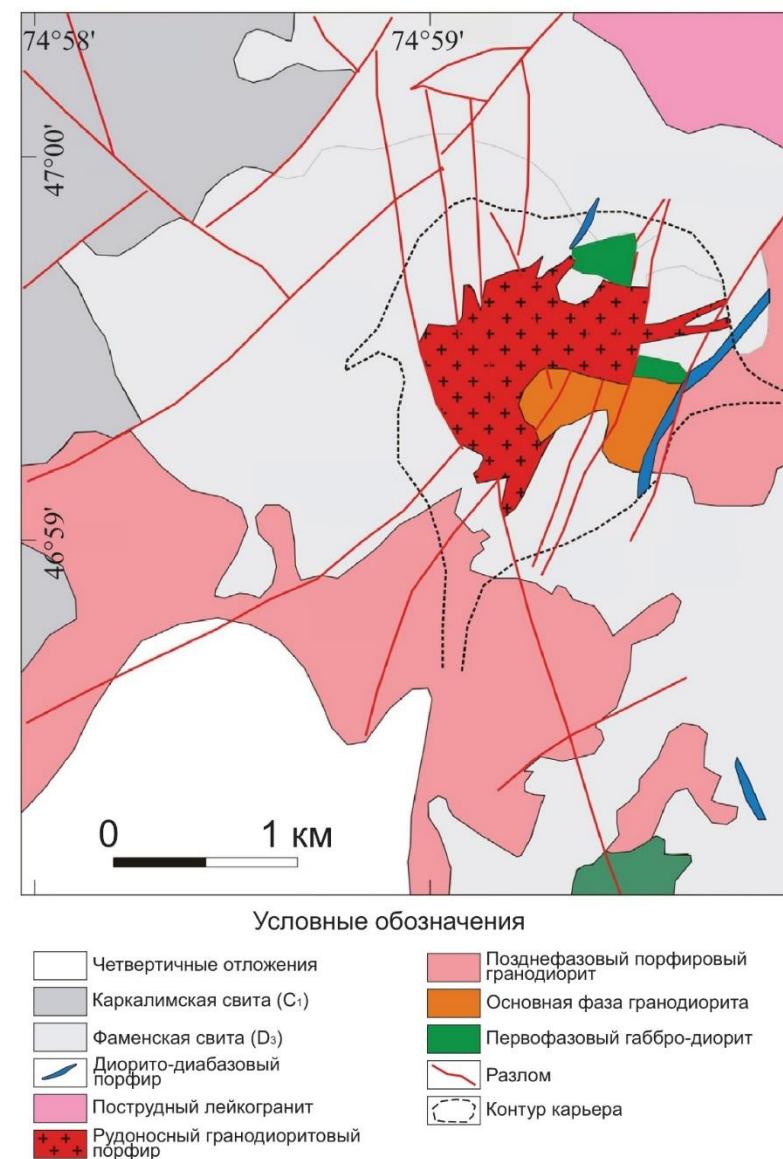
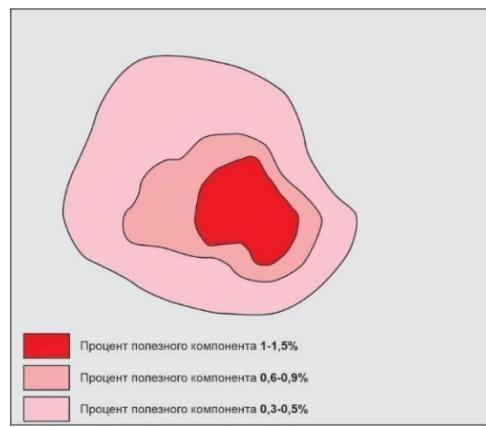


Рисунок 3 – Геологическая карта порфирового медного месторождения Конырат [22]

2.3 Определение границ месторождений традиционных углеводородов

До настоящего времени не существует общепринятого определения термина «месторождение» по отношению к углеводородам. В литературе предложено понимать под месторождением нефти и (или) газа участок земной коры с определенным геологическим строением, содержащий залежи углеводородов [26]. В таком определении понятие месторождения включает не только сами залежи, но и все породы, участвующие в его строении.

В этой работе я буду использовать классификацию, разделяющую месторождения на традиционные и нетрадиционные, поскольку она наиболее точно отражает границы залежей, а также позволяет дифференцировать механизмы миграции углеводородов.

Для упрощения объяснения в качестве примера месторождения традиционных углеводородов рассматривается месторождение с одной залежью несмотря на то, что в реальных условиях возможно наличие нескольких залежей.

Подземные воды играют важную роль в транспортировке веществ, необходимых для формирования нефтяных и газовых скоплений, однако условия их формирования и разрушения различаются [27].

На элизионных этапах гидрологической истории зоны прогибания и накопления осадков (палеопьезомаксимумы) могут рассматриваться как области нефтегазообразования, где происходит генерация углеводородов. В то же время области относительных поднятий, характеризующиеся пониженным давлением и являющиеся направлениями движения подземных вод (палеопьезоминимумы), могут рассматриваться как зоны нефтегазонакопления (рисунок 4). Именно здесь происходит формирование залежей нефти и газа за счет выделения углеводородов и других органических соединений из водного раствора [27].

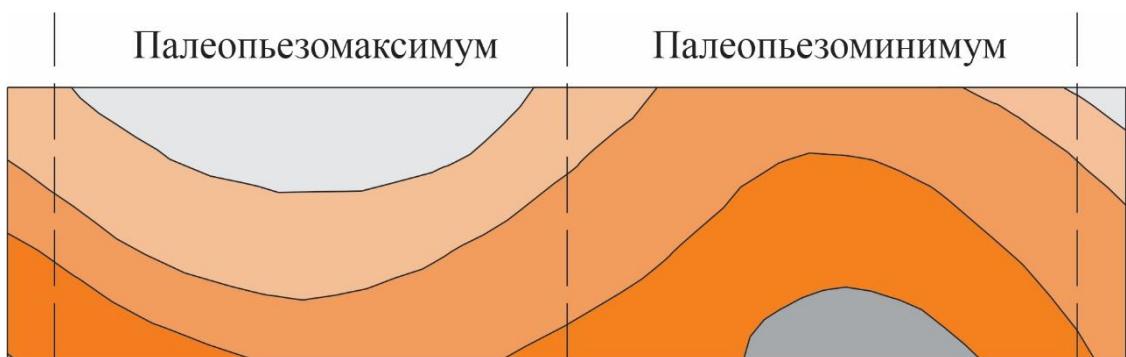


Рисунок 4 – Зоны нефтегазообразования и нефтегазонакопления

У традиционных залежей принято выделять два типа границ. Границы первого рода обусловлены сменой литологии пород – это кровля и подошва продуктивного пласта. Границы второго рода представляют собой фазовые разделы флюидов, такие как водонефтяной и газонефтяной контакты [28].

Следует отметить, что на схемах водонефтяной и газонефтяной контакты часто изображаются в виде горизонтальной линии. Однако их горизонтальное

положение – лишь частный случай, возможный только при полной неподвижности подземных вод. Согласно М. Хабберту [27], наклон поверхности нефтеводяного (или газоводяного) контакта зависит от гидравлического уклона и может быть описан следующей формулой (рисунок 5):

$$\tan \theta = \frac{\rho_B}{\rho_B - \rho_h} \frac{dh}{dx} = \frac{dz}{dl} \quad (1)$$

где θ – угол между поверхностью нефтеводяного контакта и горизонтальной плоскостью;

$\frac{dz}{dl}$ – наклон поверхности нефтеводяного контакта;

$\frac{dh}{dx}$ – наклон пьезометрической поверхности (гидравлический уклон);

ρ_B – плотность воды;

ρ_h – плотность нефти (подставив вместо ρ_h плотность газа ρ_g , получим соответствующее выражение для газоводяного контакта).

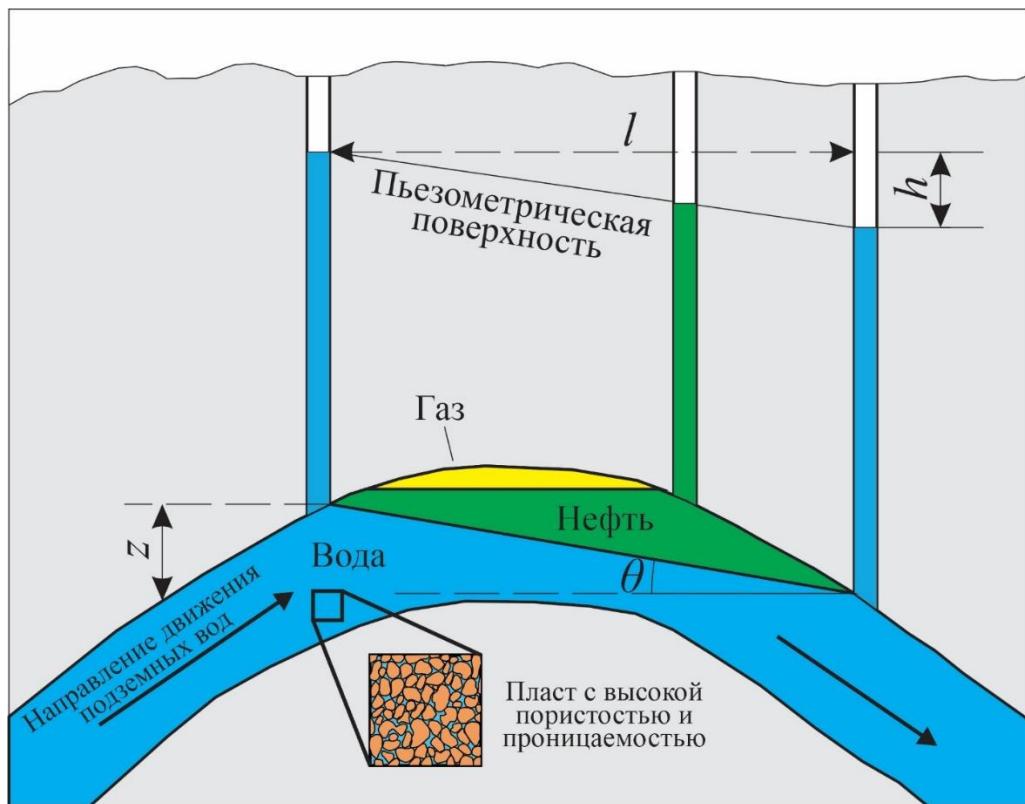


Рисунок 5 – Схема зависимости между наклоном нефтеводяного контакта и пьезометрической поверхностью

Из уравнения следует, что наклон прямо пропорционален гидравлическому уклону и определяется также плотностями контактирующих жидкостей.

В некоторых случаях встречаются залежи в условиях, где отсутствует подошвенная вода, но залежь сохраняет устойчивость. Под воздействием гидродинамических факторов нефтеводяной или газоводяной контакт может приобретать значительный наклон, и в крайних ситуациях нефть или газ могут быть полностью смешены со свода структуры в крыло, формируя так называемую «висячую залежь» (рисунок 6с).

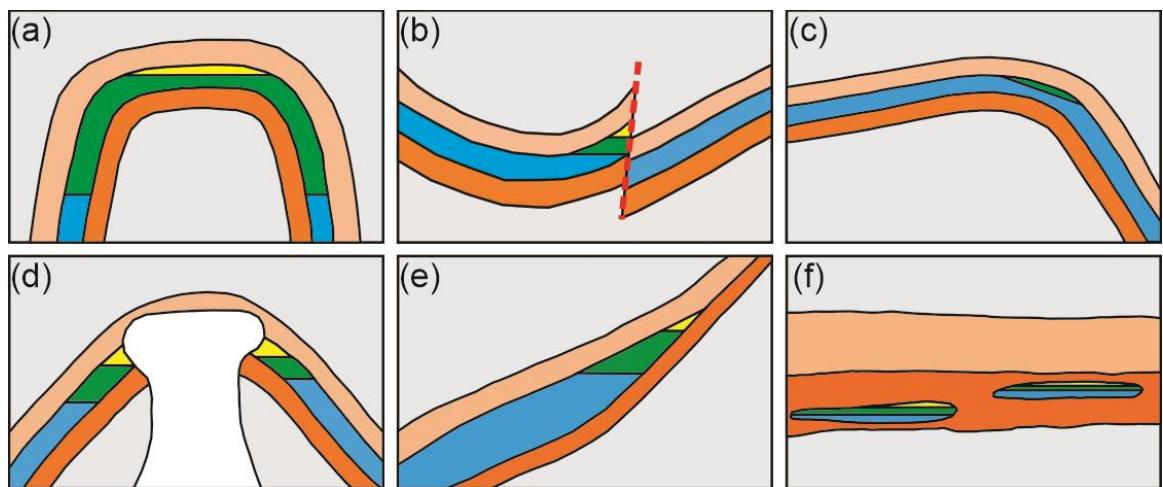


Рисунок 6 – (а) Высокая залежь без подошвенной воды; (б) Тектонический экранированная залежь; (с) Висячая залежь; (д) Залежь с соляным штоком; (е) Литологический экранированная залежь; (ф) Пластово-сводовая (линзообразная) залежь

Границы второго рода могут изменяться со временем, и это действительно так. Такие изменения могут происходить как под воздействием природных факторов, так и в результате техногенного вмешательства.

Согласно формулировке В. Н. Щелкачева, режим нефтегазоводоносных пластов – это проявление преобладающей формы пластовой энергии в процессе разработки. С гидрологической точки зрения важнейшее значение имеют различия между этими режимами, хотя в практике они редко проявляются в чистом виде. Выделяют следующие основные режимы: жестко-водонапорный, упруго-водонапорный, газовый (в том числе режим газовой шапки, который не встречается в чисто газовых залежах и крайне редко наблюдается в нефтяных), а также редкий гравитационный режим.

Жестко-водонапорный режим (или идеальный водонапорный) характеризуется тем, что объемы нефти, газа или воды, извлекаемые из пласта, полностью замещаются водой, поступающей за счет расхода природного подземного потока под действием естественного гидравлического уклона (рисунок 7а).

Упруго-водонапорный режим реализуется тогда, когда замещение отобранных флюидов происходит за счет расширения воды, находящейся под давлением в водоносном комплексе (а также частично за счет деформации пород) в ответ на падение пластового давления в зоне отбора (рисунок 7а).

Газовый режим наблюдается в случае, если вода в пласте неподвижна, и отбор нефти и газа (иногда – и незначительного количества воды) осуществляется за счет расширения газа, содержащегося в залежи (рисунок 7б).

Гравитационный режим с уровнем свободной воды, являющийся редким для нефтяных и исключенным для газовых залежей, проявляется тогда, когда залежь располагается в горизонте безнапорных или грунтовых вод, а ее верхняя граница совпадает с зеркалом грунтовых вод. Именно в условиях этого режима осуществляется добыча безнапорных пластовых и грунтовых вод [27].

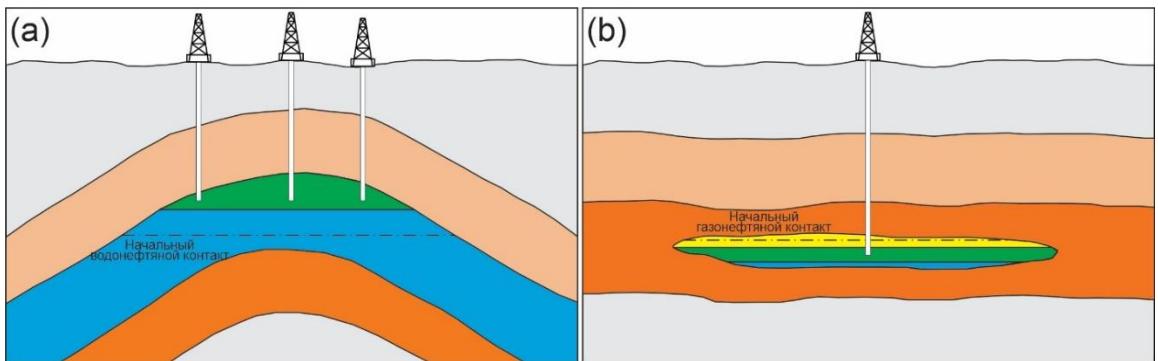


Рисунок 7 – (а) Водонефтяной контакт смещается (упруго-водонапорный или жестко-водонапорный режим); (б) Газонефтяной контакт смещается (газовый режим)

2.4 Определение границ месторождений нетрадиционных углеводородов

Следует начать с того, что зрелая теоретическая система в отношении нетрадиционных коллекторов пока не сформирована – ни в плане базовых определений, ни в плане исследовательского содержания, ни в плане концепции разработки. Было установлено, что нетрадиционные нефть и газ значительно отличаются от традиционных в аспектах разведки и разработки [29].

В настоящее время нет единого определения нетрадиционных нефти и газа. Но можно сказать, что нетрадиционные углеводороды, главным образом те, что относятся к непрерывным скоплениям (распределением) углеводородов, преимущественно присутствуют в породах-источниках или аккумулируются в нетрадиционных коллекторах в центральных частях бассейна или на склонах за счет первичной миграции либо короткой вторичной миграции вблизи зоны генерации, которые, как правило, не могут быть разработаны традиционными методами и технологиями. Они непрерывно распределены на больших площадях поэтому их также называют залежами непрерывного типа (continuous-type deposits). Для таких скоплений характерно отсутствие четких границ между ловушкой и покрышкой, неоднородное давление, слабая дифференциация флюидов (существование нефти, газа и воды). Основные типы включают непрерывные (плотные песчаники, сланцы, угольные пласти, газогидраты) и

квазинепрерывные скопления (карбонатные, вулканические, метаморфические коллекторы). Развитие нетрадиционных ресурсов нефти и газа изменяет традиционное представление о поиске углеводородов – акцент смещается от «ловушки» обратно к «источнику» [29–34].

Нетрадиционное скопление углеводородов обычно занимает большой объем и характеризуется низкой проницаемостью по воздуху ($<1 \times 10^{-3}$ мкм²) и низкой пористостью ($<10\%$) [32–34].

Нетрадиционные ресурсы (имеются в виду плотные коллекторы, сланцы и угли) представляют собой слоистые и непрерывные осадочные отложения с относительно низкой проницаемостью и пористостью и, как правило, ассоциированы с традиционными коллекторами. Структура пор и горлышек у различных нетрадиционных и традиционных ресурсов отличается, что и является ключевым фактором их различия [36].

Есть несколько типов месторождений нетрадиционных углеводородов. Нетрадиционные жидкие углеводороды можно классифицировать на следующие группы в зависимости от плотности, вязкости и отношения водорода к углероду в нефти: тяжелая и сверхтяжелая нефть, битум, сланцевая нефть [37].

Обычно природный газ, получаемый из плотных пород и сланцев, рассматривается под общим названием «нетрадиционный газ». Так же есть метан угольных пластов (МУП), находящийся в угольных швах, и при его формировании выделяются различные типы газов, включая метан, поэтому он и называется метаном угольных пластов [36]. Термин «плотный газ» обычно используется для обозначения коллекторов с низкой проницаемостью [34, 38].

Метан в угле в основном хранится за счет адсорбции на поверхности угольной породы, поэтому максимальный газоудерживающий потенциал коллектора определяется площадью поровой поверхности, в отличие от традиционных коллекторов, где важен объем пор [39].

Газовые гидраты также относятся к категории нетрадиционного газа. Газовые гидраты представляют собой подобные льду твердые образования, которые формируются при низких температурах и высоком давлении в результате соединения воды и метана, образующего гидрат. Эти огромные запасы обнаружены в глубоководных осадках океанов [36].

Помимо производных газовых гидратов, существует несколько типов нетрадиционных газовых ресурсов, которые формируются из различных источников и/или в настоящее время добываются методами, отличными от методов, используемых для добычи традиционного газа, и требуют предварительной переработки перед продажей потребителю: биогаз, угольный газ, дымовой газ, газ в геопрессированных зонах, газ на полигонах твердых отходов.

В данной работе акцент сделан на границах между плотными и сланцевыми нефтью и газом, поскольку эти типы коллекторов обладают схожими характеристиками и относительно хорошо изучены по сравнению с другими типами залежей.

Накопления плотного газа и нефти характеризуется слоистой формой и не имеет четко выраженных границ «коллектора», а также резервуар находится рядом с органически богатой исходной породой, что нарушает традиционное представление о зональном распределении и залежах углеводородов. Основной акцент делается на непрерывное слоистое распространение [29, 34].

Касаемо залежи сланцевой нефти и газа, где породы-источники также являются коллекторами, не имеют четких границ ловушек и газоводяных контактов [29, 33, 35]. Этот тип нетрадиционной залежи так называется потому, что сланец – это обломочная осадочная порода, состоящая из обломочного материала, глины и органического вещества с диаметром зерен менее 0,0039 мм и обладающая хрупкой сланцеватостью или пластинчатой слоистостью, которая служит основным материнским пластом в традиционных нефтегазовых системах. Благодаря мелкозернистой структуре он способен накапливать значительное количество органического вещества. При термическом преобразовании этого органического вещества в недрах образуются нефть и природный газ. В нетрадиционных нефтегазовых системах, таких как сланцевый газ, сам сланец одновременно выполняет роль и источника, и коллектора углеводородов [35, 40].

Следует начать с образования этих месторождений. «Упорядоченное накопление» традиционных и нетрадиционных углеводородов определяется как процесс, происходящий внутри углеводородоносных единиц (впадина, прогиб или синеклиза), где тепловая эволюция, генерация и экспульсия углеводородов из богатых органикой пород-источников происходят в тесной взаимосвязи с глубинной эволюцией различных типов коллекторов. Зарядка нефти и газа осуществляется непрерывно во временной шкале и упорядоченно распределяется в пространственной шкале. Традиционные и нетрадиционные углеводороды имеют общее происхождение и парагенетически связаны в пространстве, формируя единую систему накопления традиционных и нетрадиционных углеводородов. С углублением теоретического понимания и развитием инженерных технологий нетрадиционные нефть и газ все больше стремятся к переходу в категорию традиционных углеводородов [31]. По мере углубления исследований в области разведки нетрадиционных углеводородов и фундаментальной геологической теории, нефтегазовые ресурсы начинают демонстрировать особенности «накопления в рамках целостного процесса» в пределах полной нефтяной системы – от пород-источников до зон обогащенного накопления [30]. Исходя из выше сказанного можно понять, что материнской породой углеводородов являются сланцы, далее они мигрируют и переходят в плотную нефть, а далее в традиционную залежь (рисунок 8). Это тоже можно считать отличием, ведь традиционных ресурсов углеводородов приурочены в основном ко вторичным (второго порядка) структурным зонам [33].

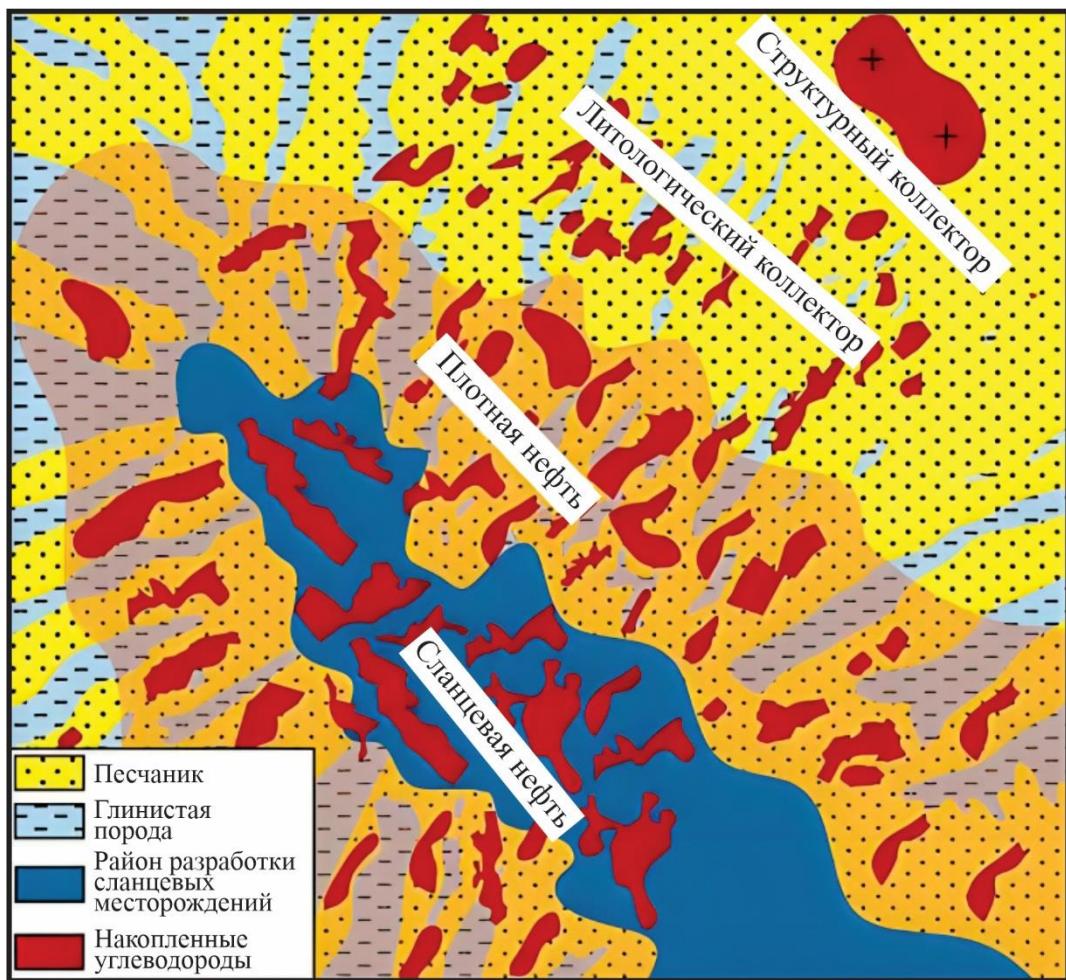


Рисунок 8 – Закономерности размещения традиционных и нетрадиционных углеводородных ресурсов [41]

Коллекторы с диаметром поровых горлышек более 1 000 нм обычно рассматриваются как традиционные месторождения нефти и газа [33]. Различия размера пор влияет на движение флюидов в пористой среде. В порах более 1 мкм движение углеводородов осуществляется в основном по законам дарсианского потока. Поскольку у нетрадиционных залежей углеводородов поры меньше 1 мкм флюид обладает не-дарсианским течением.

Через изучение микро- и нанопор и поведения фаз флюидов будут определяться пространство для хранения нефти и газа и их подвижность. Что и доказывается рисунком 9, в котором нетрадиционные нефть и газ обладают меньшей природной продуктивностью в сравнении с традиционными углеводородами. Система микро- и нанопоров с преобладанием размера пор в диапазоне от 20 до 500 нм. Для различных типов резервуаров сланцевого газа, сланцевой нефти, плотной нефти в известняках, плотной нефти в песчаниках и плотного газа в песчаниках соответствующие диапазоны размеров пор составляют 5–200 нм, 30–400 нм, 40–500 нм, 50–900 нм и 40–700 нм. Характеризация резервуаров показывает, что нанопоры с диаметром менее 1 мкм

составляют более 80% пространства для накопления, а микропоры – от 5% до 20% [30].

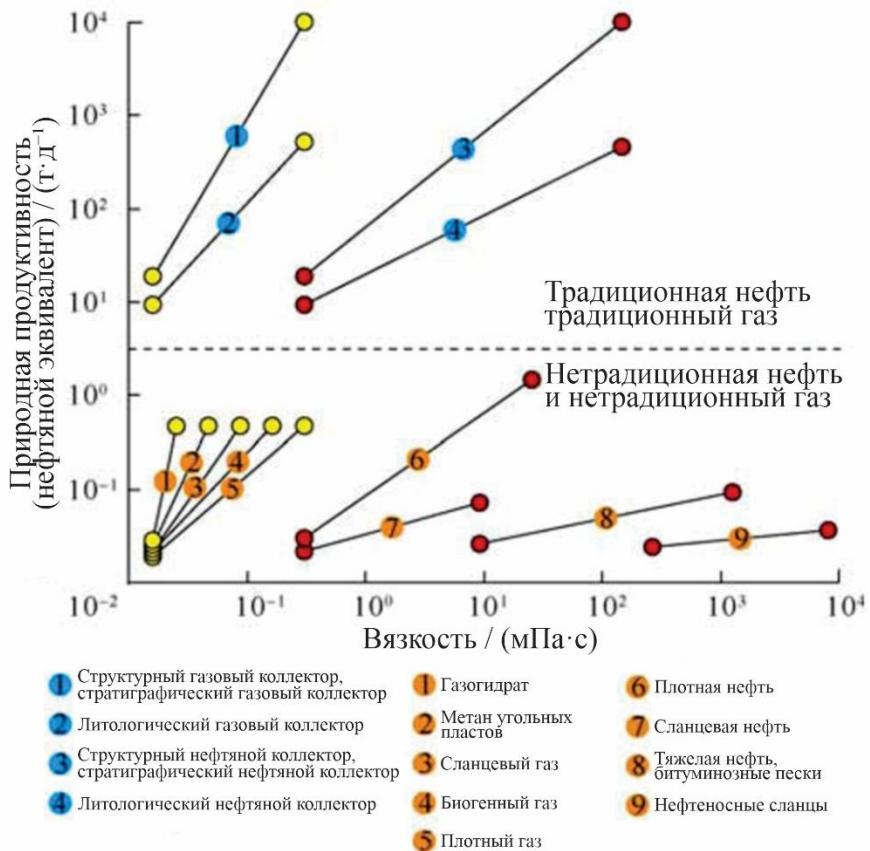


Рисунок 9 – Вязкость и естественная продуктивность традиционных и нетрадиционных ресурсов нефти и газа [33]

Описание флюидов традиционно считается второстепенной частью процесса характеристики коллектора и не получало должного внимания [29].

Микро- и нанопоры определяют режимы накопления углеводородов и поведение фаз флюидов. В миллиметровых порах (с диаметром порового канала более 1 мм) и выше флюиды могут свободно течь, формируя «трубчатый поток», при котором нефть и газ в основном находятся в свободном состоянии в соединенных порах и трещинах, подчиняясь законам гидростатики. В микропорах (с диаметром порового канала от 1 мм до 1 мкм) капиллярное сопротивление ограничивает свободное течение флюида и формирует «просачивание», подчиняющееся закону Дарси. В нанопоровых каналах (с диаметром менее 1 мкм) наблюдаются сильные вязкие и молекулярные силы между флюидом и окружающей средой, при этом нефть и газ находятся в адсорбированном состоянии на поверхности минералов и керогена или в состоянии диффузной адсорбции внутри твердого органического вещества [30] (таблица 2).

Вкратце, в традиционных скоплениях углеводородов гидродинамические характеристики включают: применимость закона Дарси, наличие четко

выраженного нефте-газо-водяного контакта, а также выраженные эффекты гравитационной сегрегации и плавучести, благодаря чему углеводороды аккумулируются в отдельных ловушках. В отличие от этого, в нетрадиционных коллекторах наблюдается площадное распространение углеводородов без четких границ ловушек, а их аккумуляция не зависит от плавучести, что связано с нанопоровой системой с размерами пор 100–500 нм [32].

Эффективные фазы миграции газа включают водорастворимую фазу, маслорастворимую фазу, свободную фазу и фазу диффузии. Три основных типа нетрадиционного природного газа – это плотный газ, сланцевый газ и метан угольных пластов, которые накапливаются в коллекторах по-разному, в основном из-за различий в содержании органического вещества. В плотных песчаниках содержание органического вещества низкое, и газ находится в порах в свободной фазе. В сланцах содержание органического вещества умеренное, органические поры развиты, поэтому состояние нахождения газа более сложное: обычно 20–85% адсорбировано на керогене или частицах глины, 25–30% находится в свободном состоянии, заполняя трещины или межчастичные поры, и незначительное количество растворено в керогене, битуме и воде.

В нанопорах из-за сильных вязких и молекулярных сил между жидкостью и окружающей средой, жидкость практически не может свободно течь в обычных условиях и, таким образом, удерживается. При изменении температуры и давления возможна лишь диффузия в виде отдельных молекул или молекулярных групп, и нефть и газ в нанопорах «мигрируют» только в таком виде [30].

Нетрадиционные нефть и газ, особенно угольный метан и сланцевая нефть и газ, как правило, не мигрируют на большие расстояния и накапливаются после первичной миграции или вторичной миграции на короткие расстояния. Доказательством этого служит то, что значительное количество нефти, генерируемой в сланцах, удерживается в них, составляя 20–50% от общего объема нефти [35].

Углеводороды плотных песчаников могут подвергаться миграции в основном в форме фильтрации и диффузии. Благодаря своим уникальным характеристикам накопления ресурсы нетрадиционной нефти и газа менее подвержены внешнему воздействию. Этому служит как доказательство, что может быть быстрый спад добычи на этапе эксплуатации сланцевого газа. Например, добыча газа на одной сланцевой скважине в первый год может упасть на 60–90%. После накопления они легко сохраняются, что также обуславливает их широкое распространение [30].

Миграция и накопление нетрадиционных углеводородов не находятся под значительным влиянием региональных гидродинамических сил; давление водной колонны и сила плавучести играют ограниченную роль в процессах миграции и аккумуляции нефти и газа. Основными механизмами миграции являются не-дарсианские потоки, такие как диффузия и сверхдавление, что приводит к слабой дифференциации газа, нефти и воды.

Углеводороды, относящиеся к типу «самоисточник-коллектор», накапливаются на месте. В типе залежей с контактом «источник-коллектор» основным механизмом аккумуляции нефти и газа является диффузия. Миграция и накопление обусловлены давлением изгнания углеводородов и сдерживаются капиллярным давлением – эти два типа давления совместно контролируют границу или масштаб зоны накопления углеводородов.

Ключевое содержание детального описания нетрадиционных нефтяных коллекторов можно резюмировать по четырем основным направлениям: точное описание трещиноватости, основанное на интерпретации тонкой структуры; характеристика архитектуры коллектора, основанная на анализе седиментационных фаций; особенности микроскопической поровой структуры в наноразмерном масштабе; оценка пород-коллекторов и зон с благоприятными свойствами (sweet spot zones).

1) Трещины играют ключевую роль в эффективной разработке нетрадиционных терригенных нефтяных коллекторов. При отсутствии естественной трещиноватости требуется проведение искусственного гидроразрыва пласта. Как правило, природные трещины связаны с разломной системой [29].

2) При детальном изучении традиционных терригенных нефтяных коллекторов характеристика архитектуры резервуара на основе анализа литолого-фациальных условий позволяет эффективно подходить к исследованию отдельных песчаных тел и анализу неоднородности коллектора [29].

3) Еще одним ключевым аспектом при характеристике нетрадиционного коллектора является анализ пространственного распределения песчаных тел, что создает основу для последующего прогнозирования перспективных зон («sweet spots») и оценки потенциала материнских пород. «Sweet spot» – это благоприятная зона в нетрадиционном коллекторе с относительно богатыми запасами и высокой продуктивностью, тогда как в остальных местах нефть и газ встречаются в виде разрозненных и нерегулярных скоплений. Распределение таких зон прогнозируется по комплексу параметров: литологии, физическим свойствам и хрупкости пород [29]. Пересекающиеся трещины и каверны в карбонатах, а также зоны растворения и трещиноватости в плотных песчаниках представляют собой потенциальные «sweet spots» с повышенным содержанием нефти и газа [33].

4) Наномасштабная структура порового пространства неизменно остается одним из ключевых элементов характеристики нетрадиционного терригенного нефтяного коллектора [29].

Учитывая ограниченную миграционную способность и обширное площадное распространение нетрадиционных углеводородов, можно утверждать, что граница их залежи могут определяться границей зоны «sweet spot».

Таблица 2 – Показатели основных параметров [33]

Радиус пор мкм	Фаза флюида	Коэффициент проскальзыва-ния	Коэффициент диффузии	Коэффициент начального давления	Механизм течения
≥ 1	Нефть	0	0	0	Дарсиевское течение
	Газ	0	0	0	Дарсиевское течение
0.05–1	Нефть	0	0	1	Течение с низкой скоростью Недарсиевское течение
	Газ	$\neq 0$	0	0	Диффузионно-проскальзывающее течение
0.005–0.05	Нефть	0	0	1	Течение с низкой скоростью Недарсиевское течение
	Газ	$\neq 0$	$\neq 0$	0	Диффузионно-проскальзывающее течение

3 Определение границ месторождений подземных вод

3.1 Критерий определения границ месторождений подземных вод

Встает вопрос: по каким критериям определять границы МПВ? Возможно, это изменение минералогического состава, или это изменение в температуре, возможно это размер и распространение депрессионной воронки?

Что бы понять критерий определения границ МПВ, стоит сначала рассмотреть определение термина «месторождение подземных вод». В водном кодексе Республики Казахстан под месторождением или участком подземных вод понимают пространственно ограниченную часть водоносной системы, в которой имеются благоприятные условия для добычи подземных вод определенного качества в количестве, достаточном для их целевого использования [8]. Но это определение не полностью отражает всю суть термина МПВ. И даже определении в документе «Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод», где говориться, что «под МПВ подразумевается пространственно-ограниченная часть водоносной системы, в пределах которой под влиянием естественных или искусственных факторов создаются благоприятные по сравнению с окружающими площадями условия для отбора подземных вод в количестве, достаточном для целевого использования их в народном хозяйстве» [12], тоже не полностью отражает всю суть термина.

Я бы хотел уточнить это определение, сказав, что МПВ – это пространственно ограниченная часть водоносной системы, в пределах которой под влиянием комплекса геолого-экономических и экологических факторов созданы благоприятные условия для отбора подземных вод определенного качества в количестве, достаточном для целевого использования конкретного потребителя. Написав «для использования конкретного потребителя», я акцентирую внимание на том, что до тех пор, пока нет конкретного потребителя, месторождение подземных вод в принципе не может существовать. Уже из этого определения следует, что на границы месторождения будут влиять 4 условий: потребность в воде, геолого-гидрологические условия, технико-экономические условия и экологические условия.

Стоит рассмотреть каждый критерий отдельно:

1) Потребность в воде – определяется тем, сколько воды нужно для конкретного потребителя.

Тут нужно уточнить, что термины «запасы» и «ресурсы» по отношению к подземным водам должно отличаться, ведь подземная воды постоянно возобновляются в процессе круговорота воды [42]. Широко на практике популярность обрела классификация подземных вод по ресурсам и запасам Н.Н. Биндемана [5]. Который предложил понимать запасы как общий объем подземных вод (м^3), а ресурсы как поступление подземных вод ($\text{м}^3/\text{с}$).

По его классификации отдельно выделяются эксплуатационные запасы подземных вод. Эксплуатационные запасы подземных вод – количество

подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требования в течение всего расчетного срока потребления. Из определения уже понятно, что единица измерения будет $\text{м}^3/\text{с}$, поэтому логически следовало их называть «эксплуатационными ресурсами» [5]. Величина эксплуатационных запасов определяется потребностью в воде. То есть, если нет потребителя – нет эксплуатационных запасов, а если нет эксплуатационных запасов – нет МПВ. Это условие может изменяться во времени, ведь нужда в воде может как увеличиться, так может и уменьшиться, и это повлияет на количество воды, которое отбирается из подземного водоносного горизонта.

2) Геолого-гидрогеологические условия также будут влиять на границы МПВ. Однако стоит сосредоточиться на граничных условиях, так как они могут служить границами МПВ. Это упрощает определение границ МПВ по вертикали, ведь в качестве границ водоносных горизонтов могут выступать кровля и подошва горизонта подземных вод. Стоит отметить, что чем сложнее геолого-гидрогеологические условия, тем сложнее будет определяться границы МПВ. Данное условие не меняется во времени.

3) Части блоков земной коры, содержащие значительные ресурсы подземных вод, но недоступные для разработки по технико-экономическим причинам, не будут считаться границами МПВ [6]. На пример, если технико-экономические условия ограничивают возможность увеличения отбора воды, то при несоответствии этих условий установленным кондициям дальнейшая разработка также может быть невозможна. Эти условия могут изменяться со временем.

4) Экологическим критерием подразумевается вредное влияние месторождения подземных вод на окружающую среду. Под работой водозабора окружающая среда может претерпевать различные изменения, такие как: снижение уровня подземных вод, оседание земной поверхности, интенсификация карстово-суффозионных процессов, изменения поверхности стока [5]. При проектированиях водозаборов нужно учитывать и оценивать его негативное влияние на окружающую среду.

3.2 Определение вертикальных границ месторождений подземных вод

При определении контура месторождения в разрезе его границы устанавливаются следующим образом: нижняя граница определяется по подошве продуктивного горизонта, а верхняя – по поверхности земли для приповерхностных горизонтов без надежного перекрытия слабо проницаемыми породами. В остальных случаях верхняя граница проводится по кровле горизонта (рисунок 10) [5, 6]. Причиной того, что верхней границей грунтовых вод является поверхность земли, а не зеркало грунтовых вод то, что грунтовые воды находятся под большим влиянием поверхностных факторов.

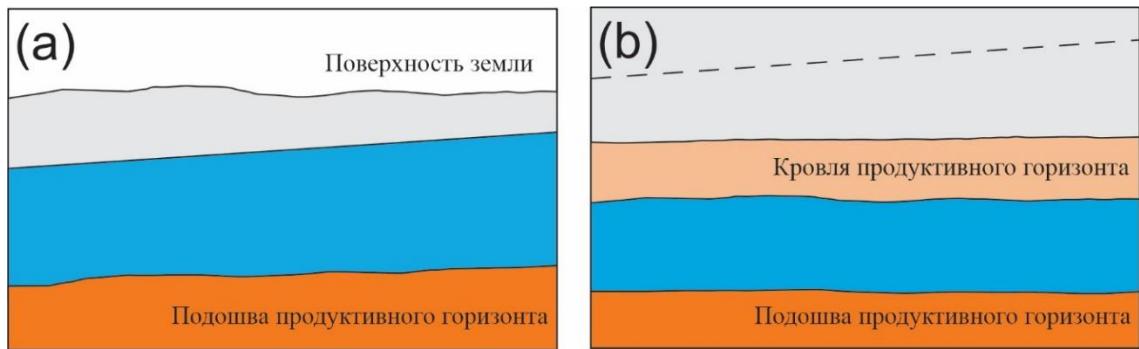


Рисунок 10 – (а) грунтовый водный горизонт; (б) межпластовый напорный водный горизонт

В некоторых случаях определить границы месторождения в разрезе затруднительно. Это связано с отсутствием четко выраженных слабопроницаемых отложений, подстилающих и перекрывающих продуктивный горизонт, наличием трещин, жил и гидрогеологических окон, а также изменчивостью химического состава подземных вод, что затрудняет их отнесение к определенному типу (например, питьевые, технические или минеральные воды) [5, 6].

Гидрогеологическое окно – это зона нарушения, через которую осуществляется гидравлическая связь между водоносными горизонтами, а также их питание и разгрузка. Такие участки являются ярким примером мест, где определить границы продуктивного горизонта особенно сложно (рисунок 11) [43].

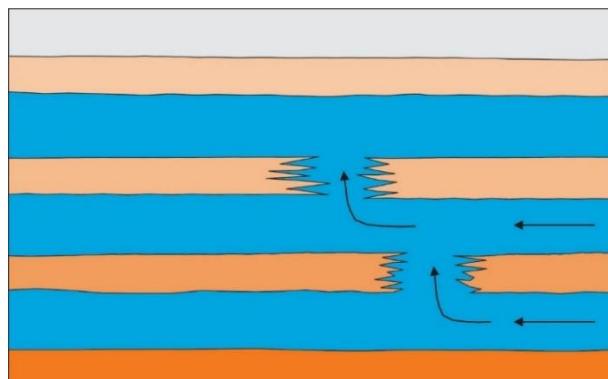


Рисунок 11 – Гидрогеологические окна, где вода из нижних горизонтов переливается в верхний.

3.3 Две крайности выделения границ месторождений подземных вод

Существуют две крайние точки зрения на подходы к выделению границ МПВ: границы первого пояса ЗСО или вся область распространения продуктивных горизонтов [6].

Выше мы рассматривали какие факторы определяют границы МПВ и опираясь на них нужно рассмотреть эти две крайности.

Границей МПВ не может быть граница первого пояса ЗСО, потому что первый пояс назначается в виде окружности радиусом 50 м от скважины и может быть сокращен до 30 м при соответствующем обосновании защищенности эксплуатируемых подземных вод [44]. Естественно, это не может служить границей МПВ, ведь выделенная площадь МПВ должна быть достаточной для охраны его от истощения и загрязнения. Так же это будет препятствовать проведению геологоразведочных работ за пределами участка эксплуатации, и опережающему геологическому изучению недр с целью выявления новых перспективных участков. Это может привести к «потере» площадей, реально перспективных для организации добычи подземных вод, ввиду их застройки и другого хозяйственного использования [6].

Касаемо выделения границей всю область распространения продуктивных горизонтов – это может привести к неоправданно излишнему выводу из хозяйственного оборота земель, препятствовать их освоению, в том числе разработке других видов полезных ископаемых [6]. То есть, хоть эти границы удовлетворяют экологические условия, они не удовлетворяют технико-экономические условия.

Из всего выше сказанного можно с точность сказать, что границы МПВ будут явно больше первой зоны ЗСО и явно меньше всей области распространения продуктивных горизонтов.

3.4 Границные условия как границы месторождений подземных вод

Что касается граничных условий фильтрационного потока в плане, то они отражают условия взаимодействия водоносных горизонтов с окружающей средой и, в первую очередь, с таким фактором, как гидравлическая связь с поверхностными водами (река, озеро, водоем) [45]. Границные условия могут быть границами МПВ. В целом, границы системы подземных вод можно разделить на физические и гидродинамические. Физические границы не изменяются при изменении направлений и скоростей потока внутри системы подземных вод. Они представляют собой измеряемое изменение гидрогеологических свойств, таких как контакты формаций, разломы и крупные водоемы. Гидравлические границы могут изменяться при изменении потока, так как они формируются в зависимости от гидравлических условий, таких как места и скорости пополнения запасов, а также расхождение или схождение нескольких потоковых систем [46].

Физические границы:

1) Границы первого рода или граница с постоянным напором. Поскольку напор одинаков везде на границе постоянного напора, такая граница представляет собой линию равного напора. Линии потока будут пересекать границу постоянного напора под прямым углом, а соседняя линия равного

напора будет параллельной. Если большая озерная система образует границу водоносного горизонта, линии потока подземных вод будут перпендикулярны берегу озера, так как уровень воды в озере является эквипотенциальной линией. Таким образом, эквипотенциальные линии в водоносном горизонте около озера будут параллельны границе (рисунок 12а).

2) Если поток через границу области течения известен, это является граничным условием второго рода или границей без потока или постоянного потока. Соседние линии потока будут параллельны такой границе, а линии равного напора будут пересекать ее под прямым углом. Например: если проницаемый водоносный горизонт из песка и гравия примыкает к граниту с низким коэффициентом фильтрации, то поток подземных вод в водоносном горизонте будет параллелен границе, а эквипотенциальные линии будут пересекать границу под прямым углом. (рисунок 12б).

3) Граничное условие третьего рода – на границе задана прямопропорциональная связь между расходом и напором [47, 48]. Условия третьего рода наиболее характерны для контактов водоносного пласта с относительным водоупором, через который идет перетекание или переток воды из открытого водоема, когда роль относительного водоупора играет тонкий слой илистых отложений (рисунок 13) [48].

4) Для ненапорных водоносных горизонтов также существует граница уровня свободной поверхности [46]. Однако нельзя рассматривать ее как вертикальную границу МПВ, поскольку выше уже было пояснено, что для грунтовых вод верхней границей считается дневная поверхность.

Гидродинамические границы формируются, когда две или более потоковые системы сходятся. Они определяются там, где параллельные линии потока подземных вод разделяют потоки, исходящие из общих или различных источников пополнения. Ярким примером является водоразделы в междуречьях (рисунок 14). Гидродинамические границы могут изменяться со временем и, в некоторых случаях, исчезать, если распределение напора изменяется в ответ на изменения в величине и времени пополнения и сброса.

Поскольку гидродинамические границы могут значительно изменяться, они не могут служить границами МПВ. В то же время физические граничные условия должны определять границы месторождений, так как именно они формируют гидродинамическую обстановку водоносного горизонта.

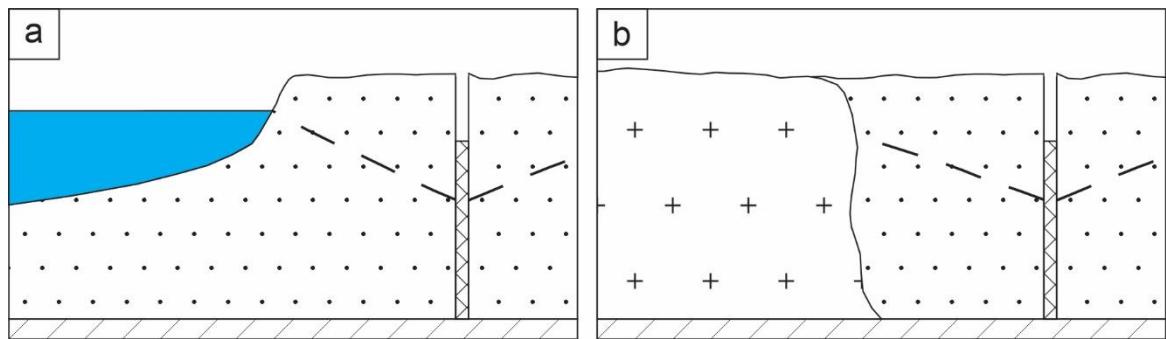


Рисунок 12 – (а) Граничное условие первого рода (граница с постоянным напором); (б) граничное условие второго рода (граница с нулевым потоком)

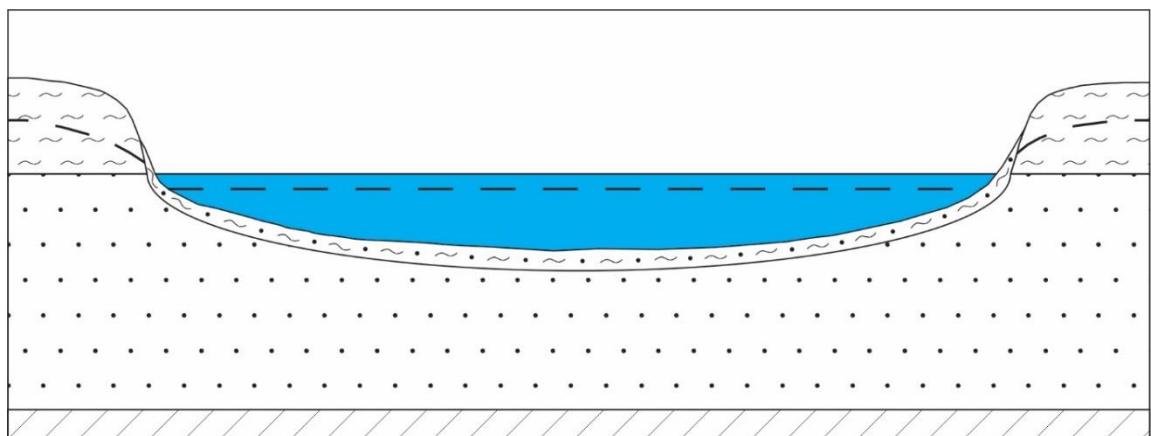


Рисунок 13 – Граничное условие третьего рода

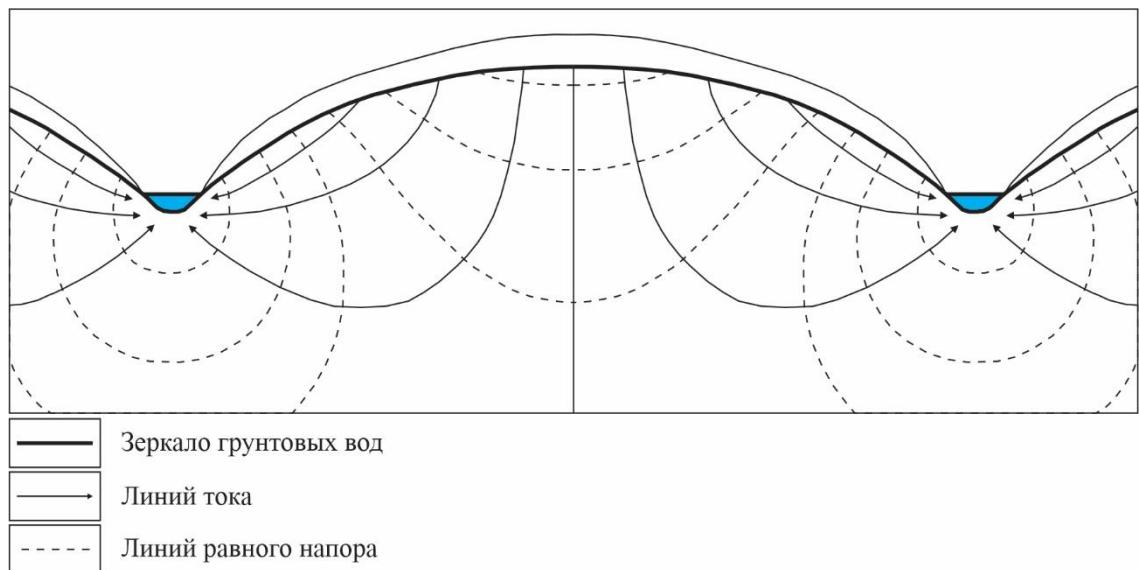


Рисунок 14 – Водораздел в междуречьях

3.5 Самый первый способ определения границ месторождений подземных вод

Границу МПВ в плане стоит определять по размеру и форме депрессионной воронки. Впервые принцип выделения границ МПВ был сформулирован Б. В. Боревским и Л. С. Язвиным в 1976 г, которыми было предложено для водоносных горизонтов, имеющих большое площадное распространение, в качестве условной границы принимать изолинию расчетного понижения на конец срока эксплуатации, составляющую 10% от понижения в центре депрессионной поверхности [2, 5, 6, 49].

Конечно, этот способ обладает простотой определения границ МПВ. Но когда дело доходило до артезианских МПВ, где коэффициент пьезопроводности достигал $10^6 \text{ м}^2/\text{сутки}$, получаемые размеры МПВ оказались слишком велики, достигая десятков километров в диаметре [2].

4 Зоны санитарной охраны как границы месторождений подземных вод

Подземные воды составляют 97% мировых запасов пресной воды и являются важным источником питьевой воды во многих регионах мира [50]. С целью предотвращения загрязнения подземных вод и сохранения водных ресурсов для потребления человеком вокруг водозабора создаются зоны санитарной охраны [51]. Количество зон, определяемых для выполнения этой функции, варьируется от страны к стране и обычно составляет от 2 до 4 (таблица 3) [50].

ЗСО в Казахстане состоит из трех поясов:

1) первого пояса (строгого режима), включающего территорию расположения водозабора, водопроводных сооружений и служащего для защиты места водозабора и водозаборных сооружений от загрязнения и повреждения;

2) второго и третьего поясов (ограничений), включающих территорию, предназначенную для предупреждения микробиологического и химического загрязнения воды источников водоснабжения хозяйственно-питьевого назначения [52].

Дополнительно может существовать еще одна (четвертый пояс ЗСО), значительно более крупная зона, охватывающая весь водосборный участок источника питьевой воды, где вся вода в конечном итоге поступает к точке водозабора. Эта зона предназначена для предотвращения долгосрочного ухудшения качества воды [50].

Таблица 3 – Примеры определения зон санитарной охраны по странам [50, 52]

Страны	Зона санитарной охраны скважины или внутренняя (первая) зона санитарной охраны	Средняя (вторая) зона санитарной охраны	Внешняя (третья) зона санитарной охраны
Австралия	50 м	10 лет	Весь водосборный участок
Австрия	<10 м	60 суток	Весь водосборный участок
Дания	10 м	60 суток или 300 м	10–20 лет
Германия	10–30 м	50 суток	Весь водосборный участок
Гана	10–20 м	50 суток	Весь водосборный участок
Индонезия	10–15 м	50 суток	Весь водосборный участок
Ирландия	100 суток или 300 м	–	Весь водосборный участок или 1000 м
Оман	365 суток	10 лет	Весь водосборный участок
Швейцария	10 м	Определяется индивидуально	В два раза больше средней зоны

Продолжение таблицы 3

Страны	Зона санитарной охраны скважины или внутренняя (первая) зона санитарной охраны	Средняя (вторая) зона санитарной охраны	Внешняя (третья) зона санитарной охраны
			Время поступления загрязнений и/или радиус охранной зоны
Великобритания	50 суток или 50 м	400 суток	Весь водосборный участок
Казахстан	30 или 50 м	100 или 200 или 400 суток	10 000 суток

Первая ЗСО для многих стран и в том числе, и для Казахстана устанавливается конкретным значением в метрах. А вот размер и форма второй и третьей ЗСО зависят уже от нескольких факторов: расход водозабора, тип водоносного горизонта, мощность водоносного горизонта, коэффициент фильтрации, активная пористость, параметр перетекания, направление потока подземных вод и его градиент, естественные границы потока подземных вод.

1) Для расчетов II и III поясов ЗСО необходимо использовать расход подземного водозабора (Q , м/сут). Размер зоны санитарной охраны II и III пояса пропорционален величине расхода (Q), т. е. чем больше расход, тем больше площадь ЗСО (рисунок 15а).

2) Безнапорные горизонты считаются недостаточно защищенными, поэтому при назначении I и II поясов ЗСО применяются более строгие критерий. Напорные горизонты являются хорошо защищенными, что позволяет сокращать I и II пояса ЗСО в установленном порядке.

3) Увеличение коэффициента фильтрации в расчетах приводит к деформации ЗСО: ее общая ширина уменьшается, а длина, наоборот, вытягивается вверх по потоку подземных вод (рисунок 15б).

4) Увеличение мощности водоносного горизонта приводит к сокращению размеров ЗСО (рисунок 15с).

5) Увеличение активной пористости приводит к замедлению скорости миграции вещества в водоносном пласте и наоборот. Это означает, что при увеличении активной пористости размеры ЗСО будут сокращаться (рисунок 15д).

6) Перетекание из смежных горизонтов приводит к стабилизации депрессионной воронки от работающего водозабора, и, как следствие, размеры ЗСО также перестают расти во времени (рисунок 15е).

7) При увеличении градиента ширина зоны санитарной охраны уменьшается, а ее длина по направлению вверх потока подземных вод увеличивается (рисунок 15ф). При изменении направления потока зона санитарной охраны следует за ним.

8) Конфигурация естественных границ фильтрационного потока оказывают существенное влияние на геометрию зон санитарной охраны [44].

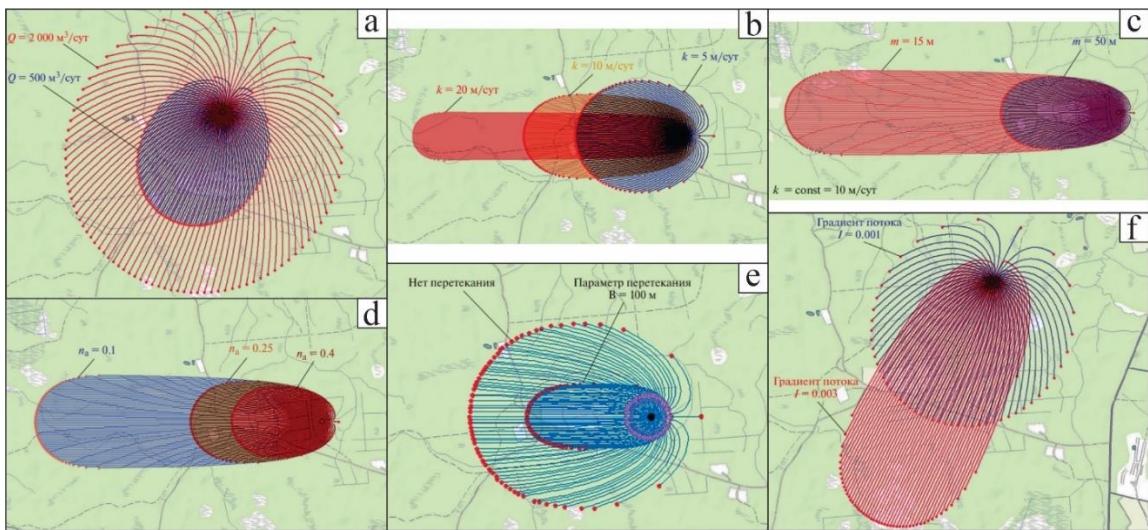


Рисунок 15 – (а) Связь размера ЗСО с расходом подземного водозабора; (б) Связь размера ЗСО с коэффициентом фильтрации водоносного горизонта; (в) Связь размера ЗСО с мощностью водоносного горизонта; (д) Связь размеров ЗСО с активной пористостью; (е) Связь размера ЗСО с параметром перетекания; (ж) Связь размера ЗСО и градиента потока подземных вод [44]

Обоснование ЗСО предполагает анализ процесса переноса загрязнений в рамках плановых моделей [53]. Расчет 2-го и 3-го поясов зон санитарной охраны подземного водозабора осуществляется гидродинамическими методами: графоаналитический метод (в этот же метод можно включить и моделирование), аналитический метод и объемный метод [44].

В целом, из вышеизложенного следует, что определение второй и третьей ЗСО представляет собой непростую задачу. Тем не менее, эти зоны могут служить границами МПВ. Иными словами, для Казахстана, границы МПВ, по меньшей мере, должны соответствовать границам третьего пояса ЗСО.

Однако важно учитывать, что во многих странах подходы к определению второй и третьей зон ЗСО различаются. В этой связи совершенствование методик расчета поясов ЗСО могло бы способствовать более точному обоснованному определению границ МПВ.

5 Проблемы с определением границ МПВ

5.1 Особый подход к определению границ для каждого типа месторождений подземных вод

МПВ, расположенных в речных долинах, ведущую роль в формировании эксплуатационных запасов подземных вод играет поверхностный сток, а сам водозабор является береговым (инфилтратионным) [5]. В случае гидравлической связи между поверхностными реками и подземными водами, колебания уровня реки являются ключевым фактором, влияющим на динамику грунтовых вод по обеим сторонам реки [54]. В этом случае в качестве одной из границ МПВ можно было бы рассматривать реку. Однако следует проявлять осторожность, поскольку при наличии вертикально-горизонтальной анизотропии фильтрационных свойств или сложнослоистого строения разреза депрессионная воронка может выйти за пределы русла реки.

Определение границ МПВ в артезианских бассейнах во многом обусловлено тем, что депрессионная воронка обладает значительной глубиной и размерами. Кроме того, формирование эксплуатационных запасов часто связано с межгоризонтными перетоками [5].

Конусы выноса богаты запасами подземных вод и могут обеспечивать значительные водные ресурсы для местного населения [55]. В засушливых и полузасушливых районах основными источниками подземных вод в конусах выноса являются атмосферные осадки и взаимодействие между поверхностными и подземными водами. Поэтому изучение взаимодействия между поверхностными и подземными водами в зонах конусов выноса имеет большое значение [56]. Месторождения в конусах выноса (субаэральных наземных дельтах) можно рассматривать как пласт полосу с разнородными границами, особенно если водозабор расположен близко к горному обрамлению, которое выступает в роли границы с постоянным расходом. При этом, если потребность в воде не превышает естественную разгрузку в зоне выклинивания, последняя будет выполнять функцию зоны постоянного напора [5].

Месторождения, расположенные в бассейнах и потоках грунтовых вод, как правило, рассматриваются как неограниченные по запасам [5]. Питание этих месторождений может происходить за счет фильтрации атмосферных осадков, а также может осуществляться посредством горизонтального притока подземных вод или восходящей фильтрации из нижележащих слоев [57, 58].

Все МПВ подразделяются на три группы в зависимости от степени сложности гидрогеологических условий [59]. К третьей группе относятся месторождения с очень сложными гидрогеологическими условиями. В нее входят месторождения трещинно-карстовых и трещинно-жильных вод, не связанных с речными системами; расположенные в сквозных таликах в зоне распространения многолетнемерзлых пород; а также месторождения в краевых частях артезианских бассейнов платформенного типа, где водоносные пласти обладают резко неоднородными фильтрационными свойствами и неявно

выраженными источниками формирования эксплуатационных запасов подземных вод [5]. Для таких МПВ определение границ представляет значительно большую сложность по сравнению с рассмотренными ранее случаями.

5.2 Технические условия

Под техническими условиями подразумеваются условия эксплуатации месторождения подземных вод.

Водозаборы подземных вод состоят как из отдельных сооружений (каптажных) для получения подземных вод, так и из их системы (водозаборов); однако каптажное сооружение также можно назвать водозабором [60]. На водозаборах подземных вод применяются следующие водоприемные сооружения: водозаборные скважины, шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, комбинированные водозаборы, лучевые водозаборы, каптажи родников [61, 62]. Тип водозабора может сильно повлиять на размер и форму депрессионной воронки. Так например: депрессионная воронка при лучевом водозаборе может быть не привычной овальной формы, а иметь форму «звезды» (рисунок 16). Рационализация различных типов водозаборов подземных вод определяется их техническими особенностями, а также размещением оборудования и конструкцией отдельных элементов [60].

Форма и размер депрессионной воронки зависят от понижения в скважинах. А в водозаборе состоящим из нескольких скважин, каждая из них будет влиять на друг друга (рисунок 17). Формулы расчета понижения уровня:

а) для безнапорного пласта

$$S_p = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{Q_{\text{сум}}}{2\pi k} \sum_{i=1}^n \beta_i R_{ci}} \quad (2)$$

б) для напорного пласта

$$S_p = \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi k m} \sum_{i=1}^n \beta_i R_{ci} \quad (3)$$

с) для напорного-безнапорного пласта

$$S_p = H_e - \sqrt{m(2H_e - m) - \frac{Q_{\text{сум}}}{2\pi k} \sum_{i=1}^n \beta_i R_{ci}} \quad (4)$$

где S_p – расчетное понижение уровня;

$Q_{\text{сум}}$ – суммарный дебит водозаборных сооружений;

km – водопроводность пласта;

$$\beta_i = \frac{Q_i}{Q_{\text{сум}}} \quad (Q_i \text{ – дебит } i\text{-й скважины, } i = 1, 2, 3, \dots, n);$$

R_{ci} – фильтрационное (гидравлическое) сопротивление.

Формулы показывают, что понижения из технических условий зависит от дебита и фильтрационного сопротивления. Фильтрационного сопротивления определяется по зависимости Тейса, которая может быть заменена своим логарифмическим приближением:

$$R_{ci} = \ln \frac{2.25at_i}{r_i^2} \quad (5)$$

где a – коэффициент пьезопроводности (уровнепроводности);

t_i – время работы скважины до конца расчетного периода;

$r_i = r_c$ (r_c – радиус скважины, в которой определяется понижение), r_i – расстояние от скважины, вызывающей понижение уровня, до рассматриваемой точки.

При расчете понижения уровня на несовершенных скважинах следует учитывать дополнительное фильтрационное (гидравлическое) сопротивление, обусловленное неполнотой – вскрытия скважиной (колодцем) водоносного пласта ξ .

Формула дополнительного фильтрационного сопротивления:

$$R_{h.c} = \beta_1 \xi \quad (6)$$

где $\beta_1 = \frac{Q_1}{Q_{\text{сум}}}$ (Q_1 – дебит скважины, в которой определяется понижение);

ξ – показатель гидравлического сопротивления за счет несовершенства скважины. ξ является суммой несовершенства скважины по степени вскрытия (ξ_1) и несовершенства скважины по характеру вскрытия (ξ_2).

Как понятно из формулы (7), ξ_1 зависит от длины рабочей части фильтра скважины (l_ϕ), мощности пласта (m), расстояние (r) от откачиваемой скважины до точки, в которой рассчитывается понижение, а также от положения фильтра откачиваемой скважины по отношению к кровле и подошве пласта.

$$\xi_1 = f \left(\frac{l_\phi}{m}; \frac{m}{r} \right) \quad (7)$$

ξ_2 зависит от конструкций фильтра (его скважности), состояние пород в призабойной зоне, степени турбулентности потока и т. д. Это величина определяется только по опытным данным.

С учетом того, что скважина несовершенна и находится в напорном водоносном горизонте, то формула расчетного понижения уровня будет выглядеть таким образом:

$$S_p = \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi km} \left(\sum_{i=1}^n \beta_i \ln \frac{2.25at_i}{r_i^2} + \beta_1 \xi \right) \quad (8)$$

Аналогично будет и для безнапорного пласта, и для напорного-безнапорного пласта [5, 63].

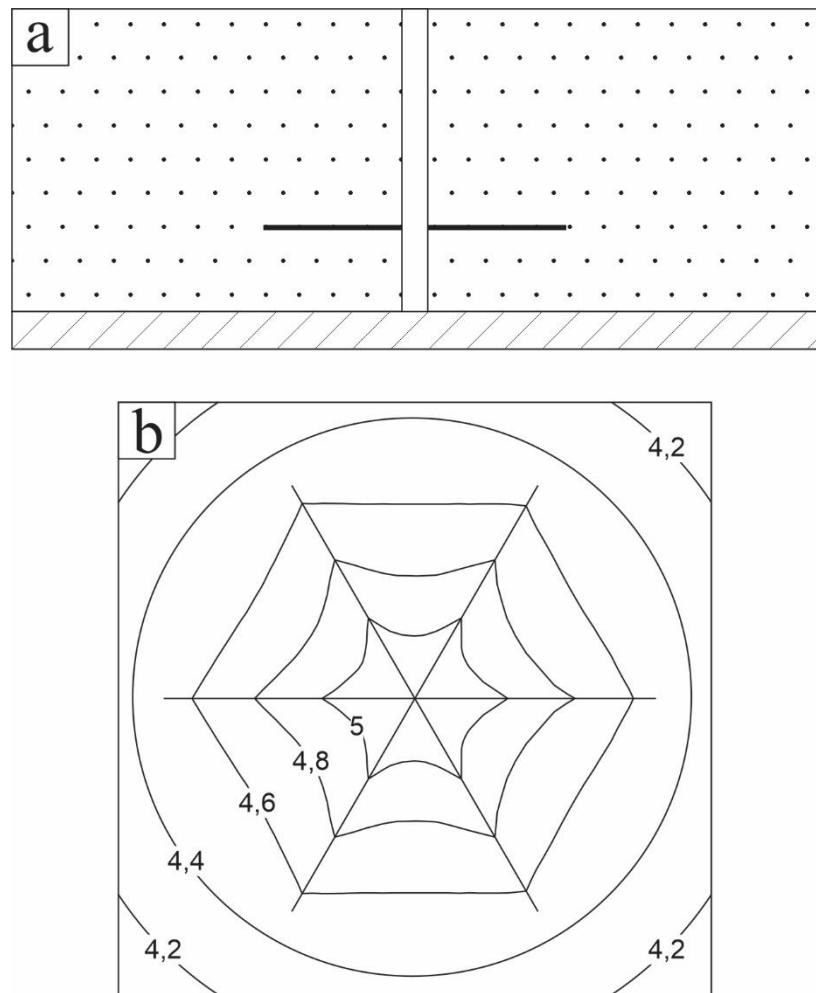


Рисунок 16 – (а) Лучевой водозабор в разрезе; (б) Развитие депрессионной воронки при эксплуатациях пласта лучевым водозабором [64]

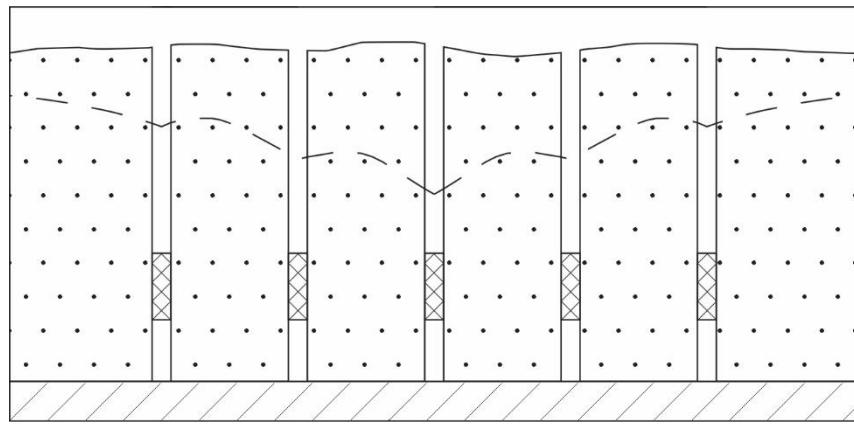


Рисунок 17 – Взаимовлияние скважин в водозаборе

Методика расчета линейного водозабора хорошо описана в литературе, но более сложными являются водозаборы с несколькими ветвями, где необходимо учитывать их взаимосвязь в системе уравнений. Наиболее трудными для моделирования считаются водозаборы с разветвленными или кольцевым и площадным размещением скважин – методики их расчета описаны недостаточно, а конкретные примеры в литературе отсутствуют [65].

Так же существуют периодически действующие водозаборы, аналогично названию уровни подземных вод тоже испытывают периодические колебания. А понижения уровня значительной мере определяется средним расходом водозабора (9) [63].

$$S_p = S_{cp} + \Delta S \quad (9)$$

где S_{cp} – среднее понижение уровня, обусловленное постоянным во времени средним водоотбором;

ΔS – дополнительные колебания уровня относительно среднего понижения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МПВ существенно отличаются по своим характеристикам от месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых. Даже несмотря на то, что традиционные углеводороды, как и вода, способны перемещаться в пористой среде, подземные воды обладают значительно большей мобильностью. Тем не менее, между этими типами месторождений есть и сходства. Одно из них – зависимость границ от технико-экономических условий. Это означает, что границы МПВ могут изменяться в зависимости от технико-экономических условий, как и в случае с твердыми ископаемыми.

Еще одно сходство можно обнаружить при сравнении подземных вод с месторождениями нетрадиционных углеводородов, таких как плотная нефть и газ, сланцевая нефть и газ. Эти ресурсы, как и подземные воды, широко распространены по территории и не имеют четко выраженных границ. МПВ будут считаться лишь участки с «благоприятными по сравнению с окружающими площадями условиями», как указано в определении термина, что очень схоже с понятием «sweet spots», применяемым к нетрадиционным углеводородам.

Физические граничные условия могут использоваться в качестве границ МПВ. Однако, если речь идет о частях месторождения, где такие условия отсутствуют, либо о безграничном водоносном пласте, границы месторождения необходимо определять без опоры на граничные условия – иными методами расчета.

В настоящее время не существует ни одного нормативного документа, в котором бы было прописано определение границ МПВ. В связи с этим можно выделить три возможных подхода к решению данной проблемы:

1) Поскольку в настоящее время не существует аналога термина «месторождение подземных вод», предлагается сохранить сам термин, но отказаться от определения его границы. В нормативно-правовых документах в качестве единственных ограничителей следует использовать третий пояс ЗСО. Это обосновано тем, что вторая и третья граница ЗСО, как правило, определяются исключительно на основе гидродинамических характеристик подземной среды, а третья граница ЗСО имеет достаточно приемлемые размеры, чтобы рассматриваться как граница МПВ.

2) Необходимо слегка изменить формулировку термина «месторождение подземных вод», приведенную в Водном Кодексе Республики Казахстан, чтобы он точнее отражал свою суть. Вместо текущей формулировки предлагается использовать следующую: МПВ – это пространственно ограниченная часть водоносной системы, в пределах которой под влиянием комплекса геолого-экономических и экологических факторов созданы благоприятные условия для отбора подземных вод определенного качества в количестве, достаточном для целевого использования конкретного потребителя. Такая интерпретация позволяет выделить четыре ключевых фактора, влияющих на форму и размеры границ месторождений: потребность в воде, геолого-гидрогеологические

условия, технико-экономические и экологические критерий. Опираясь на эти критерий в будущем необходимо провести научные исследования, чтобы разработать методику определения границ для каждого конкретного месторождения.

3) Отказаться от использования термина «месторождение» применительно к подземным водам и вместо него применять термин «водозабор» (например, водозабор в речной долине, водозабор в артезианском бассейне, водозабор в конусах выноса и т. д.). Таким образом перенять опыт зарубежных стран, где термин «месторождение» в отношении подземных вод не используется.

Определение границ МПВ остается актуальной и важной задачей. Это связано с тем, что подземные воды представляют собой уникальный природный ресурс, обладающий способностью перемещаться в пористой среде – свойством, которым не обладает ни одно другое полезное ископаемое. Именно эта подвижность значительно усложняет процесс определения границ МПВ, поскольку на них влияет широкий спектр природных и антропогенных факторов. В настоящее время одной из основных проблем при установлении границ МПВ является высокая степень субъективности. Для ее преодоления в будущем необходимы более детальные и комплексные научные исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шестопалов В. М., Климчук А. Б., Онищенко И. П. Развитие гидрогеологии в мире и гидрогеологические исследования в Институте геологических наук НАН Украины // Геологический журнал. — 2018. — Т. 364, № 3. — С. 5–58. — DOI: 10.30836/igs.1025-6814.2018.3.142261.
- 2 Язвин А. Л. Научное обоснование информационного обеспечения системы геологического изучения ресурсного потенциала пресных подземных вод: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.07 — М., 2016. — 330 с. — С. 113–185.
- 3 Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод. Госгеолиздат, 1951 г.
- 4 Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям пресных вод, 1976 г.
- 5 Боревский, Б. В., Дробноход Н. И., Язвин Л. С. Оценка запасов подземных вод - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Выща школа. Головное изд-во, 1989. – 407 с.: ил. — ISBN 5-11-001204-0.
- 6 Боревский Б. В., Боревский Л. В., Язвин А. Л. Принципы определения границ месторождений подземных вод // Разведка и охрана недр — 2010. — № 10. — С. 9–14.
- 7 Мирзаев С. Ш. Особенности формирования запасов подземных вод межгорных впадин, проблемы их изучения и хозяйственного использования // Гидрогеологические исследования межгорных впадин. - Фрунзе: Илим, 1985. - С. 11–22.
- 8 Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года № 481-II.
- 9 Овчинников, А. М. Минеральные воды (учение о месторождениях минеральных вод с основами гидрогеохимии и радиогидрогеохимии) — 2-е изд. — Москва: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1963. — 375 с. — С. 1–127.
- 10 Каменский Г. Н. Поиски и разведка подземных вод. М. — Л., Госгеолиздат, 1947, – 313 с.
- 11 Плотников, Н. И. Поиски и разведка пресных подземных вод: учебное пособие для вузов - Москва: Недра, 1985. – 370 с.: ил. — С. 1–27.
- 12 Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР). Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод. — Москва, 1985.
- 13 Olade, M. A. Introduction to Mineral Deposits Geology: Including Exploration, Mining and Mineral Economics — Houston, TX: Prescott Publishers, 2022. — 165 с. — ISBN 978-0-578-34652-6. — С. 1-27.
- 14 Ибламинов, Р. Г. Геология месторождений полезных ископаемых: учеб. Пособие — Перм. гос. нац. исслед. ун-т. — Пермь: [б. и.], 2019. – 232 с.: ил. – ISBN 978-5-7944-3408-8.

- 15 Смирнов, В. И. Геология полезных ископаемых: учебник — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Недра, 1982. — 668 с. — С. 1–28.
- 16 Allaby, M. A Dictionary of Geology and Earth Sciences / M. Allaby. - 5th ed. - Oxford: Oxford University Press, 2020. – 720 p. — ISBN 978-0-19-883903-3.
- 17 Старостин, В. И. Геология полезных ископаемых: учебник — Москва: Изд-во МГУ, 1997. — 304 с. — ISBN 5-211-03498-8. — С. 1–6.
- 18 Шпайхер, Е. Д. Геологоразведочные работы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие; Сибирский государственный индустриальный университет. — Новокузнецк: [б. и.], 2002. — 311 с. — С. 1–101.
- 19 «Казахстан»: Национальная энциклопедия. Т. 3 / Гл. ред. Б. Аяган. — Алматы: Главная редакция «Қазақ энциклопедиясы», 2005. — 560 с. — ISBN 9965-9746-4-0 (Т. 3). — С. 290.
- 20 Chen X., Seitmuratova E., Wang Z., Chen Z., Han S., Li Y., Yang Y., Ye B., Shi W. SHRIMP U-Pb and Ar-Ar geochronology of major porphyry and skarn Cu deposits in the Balkhash Metallogenic Belt, Central Asia, and geological implications // *Journal of Asian Earth Sciences*. — 2014. — Vol. 79. — P. 723–740. — DOI: 10.1016/j.jseaes.2013.06.011.
- 21 Zvezdov V. S., Migachev I. F., Girfanov M. M. Porphyry copper deposits of the CIS and the models of their formation // *Ore Geology Reviews*. — 1993. — Vol. 7, No. 6. — P. 511–549. — DOI: 10.1016/0169-1368(93)90013-O.
- 22 Li G., Cao M., Qin K. Z., Hollings P., Evans N., Seitmuratova E. Petrogenesis of ore-forming and pre/post-ore granitoids from the Kounrad, Borly and Sayak porphyry/skarn Cu deposits, Central Kazakhstan // *Gondwana Research*. — 2016. — Vol. 37. — P. 408–425. — DOI: 10.1016/j.gr.2015.10.005.
- 23 Kondratyev V. B., Popov V. V., Kedrova G. V. Global Copper Market // *Gornaya promyshlennost* [Mining Industry Journal]. — 2019. — № 3 (145). — P. 80–87. — DOI: 10.30686/1609-9192-2019-3-145-80-87.
- 24 U.S. Geological Survey. Mineral commodity summaries 2020. — Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2020. — 200 p. — DOI: 10.3133/mcs2020.
- 25 National Minerals Information Center. U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2025 Data Release (ver. 2.0, April 2025). — Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2025. — 212 p. — DOI: 10.5066/P13XCP3R.
- 26 Еременко Н. А. Геология нефти и газа. — М.: Недра, 1968. — 385 с. — С. 212–239.
- 27 Карцев А. А. Гидрография нефтяных и газовых месторождений. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1972. — 280 с.
- 28 Лохматов Г. И., Примина С. П. Элементы строения залежей нефти и газа: учеб. пособие. — Иркутск: Иркут. ун-т, 2005. — 72 с. — С. 4–26.
- 29 Chen Huanqing. Fine description of unconventional clastic oil reservoirs // *Petroleum Research*. — 2024. — Vol. 9, No. 2. — P. 289–303. — DOI: 10.1016/j.ptlrs.2024.01.013.

30 Jia Chengzao, Zheng Min, Zhang Yongfeng. Some key issues on the unconventional petroleum systems // *Petroleum Research*. — 2016. — Vol. 1, No. 2. — P. 113–122. — DOI: 10.1016/S2096-2495(17)30036-4.

31 Zou Caineng, Yang Zhi, Zhang Guosheng, Hou Lianhua, Zhu Rukai, Tao Shizhen, Yuan Xuanjun, Dong Dazhong, Wang Yuman, Guo Qiulin, Wang Lan, Bi Haibin, Li Denghua, Wu Na. Conventional and unconventional petroleum «orderly accumulation»: Concept and practical significance // *Petroleum Exploration and Development*. — 2014. — Vol. 41, No. 1. — P. 14–30. — DOI: 10.1016/S1876-3804(14)60002-1.

32 Zou C. N., Yang Z., Tao S. Z., Yuan X. J., Zhu R. K., Hou L. H., Wu S. T., Sun L., Zhang G. S., Bai B., Wang L., Gao X. H., Pang Z. L. Continuous hydrocarbon accumulation over a large area as a distinguishing characteristic of unconventional petroleum: The Ordos Basin, North-Central China // *Earth-Science Reviews*. — 2013. — Vol. 126. — P. 358–369. — DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.006.

33 Zou Caineng, Zhang Guosheng, Yang Zhi, Tao Shizhen, Hou Lianhua, Zhu Rukai, Yuan Xuanjun, Ran Qiquan, Li Denghua, Wang Zhiping. Concepts, characteristics, potential and technology of unconventional hydrocarbons: On unconventional petroleum geology // *Petroleum Exploration and Development*. — 2013. — Vol. 40, No. 4. — P. 413–428. — DOI: 10.1016/S1876-3804(13)60053-5.

34 Zou Caineng, Yang Zhi, Tao Shizhen, et al. Nano-hydrocarbon and the accumulation in coexisting source and reservoir // *Petroleum Exploration and Development*. — 2012. — Vol. 39. — P. 15–32. — DOI: 10.1016/S1876-3804(12)60011-1.

35 Zou Caineng, Yang Zhi, Cui Jingwei, Zhu Rukai, Hou Lianhua, Tao Shizhen, Yuan Xuanjun, Wu Songtao, Lin Senhu, Wang Lan, Bai Bin, Yao Jingli. Formation mechanism, geological characteristics and development strategy of nonmarine shale oil in China // *Petroleum Exploration and Development*. — 2013. — Vol. 40. — P. 15–27. — DOI: 10.1016/S1876-3804(13)60002-6.

36 Muther T., Qureshi H. A., Syed F. I., Aziz H., Siyal A., Dahaghi A. K., Negahban S. Unconventional hydrocarbon resources: geological statistics, petrophysical characterization, and field development strategies // *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. — 2022. — Vol. 12. — P. 1463–1488. — DOI: 10.1007/s13202-021-01404-x.

37 Thakur N. K., Rajput S. World's Oil and Natural Gas Scenario // *Exploration of Gas Hydrates* — Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. — P. 29–47. — DOI: 10.1007/978-3-642-14234-5_2.

38 Holditch S. A. Tight gas sands // *Journal of Petroleum Technology*. — 2006. — Vol. 58. — P. 86–93. — DOI: 10.2118/103356-MS.

39 Moore T. A. Coalbed methane: A review // *International Journal of Coal Geology*. — 2012. — Vol. 101. — P. 36–81. — DOI: 10.1016/j.coal.2012.05.011.

40 Mani D., Kar N. R., Kalpana M. S. Source Rock Geochemistry for Shale Characterization // *Handbook of Petroleum Geoscience* / ed. by S. Mukherjee, S. Dasgupta, C. Majumdar, S. Mandal, T. Dasgupta. — 2022. — Ch. 15. — DOI: 10.1002/9781119679998.ch15.

- 41 Zou Caineng, Tao Shizhen, Bai Bin, Yang Zhi, Zhu Rukai, Hou Lianhua, Yuan Xuanjun, Zhang Guosheng, Wu Songtao, Pang Zhenglian, Wang Lan. Differences and relations between unconventional and conventional oil and gas // *Petroleum Exploration and Development*. — 2015. — Vol. 42, No. 1. — 16 p. — DOI: 10.3969/j.issn.1672-7703.2015.01.001.
- 42 Саваренский Ф. П. Гидрогеология. — М.-Л.-Новосибирск: Гос. науч.-техн. горно-геол.-нефт. изд-во, 1933. — 320 с. — С. 252–255.
- 43 Кирюхин В. А., Толстыхин Н. И. Региональная гидрогеология: учебник для вузов. — М.: Недра, 1987. — 382 с.: ил. — С. 38–65.
- 44 Еремин Г. Б., Никуленков А. М., Борисова Д. С., Мозжухина Н. А. Гигиеническая безопасность подземных источников питьевого и хозяйствственно-бытового водоснабжения. Зоны санитарной охраны. — СПб.: Наука, 2022. — 195 с. — ISBN 978-5-02-040491-5.
- 45 Плотников Н. И., Рогнин И. И. Гидрогеология рудных месторождений. — М.: Недра, 1987. — 287 с.: ил. — С. 105–138.
- 46 Woessner W.W., Poeter E.P. Hydrogeologic Properties of Earth Materials and Principles of Groundwater Flow. — Guelph, Ontario, Canada: The Groundwater Project, 2020. — 212 p. — Р. 100–130. — ISBN 978-1-7770541-2-0. — DOI: 10.21083/978-1-7770541-2-0.
- 47 Шестаков В. М. Гидрогеодинамика: учебник. — 3-е изд. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — 368 с.: ил. — ISBN 5-211-03067-2. — С. 55–61.
- 48 Мироненко В. А. Динамика подземных вод: учебник для вузов. — 5-е изд., стер. — М.: Горная книга; Изд-во МГГУ, 2009. — 519 с.: ил. — (Экология горного производства). — ISBN 978-5-98672-124-8, ISBN 978-5-7418-0570-1. — С. 131–141.
- 49 Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям лечебных минеральных вод, 1984 г.
- 50 Howard G., Bartram J., Pedley S., Schmoll O., Chorus I., Berger P., Chilton J. Groundwater and Public Health. Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources — London: IWA Publishing, 2006. — 678 p. — ISBN 1843390795.
- 51 Steiakakis E., Vavadakis D., Mourkakou O. Groundwater vulnerability and delineation of protection zones in the discharge area of a karstic aquifer - application in Agyia's karst system (Crete, Greece) // *Water*. — 2023. — Vol. 15, No. 2. — Р. 231. — DOI: 10.3390/w15020231.
- 52 Санитарно-эпидемиологические требования к водоисточникам, местам водозабора для хозяйствственно-питьевых целей, хозяйствственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов. Утверждены приказом Министра национальной экономики РК от 16.03.2015 г., № 209.
- 53 Румынин В. Г. Теория и методы изучения загрязнения подземных вод: учебник для вузов. — СПб.: Наука, 2020. — 559 с. — ISBN 978-5-02-040326-0. — С. 169–193.

54 Xin Y., Zhou Z., Li M., Zhuang C. Analytical solutions for unsteady groundwater flow in an unconfined aquifer under complex boundary conditions // *Water*. — 2019. — Vol. 12, No. 1. — Art. 75. — P. 1–13. — DOI: 10.3390/w12010075.

55 Sakata Y., Baran G., Suzuki T., Chikita K. Estimate of river seepage by conditioning downward groundwater flow in the Toyohira River alluvial fan, Japan // *Hydrological Sciences Journal*. — 2016. — Vol. 61, No. 4. — P. 1–11. — DOI: 10.1080/02626667.2015.1125481.

56 Meng F., Xiao C., Liang X., Wang G., Sun Y., Guo D. Factors influencing surface water and groundwater interaction in alluvial fan // *Journal of Water and Climate Change*. — 2021. — Vol. 12, No. 3. — P. 679–695. — DOI: 10.2166/wcc.2020.174.

57 Fetter C.W. *Applied Hydrogeology*. 4th ed. — Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001. — 610 p. — ISBN 10: 1-292-02290-6, ISBN 13: 978-1-292-02290-1. — P. 113–132.

58 Rai S., Singh V. Artificial recharge of unconfined aquifer // *Water Encyclopedia* / ed. by J.H. Lehr, J. Keeley. — Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005. — Vol. 3. — P. 11-17. — DOI: 10.1002/047147844X.gw61.

59 Боревский Б.В., Язвин А.Л. Достоверность прогноза качества питьевых подземных вод как основа квалификации месторождений по группам сложности // Науки о Земле: сырьевая база и геологоразведка. — 2022. — С. 40–48.

60 Плотников Н. А., Алексеев В. С. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод. — М.: Стройиздат, 1990. — 256 с.: ил. — (Охрана окружающей природной среды). — ISBN 5-274-01115-2.

61 Шейко А. М. Расчет водозаборных сооружений из поверхностных источников: пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Водозаборные сооружения» для студентов заочной формы обучения специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов». — Минск: БНТУ, 2014. — 47 с. — ISBN 978-985-550-469-7.

62 СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. — М.: ФГУП ЦПП, 2006. — 128 с. — С. 1–15.

63 Руководство по проектированию сооружений для забора подземных вод: к соответствующим разделам СНиГС 11-31-74. — М.: Стройиздат, 1978. — 209 с. — С. 1–96.

64 Collins S., Houben G. Horizontal and radial collector wells: simple tools for a complex problem // *Hydrogeology Journal*. — 2020. — Vol. 28. — P. 1–11. — DOI: 10.1007/s10040-020-02120-2.

65 Веременюк В. Б., Иващечкин В. В., Крицкая В. В. Математические модели скважинных водозаборов с разветвленной и кольцевой схемами соединения сборных водоводов // Энергетика: Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. — 2020. — Т. 63, № 6. — С. 563–580. — DOI: <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2020-63-6-563-580>.

Дипломная работа

Жаксылық Диас Ерболұлы

6B07211 – Гидрогеология и инженерная геология

На тему: Обоснование и расчет границ месторождений подземных вод, находящихся в различных гидрогеологических условиях

РЕЦЕНЗИЯ

История развития термина «месторождение подземных вод» и история определения его границ раскрыта достаточно полно и точно.

В данной дипломной работе хорошо проработан раздел, посвященный сравнению различных типов месторождений с месторождениями подземных вод. Удачно выполнено сравнение с месторождениями твердых полезных ископаемых, а также четко и логично представлено сопоставление с месторождениями углеводородов. Однако раздел, посвященный нетрадиционным углеводородам, получился излишне подробным и занимает значительный объем работы, несмотря на то что тема диплома лишь косвенно связана с данной категорией месторождений.

Факторы, влияющие на границы месторождений подземных вод, а также граничные условия, рассматриваемые как потенциальные границы этих месторождений, изложены достаточно подробно. Тем не менее, следовало бы дополнить анализ экологического фактора и влияние геохимической обстановки.

Несмотря на наличие идеи и базовых данных, информация представлена поверхностно, и ее следовало бы развить более подробно. Раздел, посвященный зонам санитарной охраны, напротив, написан полно.

Учитывая, что определение границ месторождений подземных вод по-прежнему остается одной из актуальных и недостаточно разработанных проблем гидрогеологии, а количество научной литературы по данной теме ограничено, о чем справедливо указывает сам автор работы, я считаю сделанные в дипломной работе выводы обоснованными. Несмотря на то, что тема раскрыта не в полной мере, работа в целом демонстрирует достаточную глубину и проработанность исследования.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Раздел, посвященный влиянию условий эксплуатации водозабора, раскрыт недостаточно глубоко. Есть замечания в тексте дипломной работы, которые в процессе составления работ полностью исправлены.

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Представленная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным работам, и может быть допущена к защите перед Государственной квалификационной комиссией с оценкой 95%, а Жақсылық Диас Ерболұлы заслуживает присвоения академической степени бакалавра по образовательной программе 6B07211 – «Гидрогеология и инженерная геология».

Рецензент

Заместитель директора
ТОО «Государственная компания «Геотерм»

Жанбайов С.С.
2025 г.



**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

Жақсылық Диас Ерболұлы

6B07211 – Гидрогеология и инженерная геология

Тема: Обоснование и расчет границ месторождений подземных вод, находящихся в различных гидрогеологических условиях

Дипломная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованной литературы из 65 наименований, 48 страниц текста, 16 рисунков, 3 таблиц, 9 формул.

Тематика дипломной работы обусловлен тем, что, несмотря на то что термин «месторождение подземных вод» закреплен во многих нормативных документах, в том числе обязывающих к соблюдению определенных экологических и других ограничений, до настоящего времени отсутствует единый стандарт определения его границ.

Целью, поставленной перед автором данной дипломной работы, являлось провести анализ существующих подходов к определению границ месторождений подземных вод, а также сравнить их с подходами, применяемыми к другим видам полезных ископаемых.

При этом рекомендовалось обсудить целесообразность и необходимость дальнейшего использования термина «месторождение подземных вод» с целью избежать необходимости устанавливать его границы, а также ряда других вопросов, касающихся этой весьма непростой и неоднозначной тематики.

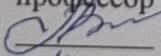
В конечном итоге, Жақсылық Д. Е. представил весьма аргументированную, построенную на использовании невероятно большого, запредельного для дипломной работы, фактического и изданного материала, в которой рассмотрел историю термина, осуществил сравнительный анализ принципов определения границ месторождений различных природных ресурсов, рассмотрел критерии границ МПВ и еще целый ряд других вопросов.

За период дипломирования, так же как за весь период учебы, Диас Жақсылық показал высокую работоспособность, прекрасные знания в фундаментальной и прикладной гидрогеологии, умение самостоятельно решать довольно сложные профессиональные задачи.

Дипломная работа Жақсылық Диаса рекомендуется к защите с присвоением академической степени бакалавра техники и технологии по специальности 6B07211 – «Гидрогеология и инженерная геология».

Научный руководитель

Кандидат геолого-
минерологических наук,
профессор

 Завалей В.А.
«10» 06 2025 г.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген енбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Жақсылық Д.Е.

Тақырыбы: Обоснование и расчет границ месторождений подземных вод, находящихся в различных гидрогеологических условиях.

Жетекшісі: Вячеслав Завалей

1-ұқсастық коэффициенті (30): 6.9

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.7

Дәйексөз (35): 2.4

Әріптерді ауыстыру: 14

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

Ақ белгілер: 0

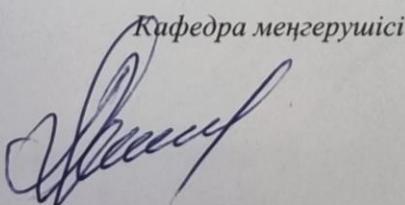
Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

- Ұылыми енбекте табылған ұқсастықтар плахиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.
- Осы жұмыстағы ұқсастықтар плахиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі енбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өндөуге жіберілсін.
- Енбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плахиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бүрмаланып плахиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негізде:

2025-05-30

Күні

Кафедра менгерушісі


Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жақсылық Д.Е.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Обоснование и расчет границ месторождений подземных вод, находящихся в различных гидрогеологических условиях.

Научный руководитель: Вячеслав Завалей

Коэффициент Подобия 1: 6.9

Коэффициент Подобия 2: 2.7

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 14

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

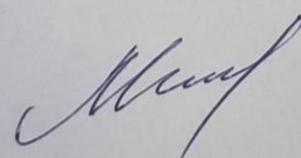
После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

2025-05-30

Дата

Еркежан Мақабіл



проверяющий эксперт



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Обоснование и расчет границ месторождений подземных вод, находящихся в различных гидрогеологических условиях.

Автор Научный руководитель / Эксперт

Жақсылық Д.Е.Вячеслав Завалей

Подразделение

ИГиНГД

Объем найденных подобий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2

7380

Количество слов

57477

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		14
Интервалы		0
Микропробелы		4
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		22

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать сожержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	ЦВЕТ ТЕКСТА	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	http://referatdb.ru/kultura/14232/index.html	49 0.66 %	
2	https://standartgost.ru/g/pkey-14293732117	40 0.54 %	
3	http://gostrf.com/normadata/1/4294850/4294850581.htm	33 0.45 %	
4	https://schroquest.ru/feet/zapasy-podzemnyh-vod-resursy-podzemnyh-vod.html	27 0.37 %	

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	ЦВЕТ ТЕКСТА	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	http://referatdb.ru/kultura/14232/index.html	49 0.66 %	
2	https://standartgost.ru/g/pkey-14293732117	40 0.54 %	
3	http://gostrf.com/normadata/1/4294850/4294850581.htm	33 0.45 %	
4	https://schroquest.ru/feet/zapasy-podzemnyh-vod-resursy-podzemnyh-vod.html	27 0.37 %	

5	http://www.alppp.ru/law/okruzhayuschaja-sreda-i-prirodnye-resursy/ispolzovanie-i-ohrana-vod/12/instrukcija-po-primeneniyu-klassifikacii-ekspluatacionnyh-zapasov-podzemnyh-vod-k-mestoroz.pdf	27 0.37 %
6	https://helpiks.org/7-17730.html	25 0.34 %
7	https://docplayer.ru/62133720-S-d-tyumenev-vodnye-resursy-i-vodoobespechenost-territorii-kazahstana.html	19 0.26 %
8	https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-obosnovaniya-zon-sanitarnoy-ohrany-podzemnyh-vodozaborov-analiz-osnovnyh-geologicheskikh-faktorov	17 0.23 %
9	http://rudocs.exdat.com/docs/index-454242.html	17 0.23 %
10	https://cyberleninka.ru/article/n/prognoz-neftegazonosnosti-verhneyurskikh-otlozheniy-yuzhnyh-rayonov-ob-irtyshskogo-mezhdurechya-po-paleogidrogeologicheskim-dannym	17 0.23 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.07 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

1	диссер полный.doc 8/17/2023 Institute of Hydrogeology and Geoecology named after Ahmedsafin (Institute of Hydrogeology and Geoecology named after Ahmedsafin)	5 (1) 0.07 %
---	---	--------------

из интернета (6.80 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--------------	---

1	https://docplayer.ru/62133720-S-d-tyumenev-vodnye-resursy-i-vodoobespechenost-territorii-kazahstana.html	73 (6) 0.99 %
2	http://gostrf.com/normadata/1/4294850/4294850581.htm	61 (3) 0.83 %
3	http://www.alppp.ru/law/okruzhayuschaja-sreda-i-prirodnye-resursy/ispolzovanie-i-ohrana-vod/12/instrukcija-po-primeneniyu-klassifikacii-ekspluatacionnyh-zapasov-podzemnyh-vod-k-mestoroz.pdf	61 (5) 0.83 %
4	http://referatdb.ru/kultura/14232/index.html	49 (1) 0.66 %
5	https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-obosnovaniya-zon-sanitarnoy-ohrany-podzemnyh-vodozaborov-analiz-osnovnyh-geologicheskikh-faktorov	45 (4) 0.61 %
6	https://standartgost.ru/g/pkey-14293732117	45 (2) 0.61 %
7	https://schroquest.ru/feet/zapasy-podzemnyh-vod-resursy-podzemnyh-vod.html	33 (2) 0.45 %
8	http://rudocs.exdat.com/docs/index-454242.html	30 (2) 0.41 %
9	https://helpiks.org/7-17730.html	25 (1) 0.34 %
10	https://cyberleninka.ru/article/n/prognoz-neftegazonosnosti-verhneyurskikh-otlozheniy-yuzhnyh-rayonov-ob-irtyshskogo-mezhdurechya-po-paleogidrogeologicheskim-dannym	24 (2) 0.33 %

11	https://docplayer.ru/41489351-Osnovy-gidrogeologii-i-inzhenernoy-geologii.html	19 (2) 0.26 %
12	http://eikos.kz/snip/snip_rk_401-02-2009_vodosnabzhenie_naruzhnye_seti_i_sooruzheniya/	16 (1) 0.22 %
13	http://docs.cntd.ru/document/1200138448	11 (1) 0.15 %
14	https://studfile.net/preview/9161941/	5 (1) 0.07 %
15	https://standartgost.ru/g/pkey-14293727179	5 (1) 0.07 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)
