

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

УДК 556.31.01.04.06 (574.1)

На правах рукописи

КАНАФИН КАНАТ МАРАТОВИЧ

**Применение дистанционного зондирования для оценки
гидрогеологических условий Западного Казахстана**

6D075500 - Гидрогеология и инженерная геология

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научный консультант
доктор геол.-мин. наук,
профессор
М.К. Абсаметов

Зарубежный научный
консультант
доктор геол.-мин. наук,
профессор
А.П. Хаустов (г. Москва, РФ)

Республика Казахстан
Алматы, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	7
ВВЕДЕНИЕ	9
1 МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГИДРОГЕОЛОГИИ	14
1.1 Развитие методов дистанционного зондирования.....	14
1.2 Принципы дистанционного зондирования.....	18
1.3 Дистанционное зондирование в гидрогеологических исследованиях...	25
Выводы по 1 разделу.....	30
2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ИЗУЧЕННОСТЬ РЕГИОНА	32
2.1 Географо-экономические условия.....	32
2.2 Рельеф.....	35
2.3 Климат.....	37
2.4 Гидрография.....	38
2.5 Геолого-гидрогеологическая изученность.....	40
2.5.1 Гидрологические исследования.....	40
2.5.2 Геолого-геофизические исследования.....	46
2.5.3 Гидрогеологические исследования.....	50
Выводы по 2 разделу.....	58
3 ГЕОЛОГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА	59
3.1 Особенности геологического строения.....	59
3.2 Стратиграфия.....	60
3.3 Геоморфологические условия.....	68
Выводы по 3 разделу.....	69
4 ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА	70
4.1 Региональное гидрогеологическое районирование.....	70
4.2 Водоносные горизонты и комплексы.....	72
4.3 Гидрогеологические условия песков Нарын.....	86
Выводы по 4 разделу.....	98
5 ДЕШИФРИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	100
5.1 Обработка, анализ материалов дистанционного зондирования.....	100
5.2 Индексный анализ VNIR-диапазонов.....	107
5.3 Линеаментный анализ SWIR-диапазонов Landsat-8.....	114
5.4 Анализ цифровой модели рельефа SRTM и TIR-диапазонов MODIS....	119
5.5 Наземные маршрутные исследования.....	124
5.6 Геоинформационная модель песков Нарын.....	129
Выводы по 5 разделу.....	135
6 ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПЕСКОВ НАРЫН	137
6.1 Гидрогеологическое районирование	137

6.2 Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод.....	138
6.2.1 Основные понятия о запасах и ресурсах подземных вод.....	138
6.2.2 Условия формирования ресурсов подземных вод.....	140
6.2.3 Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод.....	145
Выводы по 6 разделу.....	148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	153
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	156
ПРИЛОЖЕНИЕ А - Результаты наземных маршрутных исследований песков Нарын.....	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Каталог гидрохимических анализов проб воды.....	179

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

Закон Республики Казахстан от 18 февраля 2011 года № 407-IV «О науке» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 04.07.2018 г.);

Закон Республики Казахстан от 27 июля 2007 года № 319-III «Об образовании» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 04.07.2018 г.);

Кодекс Республики Казахстан «Водный кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.06.2018 г.);

ГОСО РК 5.04.034-2011: Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. Послевузовское образование. Докторантура. Основные положения (изменения от 23 августа 2012 г. № 1080);

ГОСТ Р 7.0.4-2006 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Издания. Выходные сведения. Общие требования и правила оформления;

ГОСТ Р 7.0.5-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления;

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления;

ГОСТ 7.11-2004 (ИСО 832:1994) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках;

ГОСТ 7.12-93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила;

ГОСТ 7.80-2000 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Водообеспеченность - степень удовлетворения фактической потребности в воде хозяйства, предприятия, орошаемой площади, отрасли народного хозяйства.

Подземные воды - воды, находящиеся в толще горных пород верхней части земной коры в жидком, твёрдом и газообразном состоянии.

Водопункт - естественный выход или искусственное вскрытие подземных вод (источник, скважина, колодец и т.д.).

Речная долина - линейно вытянутое углубление рельефа с уклоном от верховья к низовью, сформированное в результате эрозионной деятельности реки.

Гидрогеологические условия - совокупность признаков, характеризующих условия залегания подземных вод; литологический состав и водные свойства водоносных пород, движение, качество и количество подземных вод и особенности их режима в природной обстановке и под влиянием искусственных факторов.

Водоносный горизонт - относительно выдержанная и единая в гидравлическом отношении толща (слой, пласт и т. д.) водопроницаемых горных пород, поры, трещины или пустоты которых заполнены подземными водами.

Грунтовые воды - подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, расположенного на первом водоупорном слое. Грунтовые воды имеют свободную водную поверхность.

Напорные воды - подземные воды, находящиеся под давлением, значительно превышающим атмосферное, и приуроченные к водоносным горизонтам, залегающим между водоупорными (слабопроницаемыми) пластами в пределах сравнительно крупных геологических структур (синеклиз, моноклиналей и др.).

Водозабор - инженерное сооружение по захвату подземных вод или воды из реки и водохранилища в водопроводные, оросительные, гидроэнергетические и другие системы.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) - наблюдение поверхности Земли наземными, авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съёмочной аппаратуры.

Геоинформационная система (географическая информационная система, ГИС) - система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) - цифровое картографическое представление земной поверхности как в виде регулярной сетки высот (DEM), так и в виде нерегулярной сетки треугольников (TIN).

Дешифровочные признаки пространственных объектов - характеристики объектов, позволяющие определить их на снимках визуально или используя методы автоматизированного дешифрирования: тон, цвет, размер, форма,

текстура, рисунок, тень, местоположение, связь с другими элементами. При дешифрировании их разделяют на: яркостные признаки - набор числовых значений спектральной яркости; геометрические признаки - это форма (линейная, плоская, объемная), размер, топологические свойства объектов (например, связность, число промежутков); комплексные признаки - специфическое сочетание яркостных и геометрических признаков, определяющее структуру (текстуру) изображенных на снимке объектов.

Гидрогеологическое районирование - деление территории на районы, отличающиеся условиями формирования (питания, накопления, разгрузки), залегания, распространения или характером использования подземных вод.

Водный баланс - количественное выражение круговорота воды в атмосфере, гидросфере, на Земле в целом или отдельных её районах. Характеризует все формы прихода и расхода воды в жидком, парообразном и твёрдом (лёд) состояниях.

Естественные запасы - масса гравитационной воды в пласте в естественных условиях. Для безнапорных вод выделяются *емкостные запасы* - объем воды, высвобождающийся из пласта при его осушении.

Естественные ресурсы - величина питания подземных вод в естественных условиях. Естественные ресурсы равны сумме всех природных элементов баланса данного горизонта (перетекание из смежных горизонтов, инфильтрация атмосферных осадков, фильтрация из рек и водоемов).

Прогнозные ресурсы - количество подземных вод определенного качества и целевого назначения, которое может быть получено в границах оцениваемого продуктивного горизонта, перспективного для дальнейшего хозяйственного использования, и характеризует потенциальные возможности использования подземных вод, в том числе применительно к существующей проектной или условной схемам расположения водопотребителей. Они являются основой для постановки поисковых и разведочных работ на территориях, перспективных для выявления месторождений подземных вод, а также для составления схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, водохозяйственных балансов.

Модуль (площадной) прогнозных ресурсов - представляет собой расход подземных вод в л/с, который может быть получен из оцениваемых водоносных горизонтов водозаборными сооружениями, в том числе - каптажами родников, с 1 км² оцениваемой площади.

Эксплуатационные запасы (ресурсы) - количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие обозначения и сокращения:

НАО «КазННТУ им. К.И. Сатпаева»	- Национальное Акционерное Общество «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»;
ДЗЗ	- Дистанционное зондирование Земли;
NOAA	- Национальное управление океанических и атмосферных исследований, США (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA);
AVHRR	- Радиометр высокого разрешения (Advanced Very High Resolution Radiometer);
ПЗС	- Прибор с зарядной связью;
AWiFS	- Широкополосный датчик (Advanced Wide Field sensor);
MODIS	- Сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer);
ГИС	- Геоинформационная система;
ЦМР	- Цифровая модель рельефа;
МКС	- Международная космическая станция;
КА	- Космические аппараты;
УГМС КазССР	- Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды КазССР;
ВНИГРИ	- Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт;
ВАГТ	- Всесоюзный аэрогеологический трест;
АН СССР	- Академия наук СССР;
ВСЕГИНГЕО	- Всероссийский (Всесоюзный) научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии;
абс. отм.	- абсолютная отметка (высота) над уровнем моря;
ПВ	- Прикаспийская впадина;
ВРОВ	- Водорастворимые органические вещества;
EOA	- Система наблюдения Земли, НАСА (Earth Observing System, NASA);
OLI	- Операционный визуализатор земли (Operational Land Imager);
TIRS	- Термальный инфракрасный датчик (Thermal Infrared Sensor);
WRS-2	- Всемирная справочная система. Глобальная система записи данных Landsat (Worldwide Reference System);
MTL	- Файл метаданных (Metadata File);
SRTM	- Радарная интерферометрическая съемка поверхности земного шара с борта космического корабля многоразового использования «Shuttle» (Shuttle Radar

	Topographic Mission);
ESRI	- Институт исследования систем окружающей Среды, США (Environmental Systems Research Institute, USA);
ВИ	- Вегетационный индекс;
МАП	- Метод анизотропных преобразований;
UTM	- Универсальная поперечная проекция Меркатора (Universal Transverse Mercator projection);
АМСГ	- Авиационная метеорологическая станция гражданская;
ГГИ	- Государственный гидрологический институт, РФ;
МГУ	- Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Наиболее острой проблемой в Казахстане является обеспечение населения качественной питьевой водой. Целый ряд регионов, в т.ч. Западный Казахстан испытывает в ней острую потребность. Решение этой социально значимой задачи возможно путем максимального использования подземных вод, что позволит существенно решить проблему доступа населения страны к качественной питьевой воде.

Одним из регионов с большими перспективами поиска подземных вод является западная часть Прикаспийской впадины, расположенная в междуречье Жайыка (Урала) и Волги в системе эоловых песчаных массивов под общим названием «Нарын».

Этот район в гидрогеологическом отношении представляет особый интерес по двум позициям:

– *во-первых*, участки песчаных массивов сами по себе являются природными коллекторами подземных вод, где в определенных природно-геологических условиях образуются достаточно крупные скопления – месторождения пресных подземных вод типа Саускан и Туйесу на Мангышлаке с запасами до 15-20 тыс. м³/сут, обеспечивающих хозяйственно-питьевое водоснабжение крупных промышленных объектов. Если площади песчаных массивов Саускан, Туйесу, Кызылкум не превышают 100-200 км², общая площадь песков Нарын составляет порядка 30 тыс. км².

– *во-вторых*, большие перспективы открытия здесь новых крупных источников пресных подземных вод связаны с так называемыми древними погребенными долинами и эрозионными врезами. Территория Прикаспийской низменности и прилегающих к ней областей изобилует достаточно густой овражно-балочной сетью (около 1500) как в геологическом прошлом, так и в настоящее время (пересыхающие и временные водотоки), сформированными в дочетвертичное время в периоды каспийских трансгрессий. Из множества овражно-балочной сети и рек в настоящее время постоянный сток имеет только р. Жайык (Урал), остальные погребены под более поздними неоген-четвертичными образованиями или теряются в центральной части Прикаспия (рр. Караозен и Сарыозен (Большой и Малый Узени) в Камыш-Самарских разливах, Жем (Эмба), Ойыл (Уил), Сагыз (Сагиз)), не доходя до основной области стока Каспийского моря. В настоящее время именно они представляют большой практический интерес для поисков пресных подземных вод.

Поэтому исследование гидрогеологических условий и поиски слабоминерализованных подземных вод с использованием методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в пустынных территориях Западного Казахстана является весьма актуальным.

Объектом исследований являются подземные воды песков Нарын на территории Северного Прикаспия.

Предметом исследований – региональные особенности формирования и распространения, химический состав, естественные запасы и ресурсы, подземных вод на территории песков Нарын.

Основной целью работы является изучение гидрогеологических условий песков Нарын с выявлением перспективных площадей для поиска месторождений подземных вод.

Способ достижения цели основывается на комплексном использовании современных методов ДЗЗ, наземных маршрутных исследований и методик оценки запасов и ресурсов подземных вод.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1) изучить гидрологические, геолого-геофизические, гидрогеологические условия территории исследований на основе сбора, анализа и систематизации ранее проведенных исследований для уточнения условий распространения и региональных закономерностей формирования, движения и разгрузки подземных вод песков Нарын;

2) выполнить обработку, анализ и дешифрирование ДЗЗ с целью выявления перспективных площадей распространения подземных вод для проведения гидрогеологических разведочных работ на территории песков Нарын;

3) провести наземные маршрутные исследования для оценки современного состояния водохозяйственной обстановки вододефицитных районов и разведанных месторождений, уточнения химического состава подземных вод на основе лабораторных исследований;

4) на основе дешифрирования данных ДЗЗ и наземных маршрутных исследований построить геоинформационную модель, отражающую гидрогеологические условия песков Нарын;

5) на основе геоинформационной модели: выявить перспективные площади для поиска месторождений подземных вод; провести гидрогеологическое районирование с целью оценки ресурсов подземных вод;

6) оценить естественные запасы и ресурсы, прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод песков Нарын по условиям формирования подземных вод с учетом режимобразующих факторов.

Методы исследований:

– в работе приведены данные обработки космоснимков Terra/MODIS и Landsat-8, покрывающих территорию песков Нарын. Регулярное покрытие территории исследуемого региона снимками с космических аппаратов, а также наличие долговременных архивных рядов данных ДЗЗ, позволило осуществить многоуровневую обработку цифровой информации для решения поставленных задач. Для интерпретации результатов дешифрирования также использованы результаты кондиционных геологических и гидрогеологических съемок различных масштабов, кадастры буровых скважин, колодцев.

– наземные маршрутные исследования для изучения существующей гидрогеологической и водохозяйственной обстановки территории и оценки состояния разведанных месторождений подземных вод.

– лабораторные исследования химического состава подземных вод проводились в аккредитованной лаборатории Института гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина.

– оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод на основе гидрогеологического районирования по условиям формирования подземных вод с учетом режимобразующих факторов.

– в ходе работ использовались современные программные комплексы: Geomatica (PCI Geomatics), ArcGIS (ESRI), Surfer (Golden Software), RockWorks (Rock WareInc), CorelDRAW (Corel).

Использование комплексного метода гидрогеологических исследований, позволят научно-обоснованно выделить перспективные площади для поиска месторождений подземных вод.

Теоретико-методологической базой исследования являются региональные гидрогеологические исследования территории Северного Прикаспия с использованием данных ДЗЗ, выполненные автором самостоятельно или непосредственно при его участии, а также публикации и фондовые материалы. Региональные исследования проводились в ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина» по проекту: «Подземные воды Казахстана - стратегический ресурс устойчивого водообеспечения страны» в рамках научной программы по программно-целевому финансированию: «Водная безопасность Республики Казахстан - стратегия устойчивого водообеспечения» (2015-2017 гг.)

В процессе наземных маршрутных и экспериментальных исследований изучалось современное состояние поверхностных и подземных вод территории исследований. Проведенное дешифрирование данных ДЗЗ позволило более целенаправленно выполнить наземные маршрутные исследования на территории песчаных массивов Северного Прикаспия в Западном Казахстане. При наземных маршрутных обследованиях территории исследований изучены естественные и искусственные водопоявления (колодцы, скважины), местные источники водоснабжения, проведены опытно-фильтрационные работы с отбором проб воды на химические анализы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) применение данных ДЗЗ с проведением анализа рельефа и теплового поля, позволило выделить протяженные аномалии, предположительно обусловленные погребенными речными долинами, содержащими подземные воды, которые подтверждается фактическими водопунктами;

2) использование результатов проведенных анализов с последующим созданием геоинформационной модели позволяет дать прогноз перспективных площадей для поиска подземных вод, приуроченных к пескам Нарын;

3) проведение гидрогеологического районирования по условиям формирования подземных вод с применением геоинформационной модели позволило определить естественные запасы и ресурсы, рассчитать прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод в пределах песков Нарын в Западном Казахстане.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– выявлены гидрогеологические особенности формирования подземных вод песков Нарын на территории Северного Прикаспия;

– использован комплексный метод гидрогеологических исследований

включающий дешифрирование данных ДЗЗ и использование геоинформационной модели, позволившее научно-обоснованно выделить перспективные площади для выявления месторождений подземных вод в пределах песков Нарын на территории Северного Прикаспия;

– выполнено гидрогеологическое районирование территории исследований по особенностям формирования подземных вод на основе геоинформационной модели с проведением оценки запасов и ресурсов подземных вод с учетом условий формирования и режимобразующих факторов.

Практическая значимость работы заключается в использовании результатов исследований, методики анализа и дешифрирования данных ДЗЗ с созданием и применением геоинформационной модели при поисках месторождений подземных вод в вододефицитных районах Западного Казахстана, а также при региональных гидрогеологических исследованиях пустынных территорий.

Работа над диссертацией выполнялась в Институте гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина и на кафедре Геологии нефти и газа Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева в рамках гранта на обучение от Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертации; обработке, анализе и дешифрировании данных ДЗЗ; в проведении наземных маршрутных работ; создании геоинформационной модели; построении тематических карт с использованием современных ГИС-технологий; обобщении и интерпретации полученных результатов исследований; формулировании выводов и основных положений, выносимых на защиту; написании научных статей по теме диссертации.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 статей. В том числе: 3 статьи в республиканских специализированных изданиях, рекомендованных комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК; 1 статья в международном журнале, входящем в базу данных Scopus (NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences); 3 статьи опубликованы в материалах международных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованных источников и 2 приложений. Объем работы составляет 180 страниц текста, 54 рисунка, 18 таблиц, список использованных источников из 157 наименований и 2 приложений.

Благодарности. Автор выражает особую признательность и благодарность своему научному руководителю, д.г.-м.н., профессору М.К. Абсаметову за неоценимую помощь, научную и моральную поддержку, содействие в процессе выполнения и написания диссертации. Постоянные консультации и ценные советы при написании работы предоставлял к.г.-м.н. Е.Ж. Муртазин.

Отдельная благодарность д.г.-м.н., профессору А.П. Хаустову за организацию и проведение зарубежной научной стажировки в ряде исследовательских учреждений Москвы, что позволило овладеть современными

навыками обработки данных и ознакомиться с российским опытом в области региональных гидрогеологических исследований и применения ДЗЗ. Автор выражает благодарность декану экологического факультета РУДН, д.э.н. М.М. Рединой; преподавателям МГУ имени М.В. Ломоносова, д.г-м.н. С.П. Позднякову, д.г-м.н. С.О. Гриневскому, а также к.г-м.н. (бывш. аспирант) К.И. Барановской; преподавателям МГРИ-РГГРУ имени Серго Орджоникидзе, к.г.-м.н. Н.В. Фисун и В.С. Спорышеву; сотруднику компании «СКАНЭКС», к.г.н. А.А. Алейникову; заместителю директора по научной работе Института геоэкологии имени Е.М. Сергеева, д.г.н. А.С. Викторову; главному научному сотруднику ЗАО «ГИДЭК» А.Л. Язвину.

Автор выражает особую признательность и благодарность: генеральному директору «КАЗЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ», к.т.н. В.Б. Петровскому за возможность обработки данных цифровой модели рельефа и тепловых съемок, а также за консультации и ценные советы при анализе полученных результатов; заведующему лаборатории ГИС и ДЗЗ Института гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина, к.т.н Л.В. Шагаровой за уникальную возможность приобрести навыки и знания в области анализа и обработки данных дистанционного зондирования Земли с использованием современных программных комплексов.

Автор признателен: профессорско-преподавательскому составу кафедры гидрогеологии и инженерной геологии КазННТУ имени К.И. Сатпаева за полученные научно-практические знания; научным сотрудникам Института гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина за сформированное системное научное мышление и навыки работы; гидрогеологам О. Багиману и И.К. Рахметову за совместную работу при наземных маршрутных исследованиях; докторанту PhD Е.В. Сотникову за советы при работе над диссертацией, а также В.О. Чередову за предоставленную помощь при построении гидрогеологических карт и создании геоинформационной модели территории исследований с использованием программного комплекса ArcGIS (ESRI).

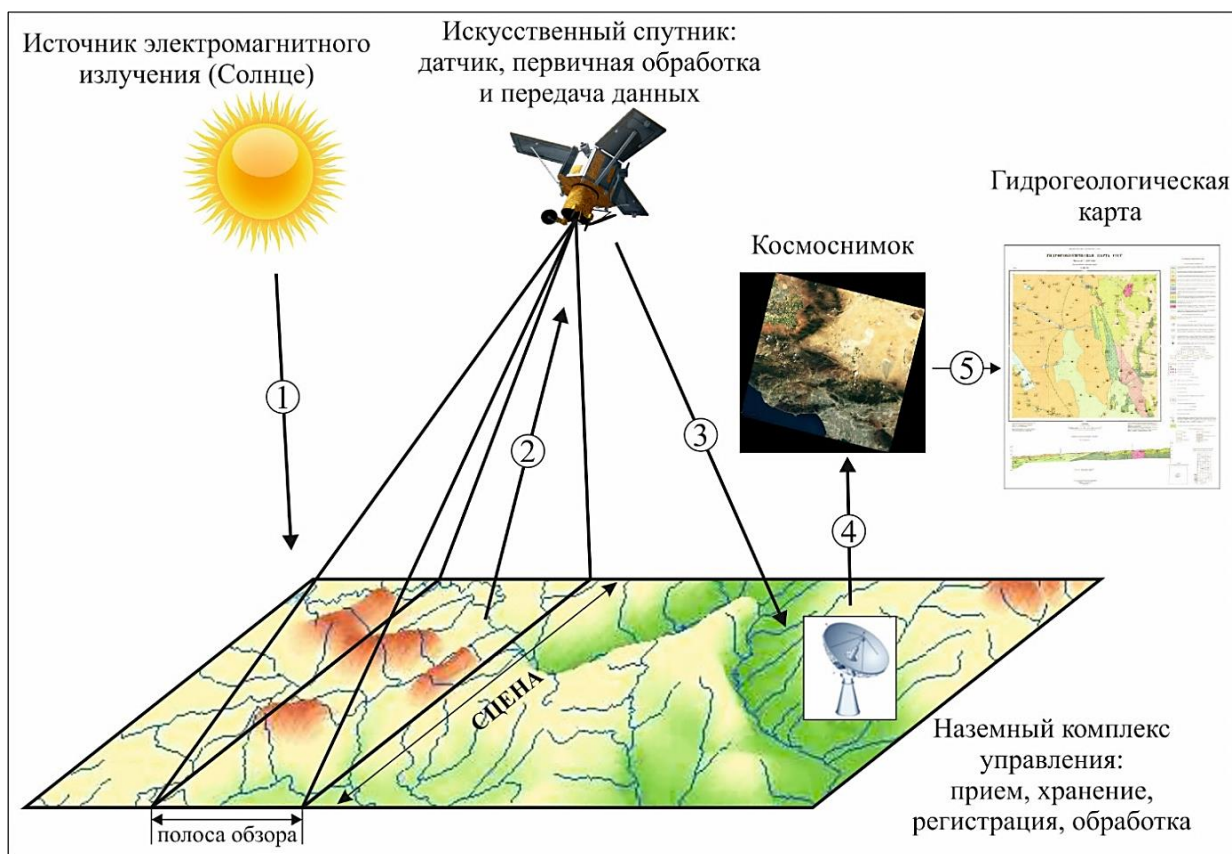
Искреннюю благодарность автор выражает своим родителям М.Ш. Канафину и Г.К. Канафиной за привитое с юных лет стремление к знаниям.

1 МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГИДРОГЕОЛОГИИ

1.1 Развитие методов дистанционного зондирования

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) широко используют в геолого-гидрогеологических исследованиях. Организация работ по изучению поверхности Земли, основанная на сочетании аэрокосмических методов с проведением наземных наблюдений на ключевых участках, позволяет увеличить информативность исследований [1].

Под дистанционным зондированием (англ. *Remote Sensing*) понимается наблюдение и измерение энергетических и поляризационных характеристик излучения объектов в различных диапазонах электромагнитного спектра с целью определения местоположения, вида, свойств и временной изменчивости объектов окружающей среды без непосредственного контакта с ними измерительного прибора. Схема дистанционного зондирования Земли представлена на рисунке 1.1.



1 - прохождение солнечной радиации через атмосферу с дальнейшим отражением и испусканием электромагнитного излучения от земной поверхности; 2 - фиксирование отраженной и испущенной энергии сенсором орбитального спутника; 3 - передача и первичная обработка полученных данных; 4 - анализ данных и интерпретация полученных результатов; 5 - применение полученных результатов

Рисунок 1.1 - Схема дистанционного зондирования Земли

История развития. Использование аэрокосмических методов в своем развитии прошли путь от визуального дешифрирования до компьютерного анализа цифровых данных, получаемых в нескольких диапазонах электромагнитного спектра. Материалы дистанционных съемок стали представлять значительную роль при геологическом картографировании, гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследованиях [2-5].

Первые воздушные съемки с летательных аппаратов (воздушных шаров) относятся к середине XIX в. Французским энтузиастом авиации Надаром (настоящее имя Гаспар Феликс Турнашон) в 1855 г. были сделаны фотографии Парижа и по ним составлен точный план города. В те же годы французский геолог Эме Цивиль осуществлял фотографирование Альп с высоких вершин с целью выделения на фотоснимках геологических контуров. В России воздушные съемки были начаты в 1886 г., когда А.М. Кованько сфотографировал с воздушного шара Санкт-Петербург. В начале XX в. русским инженером В.М. Потте создан первый в мире пленочный аэрофотоаппарат.

С начала 30-х гг. XX в. в геологических исследованиях территории бывшего СССР проводились аэрофотосъемки по инициативе академика А.Е. Ферсмана. Аэроснимки используются при изучении нефтеносных районов Ферганы и Азербайджана. Широкий размах получили аэровизуальные геологические наблюдения в Восточной Сибири. К этому же периоду относятся первые сведения об использовании аэрофотоснимков в Белорусской ССР, где они нашли применение для изучения болот Полесской низменности. В 1927 г. А.Е. Ферсманом выполнены аэровизуальные наблюдения особенностей ледниково-аккумулятивного рельефа между городами Ковно и Витебском.

В 30-е гг. значительный вклад в разработку и развитие аэрометодов внесен Ленинградским научно-исследовательским институтом аэрофотосъемки. Становилась очевидной большая научная и практическая эффективность аэрометодов в геологии. Накопленный опыт по применению материалов аэрофотосъемки в геологических исследованиях довоенного периода был обобщен в работах А.В. Гавемана, В.А. Фааса и В.П. Мирошниченко.

С середины 40-х гг. большой объем методических исследований выполнен Всесоюзным аэрогеологическим трестом (ВАГТ, организован в 1949 г.) и Лабораторией аэрометодов АН СССР (ЛАЭМ, 1944 г.).

В 50-х гг. отмечается широкое внедрение аэрометодов при геологических исследованиях и картографировании на территории Поволжья, Урала, Прикаспия, Казахстана, Средней Азии, Центральной и Восточной Сибири. Большую помощь аэрогеологам в дешифрировании элементов геологического строения оказали книги М.Н. Петрусевича «Геолого-съемочные и поисковые работы на основе аэрометодов» и «Аэрометоды при геологических исследованиях».

Важный этап в развитии дистанционных методов в геологии связан с освоением космического пространства, начало которому положил запуск в СССР первого в мире искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г. С помощью телевизионной аппаратуры, установленной на ИСЗ «Молния», «Метеор», были

получены изображения земной поверхности с больших высот. Первый в мире космонавт Ю.А. Гагарин осуществил визуальные наблюдения Земли 12 апреля 1961 г. с орбиты космического корабля «Восток». Фотографирование поверхности Земли впервые было выполнено космонавтом Г.С. Титовым 6 августа 1961 г. В последующие годы с пилотируемых космических кораблей «Восток», «Восход», «Союз», «Союз-Т» (СССР), «Mercury», «Gemini», «Apollo» (США) и долговременных орбитальных станций «Салют» были получены многочисленные космофотоизображения Земли, осуществлены визуальные наблюдения. Автоматические и пилотируемые космические аппараты становятся важным средством научного исследования, дающими уникальную геологическую информацию.

В 1959 г. началось планомерное использование материалов аэрофотосъемки в практике геологических исследований на территории Белорусской ССР. Результаты дешифрирования аэроснимков показали высокую эффективность при геологической съемке масштаба 1:200000, геоморфологическом картографировании, поисках месторождений минерального строительного сырья. Существенную роль в этом сыграли геологосъемочные работы с применением аэрометодов, выполненные Белорусской гидрогеологической экспедицией, организованной в 1955 г.

В 60-70-е гг. были достигнуты значительные успехи в использовании материалов дистанционного зондирования при геолого-геологических исследованиях. Аэрометоды в геологии получили широкое признание как средства получения информации о геологическом строении и гидрогеологических условиях складчатых и платформенных областей. В основу анализа аэрофотоснимков были положены контрастно-аналоговый и ландшафтно-индикационный подходы, которые позволили по снимкам выявлять геологические структуры, вещественные комплексы горных пород в различных ландшафтных условиях при решении задач геологического картографирования среднего и крупного масштабов, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых.

С середины 60-х гг. Лабораторией аэрометодов (ныне Всероссийский научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов, ВНИИКАМ) успешно разрабатываются ландшафтные методы дешифрирования покровных (четвертичных) отложений, морфологии рельефа, элементов тектонического строения применительно к территории Украины, Беларуси, Кольско-Карельской области и центральным районам России. Обобщение данного опыта использования аэрометодов отражено в методическом пособии «Дешифрирование четвертичных отложений Русской равнины» (1966 г.). В 1971 г. Лабораторией аэрометодов под редакцией В.К. Еремина опубликована работа по применению аэрометодов в геологических исследованиях, иллюстрированная примерами дешифрирования аэрофотоснимков в различных геолого-ландшафтных условиях. Среди учебных пособий следует отметить книгу А.Е. Михайлова и Н.С. Рамм «Аэрометоды при геологических исследованиях» (1975 г.).

Вторая половина 70-х гг. ознаменовалась активизацией аэрокосмических

методов в геологии. В это время для геологических целей начинают широко применяться новые виды аэросъемок (тепловая, радиолокационная, высотная) и съемок из космоса в различных диапазонах электромагнитного спектра. Большое внимание уделяется структурной интерпретации континентальных и региональных космоизображений складчатых и платформенных областей. Новым и весьма интересным достижением явилось фиксирование на космических снимках кольцевых структурных форм различной геологической природы. В 1976 г. под редакцией В.Е. Хаина выходит в свет учебное пособие «Космические методы в геологии».

В 1980-1990 гг. наступил качественно новый этап развития дистанционных методов с появлением цифровых средств получения аэрокосмической информации, разработкой компьютерных технологий обработки изображений земной поверхности и геолого-геофизических материалов. При дешифрировании аэро- и космических снимков используется геоиндикационный метод, предусматривающий изучение взаимосвязей элементов ландшафта с геологическими объектами. Геоиндикационное моделирование находит широкое применение в тектонических исследованиях платформенных бассейнов, при выявлении структур осадочного чехла, перспективных на поиски нефти и газа, прогнозировании месторождений твердых полезных ископаемых и подземных вод. Немаловажную роль в методологии дистанционных геологических исследований сыграли теоретические обобщения по проблемам линеamentной тектоники и кольцевых структур Земли, опубликованные в работах Я.Г. Каца, В.В. Козлова, В.И. Макарова, Д.М. Трофимова и др.

В рассматриваемый период дистанционное зондирование Земли осуществлялось по американской программе пилотируемых полетов космических кораблей многоразового пользования «Space Shuttle» (корабли «Columbia», «Challenger», «Discovery»).

Новым аспектом дистанционных методов в геологии явилось применение материалов аэро- и космических съемок при изучении состояния и изменений верхней части литосферы под воздействием хозяйственной деятельности человека, проведении мониторинга геологической среды и составлении карт эколого-геологического содержания. С помощью космической геодезии исследуется динамика литосферных плит и внутриплитных деформаций, что имеет важное значение для определения геодинамических обстановок формирования геологических тел, разработки моделей образования и локализации месторождений полезных ископаемых. Основные направления применения аэрокосмических методов в геологии рассматриваются в коллективной монографии «Космическая информация в геологии» (1983 г.) и книге немецкого ученого П. Кронберга «Дистанционное изучение Земли» (1988 г.).

В 90-х гг. в практике зарубежных работ по региональному геологическому изучению территорий, прогнозированию и поиску месторождений полезных ископаемых широко используются цифровые данные мультиспектральных космических съемок системами «Landsat MSS, TM» (США), «Spot XS, P» (Франция), «JERS-1» (Япония). В России начали функционировать космические

многоспектральные и радиолокационные системы получения дистанционной информации в цифровом виде МСУ-М, МСУ-СК, МСУ-Э, Алмаз, а также фотографические системы высокого пространственного разрешения КФА-1000, МК-4 и др. Выполнялись национальные программы исследования природных ресурсов, в т. ч. геологического строения, в Канаде, Китае, Бразилии, Аргентине, предусматривающие использование данных с собственных космических съемочных систем [2, с. 9].

Конец XX - начало XXI в. ознаменовались скачком в развитии способов получения космической информации. Достижения в области волоконной оптики сделали возможным существенное улучшение пространственного и спектрального разрешения оптико-электронных съемочных систем. Сканеры с нескольких спутников разных стран получают космическую информацию с размером пиксела от первых метров до 15 м и не в 3-4 каналах, как это было принято раньше, а в 7-15. Появились спектрометры, выполняющие гиперспектральную съемку в 32-200 каналах.

Характерная черта этого периода - появление в широком использовании материалов космической съемки, выполнявшейся в предыдущие десятилетия военными организациями России и США, так называемых конверсионных снимков с пространственным разрешением 1-2 м.

Для последних лет характерно все более широкое внедрение компьютерного дешифрирования космоснимков, обусловленное доступностью цифровых данных, полученных оптико-электронными и радиолокационными системами [6].

1.2 Принципы дистанционного зондирования

Дистанционное зондирование определяется как сбор и интерпретация информации о цели без физического контакта с объектом [7-12]. Наблюдения обычно производятся со спутников, самолетов и дронов. Термин «дистанционное зондирование» обычно ограничивается методами, которые используют электромагнитную энергию (свет, тепло, радиолокационные волны) в качестве средства измерения характеристик земной поверхности.

Физические основы. Электромагнитное излучение - явление волны, распространяющееся со скоростью света. Различные уровни электромагнитного излучения, такие как рентгеновские лучи, ультрафиолетовые, видимые, инфракрасные, радиолокационные и радиоволны, основаны на длине волны или частоте. На рисунке 1.2 представлена шкала различных диапазонов длин волн.

Взаимодействие с объектом. На рисунке 1.3 схематически изображены механизмы взаимодействия между электромагнитным излучением и объектом. Когда излучение сталкивается с материей, оно называется падающим излучением. Различают следующие взаимодействия: отражение, рассеяние, пропускание, поглощение и излучение.

Взаимодействие между электромагнитным излучением и материей обычно представляет собой комбинацию описанных выше основных явлений взаимодействия. Важно то, что все взаимодействия изменяются в зависимости от длины волны. Некоторые из этих взаимодействий регистрируются системой

дистанционного зондирования, представляя материал для интерпретации характеристик поверхности.

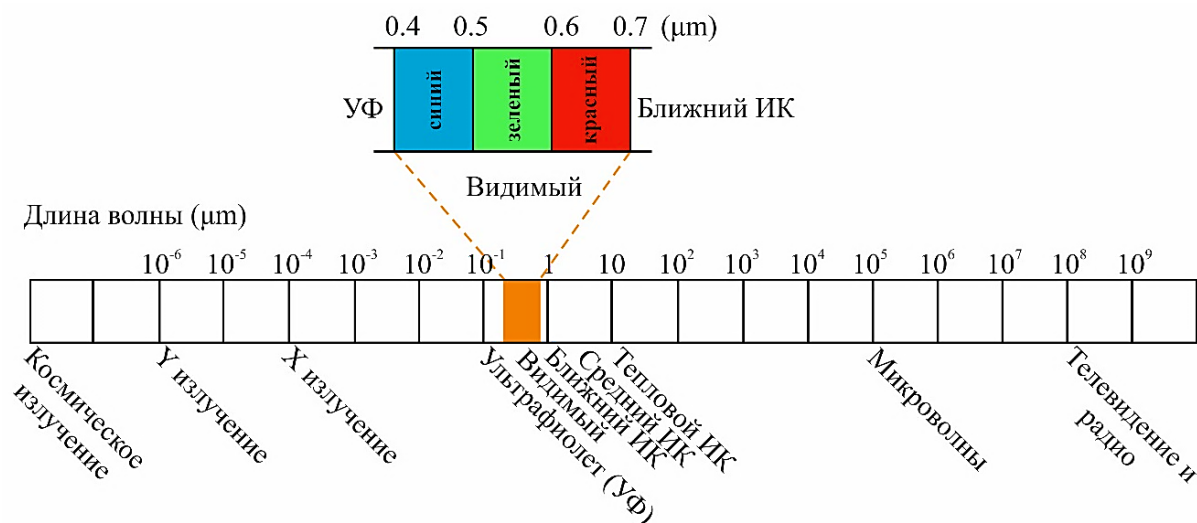


Рисунок 1.2 - Электромагнитный спектр

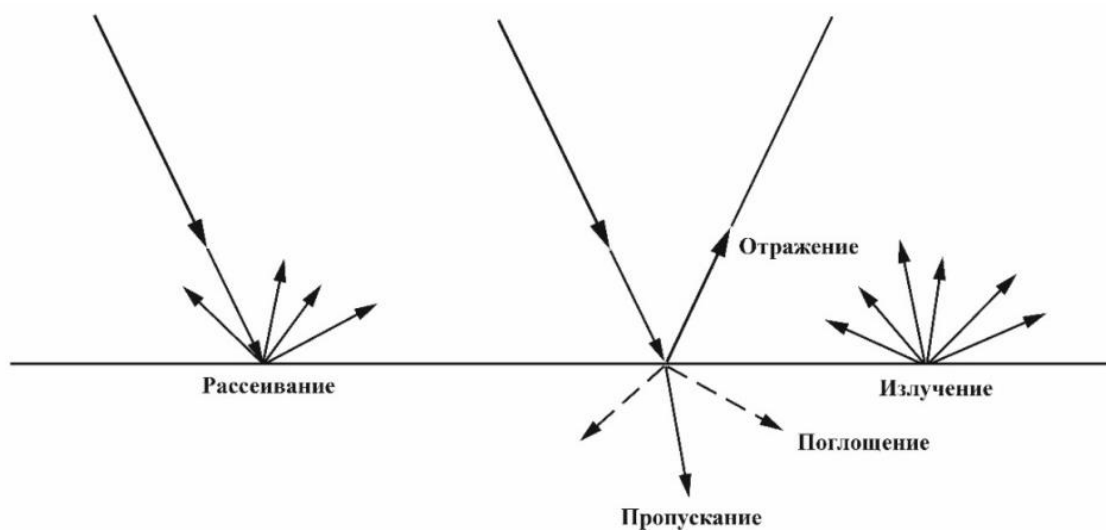


Рисунок 1.3 - Взаимодействие электромагнитного излучения и объекта

Системы аэрокосмической визуализации. Сканирующие системы. Излучение, отраженное с поверхности Земли, регистрируется сканирующей системой. Цифровые сканирующие системы в настоящее время являются основными поставщиками данных ДЗЗ при решении природно-ресурсных и экологических задач.

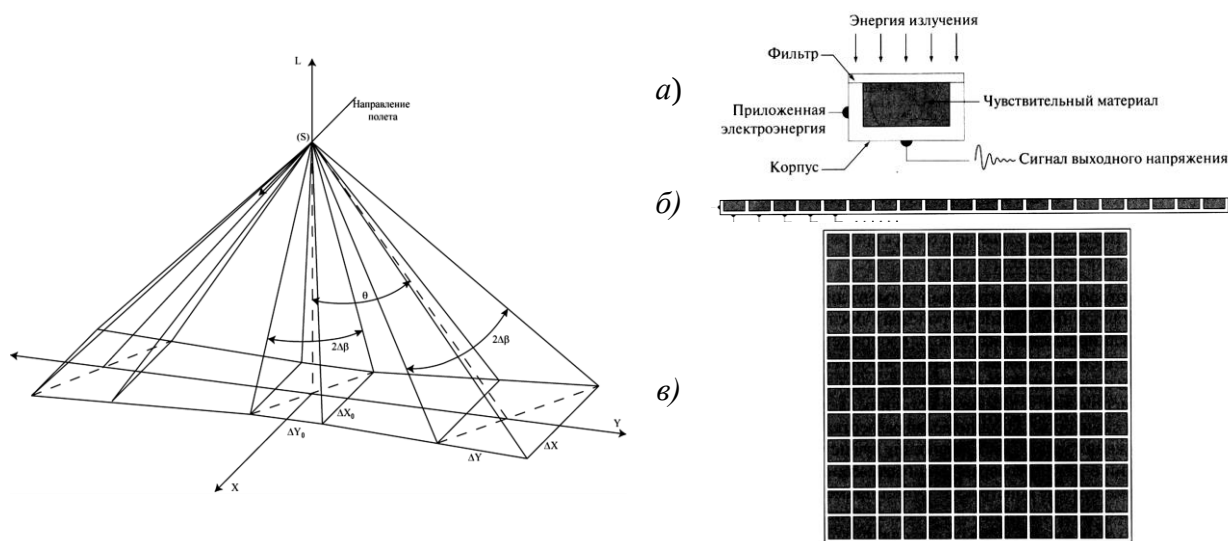
Современные сканеры позволяют вести съемку в широком диапазоне спектра электромагнитного излучения от 0,3 до 20 мкм.

Принципиальная схема действия сканирующих систем представлена на рисунке 1.4 [13]. Для характеристики аппаратуры ДЗЗ важны четыре основных параметра:

- пространственное разрешение;
- ширина полосы обзора;
- спектральный диапазон съемки;
- радиометрическое разрешение.

Два первых параметра определяют геометрические характеристики изображений.

Пространственное разрешение R (ΔX_0 , ΔY_0) определяет линейные размеры минимального элемента (пикселя) изображения, регистрируемого одним сенсором (рисунок 1.4-а). Оно определяется угловым разрешением сканера $2\Delta\beta$ и высотой орбиты H космического аппарата. В зависимости от величины этого элемента различают системы *низкого* ($R > 500$ м), *среднего* ($50 \text{ м} < R < 250$ м), *высокого* ($2 \text{ м} < R < 50$ м) и *сверхвысокого* ($R < 2$ м) разрешения. На рисунке 1.4 виден так называемый панорамный эффект, связанный с изменением пространственного разрешения в зависимости от текущего значения угла сканирования. Максимальное разрешение будет в центре полосы обзора при направлении в надир, а минимальное - по краям полосы обзора. Сенсор (чувствительный элемент) преобразует энергию излучения в электрический сигнал (рисунок 1.4-а). Для получения строки изображения одиночные сенсоры объединяют в линейки (рисунок 1.4-б).



а) одиночный чувствительный элемент;

б) линейка чувствительных элементов; в) матрица чувствительных элементов

Рисунок 1.4 - Схема действия сканирующих систем

Ширина полосы обзора зависит как от количества сенсоров в линейке, так и от значения H . Последовательная смена строк изображения обеспечивается за счет движения спутника. В настоящее время широко используются сканеры, представляющие собой объединение нескольких линеек и матрицы чувствительных элементов, позволяющие одновременно формировать весь кадр

(рисунок 1.4-в). Высокая геометрическая точность изображения обеспечивается выравниванием расположения сенсоров на линейках.

Как правило, чем шире полоса обзора, тем ниже разрешение. Потому относительно невысокое пространственное разрешение не всегда является недостатком, ведь такие системы характеризуются большой полосой обзора, непрерывностью сбора информации и малым временным циклом повторной съемки.

К *спектральным характеристикам* сканирующих систем относятся: количество регистрируемых *спектральных диапазонов*, их *интервалы* и *величина спектрального разрешения*. Увеличение интенсивности выходного сигнала сенсора для определенного диапазона электромагнитного излучения обеспечивается установкой соответствующего фильтра (рисунок 1.4-а). В зависимости от количества регистрируемых спектральных диапазонов различают *панхроматические*, *мультиспектральные* и *гиперспектральные* системы. Для повышения информативности и достоверности съемок выбор спектральных диапазонов осуществляется с учетом минимизации рассеивающего и трансформирующего эффекта атмосферы. Находящиеся в атмосфере газы, водяной пар, озон и аэрозоли сильно искажают сигнал и являются источниками различных помех. Поэтому системы ДЗЗ нацелены в так называемые *окна прозрачности атмосферы*, которые расположены в основном, видимом и инфракрасном диапазонах (рисунок 1.5).

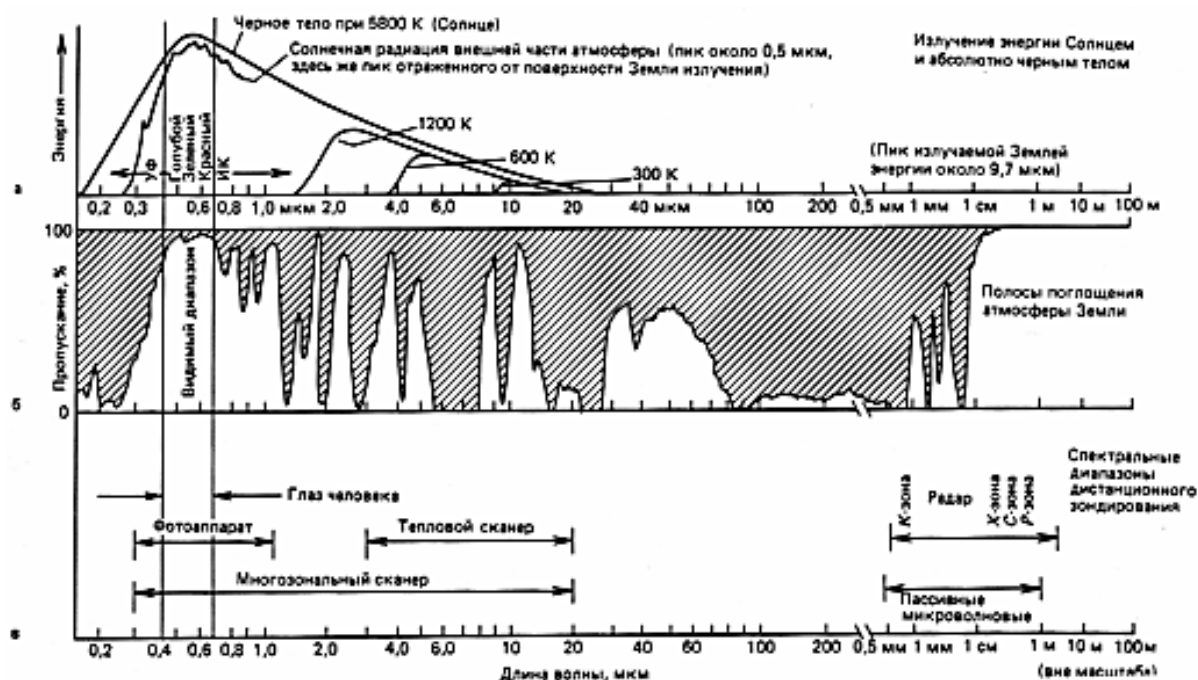


Рисунок 1.5 - Спектры электромагнитной энергии и окна прозрачности атмосферы [8, с. 14]

Частотные области. Данные дистанционного зондирования по своей природе являются косвенными наблюдениями, так как съемочная система регистрирует не значения свойств реальных объектов, а интенсивность

собственного или отраженного электромагнитного излучения участков подстилающей поверхности. Кроме того, регистрируемый спутником сигнал, в процессе прохождения через атмосферу, видоизменяется путем рассеивания или поглощения энергии. Основное разделение происходит между отраженным и излучаемым излучением.

Отраженное излучение. Видимое и ближнее инфракрасное излучение отражается, поглощается и рассеивается земной поверхностью. Различия на изображении обусловлены главным образом различием отражательной способности поверхности Земли.

Излученное излучение. Материя излучает электромагнитное излучение. Интенсивность и длина волны зависят от температуры и свойств излучающего материала. Длина волны излучения возрастает с температурой. При высокой температуре длина волны входит в область видимого света (например, при нагревании цвет железа изменяется от темно-красного до желтого).

Использование дистанционных методов становится возможным в результате того, что каждый объект поглощает или излучает электромагнитную энергию на точно определенных и характерных только для него длинах волн. Современная аппаратура позволяет получать снимки в различных диапазонах спектра [14-20].

Видимый диапазон (0,4-0,74 мкм) занимает небольшую часть электромагнитного спектра, представляющего интерес при исследовании поверхности Земли. Видимый диапазон разбивается на три зоны: синюю (0,4-0,5 мкм), зеленую (0,5-0,6 мкм) и красную (0,6-0,7 мкм). Различные типы подстилающей поверхности по-разному «проявляются» в этих зонах.

Инфракрасная съемка основана на способности природных тел испускать ИК-лучи, определяемой температурой тела и его излучательной способностью. ИК-съемка производится в длинноволновой части ИК-области, в диапазоне от 2 до 20 мкм. Принято разделять ее на *ближний* (NIR), *средний* (IR) и *дальний* или *тепловой* (TIR) ИК-диапазоны.

Установлены области спектра для ИК-съемки: 1,5-5,3 и 7,5-14 мкм, обусловленные наличием «окон прозрачности» атмосферы. Последняя область наиболее перспективна для геологических целей, так как в ней располагается максимум теплового излучения большинства природных объектов и минимально сказывается влияние отражения солнечного излучения.

Средний ИК-диапазон делится на два участка: от 1,3 до 3,0 и от 3,0 до 8,0 мкм. Первый участок часто используют при распознавании и идентификации типов поверхности. Обычно в этой области четко выделяются пики, характерные для спектров отражения и излучения различных природных тел. Установлено, что для $\lambda < 3,0$ мкм преобладает отраженное, а для $\lambda > 3,0$ мкм - собственное излучение Земли. Следует отметить, что участок ИК-диапазона от 5,0 до 8,0 мкм практически не используется в системах дистанционного зондирования по техническим причинам.

Тепловой ИК-диапазон (TIR) занимает область спектра от 8 до 20 мкм и используется, главным образом, для определения температуры подстилающей поверхности. Тепловое изображение зависит от теплофизических свойств

объектов, их влажности, структуры, содержания органических веществ, наличия растительного покрова.

TIR-снимки дают ценную гидрогеологическую информацию. Во многих случаях дискриминационная мощность теплового ИК по литологии выше, чем у видимых или ближних инфракрасных диапазонов. Из-за различий в температуре могут быть обнаружены просачивание и источники, вытекающие из рек, озер или моря. Тепловые изображения используются для оценки фактической эвапотранспирации и ее пространственного распределения.

Ночные тепловые ИК-снимки являются наиболее информативными, так как фиксируют собственное излучение объектов без учета солнечной составляющей.

Радиометрическое разрешение определяет чувствительность прибора.

Радиофизическая (радарная) съемка Радиофизическая съемка является методом дистанционной регистрации, основанном на различной отражательной способности радиоволн от горных пород [21].

Преимущества радиолокационных съемок, связанные с особенностями формирования радиолокационных изображений, определяют перспективность при гидрогеологическом и инженерно-геологическом картировании. Это касается прежде всего детализации строения рельефа, выявления складчатых и разрывных структур, различий литологического, механического состава и влажности горных пород, определения мощности поверхностных отложений, залегающих на коренных породах, выходов подземных вод и т.д.

Методы и подходы. Многие аспекты гидрологии и гидрогеологии могут быть отображены в ДЗЗ, включая геологические, почвенные или геоморфологические единицы, дренажную структуру, склоны, растительность, водные объекты, линеаменты, геологические структуры, антропогенные сооружения, водоемы и деревни [22].

Наличие, распределение и качество грунтовых вод, а также характер их естественного течения во многом определяются характеристиками недр и климатических условий. Поскольку методы дистанционного зондирования в основном отражают свойства поверхности, чтобы лучше понять гидрогеологию района, интерпретация области также должна включать экстраполяцию невидимых подземных объектов. Это приведет к концептуальной трехмерной модели системы подземных вод. С доступной информацией о местности, такой как тематические карты (геологические, растительные), метеорологические данные, гидрологические данные. Для проверки достоверности интерпретации необходимы наземные маршрутные измерения.

Применение данных дистанционного зондирования в исследованиях водных ресурсов можно разделить на несколько подходов [23-27].

Визуальная интерпретация с обработкой изображений. Современное программное обеспечение для обработки изображений облегчает интерпретацию. Технологии ГИС позволяют выполнять интерпретацию. Методы могут быть точно отрегулированы, чтобы повысить обнаруживаемость конкретной функции, например, структура дренажа, линеаменты, растительный покров и литология. После того, как одна функция будет сопоставлена, другой

специфический процесс может быть применен к другой функции.

Моделирование взаимодействия электромагнитного излучения с объектом. В исследованиях, связанных с поверхностными и подземными водами современное программное обеспечение для обработки изображений в основном фокусируется на энергетическом балансе на поверхности земли, корреляции между спектральным ответом и характеристиками растительности и метеорологическими приложениями [28-30]. Фактическая эвапотранспирация и содержание влаги в почве играют важную роль в энергетическом балансе на поверхности земли. Существуют теоретические модели, которые пытаются связать тепловое инфракрасное излучение с содержанием влаги в почве и скоростью испарения [31].

Классификация, автоматическая интерпретация и извлечение признаков. Дешифрирование ИК-снимков осуществляется исходя из следующих положений:

- одновозрастные и близкие по литологическому составу геологические образования при прочих равных условиях должны обладать близкими тепловыми контрастами и, следовательно, отражаться одним тоном;

- на характер тепловых контрастов основное влияние оказывают экспозиция, крутизна склонов и влажность поверхности. В свою очередь увлажненность поверхности может быть связана с выходами грунтовых вод, капиллярным подтягиванием, инфильтрацией атмосферных осадков, особенно интенсивных в отрицательных микроформах рельефа, в микрозападинах, часто приуроченных к зонам повышенной трещиноватости, которые связаны с тектонически ослабленными участками.

В связи с тем, что геологические образования различаются по тепловой излучательной способности и дают тепловые контрасты на изображениях, ИК-съемка оказывается перспективной при геологическом картировании, поисках полезных ископаемых, а также при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях.

Интеграция ДЗЗ, ГИС и методов моделирования. Современное программное обеспечение ДЗЗ/ГИС позволяет объединить цифровые данные ДЗЗ с другой информацией. Оцифрованные карты, например, геологические, можно комбинировать с изображениями, упрощая их интерпретацию.

В большинстве исследований требуется количественно определить концептуальные модели, необходимые как основа исследований. Недостаточно знать, где распространяется подземная вода; количества, качество и потоки также должны быть известны. Необходимо использовать методы объединения ДЗЗ, ГИС и простых моделей для оценки потоков. Некоторые из компонентов гидрологического цикла, такие как фактическая эвапотранспирация и потенциал подпитки подземных вод, могут быть оценены для разных единиц измерения. Орошаемая площадь и связанное с этим потребление поверхностных и подземных вод могут быть оценены с использованием методов ДЗЗ. Лучшая интерполяция данных об осадках возможна, если данные объединяются с индексами растительности и цифровыми моделями рельефа (ЦМР).

В настоящее время важнейшее значение имеют разработка и внедрение

методов геологических и гидрогеологических исследований и съемок. Одним из таких наиболее эффективных средств являются комплексные региональные картографические работы, проводимые с использованием дистанционных методов. Методы дистанционного зондирования открыли широкие перспективы для геологических исследований, во многом предопределили пути развития геологии и других наук о Земле.

1.3 Дистанционное зондирование в гидрогеологических исследованиях

Использование космоснимков для изучения геологической среды, в том числе гидрогеологии, представляет собой дальнейшее развитие аэрометодов, с появлением космической информации [32].

Задачи, решаемые в гидрогеологии с использованием ДЗЗ:

- изучение региональных закономерностей распространения подземных вод;
- мелко- и среднемасштабное гидрогеологическое картирование, и районирование;
- изучение условий формирования, поверхностного и подземного стока и оценка взаимосвязи поверхностных и подземных вод.

Использование методов ДЗЗ при изучении региональных закономерностей распространения подземных вод связано с возможностями выявления по космоснимкам зональности физико-географических факторов, распределения грунтовых вод, структурного плана регионов и его влияния на формирование подземных вод, уточнение границ подземных вод.

Выявление по космоснимкам системы тектонических нарушений, сопровождаемых довольно крупными зонами дробления и усиленной трещиноватости вмещающих пород, даст возможность определить направление основных потоков подземных вод в горно-складчатых сооружениях, непосредственно примыкающих к равнинно-степным ландшафтам в аридной зоне и установить участки естественной разгрузки подземных вод, регионального стока по пути их движения от горных сооружений к пустыне.

На основе дешифрирования космоснимков кроме площадей, характеризующихся распространением определенных типов подземных вод, состава и строения водовмещающих пород могут быть установлены глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта химический состав грунтовых вод и их минерализация, направление регионального подземного стока, а также области их питания, транзита и разгрузки. Особенно большую роль приобретают материалы космических съемок при гидрогеологическом районировании крупных регионов.

Дешифрирование гидрогеологических условий. В гидрогеологических исследованиях материалы ДЗЗ, главным образом космоснимки, могут быть использованы для:

- определения состава, строения и площадного распространения горных пород;
- выявления обводненности разрывных нарушений и зон трещиноватости

горных пород;

- установления областей питания и разгрузки подземных вод, направлений их движения;

- определения глубин залегания и минерализации грунтовых вод;

- оценки взаимосвязи поверхностных и подземных вод;

- изучения процессов влагопереноса в зоне аэрации песчаных массивов.

Материалы ДЗЗ позволяют получать информацию о подземных водах в трещиноватых магматических, метаморфических и осадочных породах. Особенно большое значение имеет установление зон крупных разрывных дислокаций, к которым приурочены концентрированные потоки трещинно-жильных вод.

Разрывные нарушения хорошо дешифрируются по космическим и мелкомасштабным аэрофотоснимкам и радиолокационным снимкам в виде *линеamentов* - вытянутых прямолинейных или слабоизогнутых линий, отличающихся по характеру изображения от окружающего фона. При дешифрировании важно не только уточнить положение известных разломов, подтвердить предполагаемые и установить новые разломы, но и определить их гидрогеологическое значение.

Большое значение имеют линеamentы для уточнения границ распространения глубокозалегающих водоносных комплексов. Зоны унаследованных глубинных разломов, четко выраженные в осадочном чехле и разделяющие территории с разными гидрогеологическими показателями, являются естественными границами между различными гидрогеологическими элементами. Поэтому в ряде случаев зоны разломов служат границами артезианских бассейнов.

Сложность применения космоснимков в гидрогеологических исследованиях обусловлена тем, что объект исследования - подземные воды - не находит на таких материалах непосредственного отражения. В связи с этим при изучении подземной гидросферы используется индикационное дешифрирование.

По определению Э. Баррета и Л. Куртиса [33], под *индикационным дешифрированием* понимается процесс, позволяющий определить с помощью умозаключений невидимые характеристики. При гидрогеологическом дешифрировании эти умозаключения основываются на взаимосвязях между подземными водами и природными особенностями территории, получающими на материалах аэрокосмических съемок непосредственное отражение в фототоне и структуре рисунков изображения.

В зависимости от примененных методов дистанционного зондирования в качестве таких индикаторов гидрогеологических параметров выступают либо компоненты ландшафта (рельеф, растительность), имеющие на снимках, выполненных в видимой зоне электромагнитного спектра, непосредственное отражение в тоне и структуре рисунка, либо элементы геологического строения местности, находящие отражение в этих же зонах в текстуре рисунков изображения; либо физическое состояние (температура) поверхностных горизонтов Земли или растительного покрова, фиксируемые при тепловой

инфракрасной съемке. Следовательно, для однозначной интерпретации, т.е. дешифрирования, аэрокосмической информации для целей гидрогеологии непременным условием является установление связей между подземными водами и теми или иными параметрами окружающей среды, находящими на снимках непосредственное отражение.

Дешифрирование глубин залегания подземных вод и их минерализации наиболее перспективно по снимкам детального и локального уровней генерализации, поскольку основными индикаторами в данном случае являются особенности почвенно-растительного покрова, характера рельефа и гидрографии, формирующие внешний облик природно-территориальных комплексов на уровне фаций и урочищ.

На детальном уровне генерализации в качестве индикаторов глубин залегания грунтовых вод и их минерализации могут выступать как отдельные растительные сообщества и элементы рельефа, так и их группы. Растительные сообщества, индицирующие глубину залегания грунтовых вод, получили название гидроиндикаторов, которые подразделяются на гидрофиты, фреатофиты и трихогидрофиты [34, 35].

Взаимосвязь поверхностных и подземных вод оценивается на основе анализа компонентов ландшафта, обуславливающих процессы водообмена. Эти процессы определяются параметрами гидрографической сети и речного стока, крутизной поверхностей рельефа, литологическим составом, трещиноватостью и фильтрационными свойствами пород.

Сочетая дешифрирование материалов дистанционных съемок с наземными исследованиями на ключевых участках, можно составить транспирационные карты, характеризующие количество подземных вод, потребляемых фреатофитной растительностью. Данные, характеризующие как растительный покров, так и величину транспирации, получают на ключевых участках. Поскольку наибольшие ресурсы подземных вод формируются на участках, тяготеющих к речным долинам, большое внимание при анализе взаимосвязи поверхностного и подземного стоков необходимо уделять изучению речных долин, их морфологии, связи с тектоникой, параметрам поверхностного стока.

Информация о взаимосвязи поверхностных и подземных вод, получаемая с помощью дистанционных методов, дает возможность оценить водный баланс с помощью математических методов моделирования.

По результатам таких исследований могут быть составлены гидрогеологические карты, на которых отображается принципиально новая информация о гидрогеологическом значении геологических структур, получаемая с помощью ДЗЗ, а также уточняется ранее известная за счет более объективной фиксации границ и контуров гидрогеологических объектов. Методика их составления предусматривает дешифрирование материалов дистанционных съемок на ландшафтно-индикационной основе с выборочной проверкой результатов при помощи наземных методов: горно-буровых и геофизических работ, опробования горных пород и подземных вод.

Зарубежный опыт использования ДЗЗ в гидрогеологических исследованиях [32, с. 371]. Визуальное дешифрирование аэрокосмических снимков, основанное

на выявленных взаимосвязях подземных вод с компонентами ландшафта, имеющими прямое отображение на снимках, находит применение при поисках неглубоко залегающих грунтовых вод в верховодки, изучении подземных вод карстовых массивов, при гидрогеологическом картировании и районировании.

А. Виберг на основании установленных корреляций между рельефом и механическим составом отложений по аналогичным фотоснимкам определил глубину и мощность первого водоупорного горизонта, представленного глинами [32, с. 372].

Материалы синтеза мультиспектральных снимков, широко используются при составлении карт переувлажненных земель. На основе анализа таких снимков в США в штате Аризона определяли расход подземных вод на эвапотранспирацию, расцениваемый как непроизводительные потери пресной воды. Установлено, что использование этих материалов целесообразно при глубине залегания грунтовых вод до 9 м [36].

Космоснимки, полученные со спутника «Landsat», были использованы для составления гидрогеологической карты Северной Канады, на которой показаны уровни залегания грунтовых вод, распространение линз подземных вод; определены хорошо выраженные геологические структуры и разломы, контролирующие движение подземных вод; выделены и определены районы накопления и разгрузки подземных вод. Аналогичные космические снимки использованы В. Герлахом для составления карты обводненных разломов восточной части Рейнских Сланцевых гор. На снимках они дешифрировались в виде системы линеаментов, значение которых для оценки водных ресурсов было определено при наземных изысканиях [37].

Космические мультиспектральные снимки, полученные с орбитальной станции «Skylab» и спутника «Landsat», были использованы для изучения гидрогеологических условий и картирования грунтовых вод в пампасах Аргентины. Дешифрирование снимков, подтвержденное наземными исследованиями, показало, что растительность аргентинских пампасов отражает изменения в минерализации и уровне залегания грунтовых вод. Наиболее контрастные дешифровочные признаки выявлены на снимках, выполненных в ближней инфракрасной зоне электромагнитного спектра. Для региона выявлены и описаны дешифровочные признаки индикаторов минерализации и уровня залегания грунтовых вод, распространенных в бессточных котловинах, эоловых отложениях, коренных дочетвертичных породах. На карте, составленной по космическим снимкам, выделены районы, различающиеся по гидрогеологическим условиям, нанесены тектонические нарушения, имеющие гидрогеологическое значение. Эти исследования дополнялись наземными наблюдениями, в результате чего на один из районов составлена в изолиниях карта глубин грунтовых вод, залегающих до 10 м, и схема дешифрирования уровня залегания грунтовых вод всего региона. Аналогичные многозональные снимки послужили основой для гидрогеологического районирования во Франции [38].

Этими и другими исследованиями установлено, что степень увлажнения почвы и участки с неглубокозалегающими грунтовыми водами или верховодкой

наиболее достоверно дешифрируются на снимках, выполненных в зоне 0,8-1,1 мкм.

При тепловой инфракрасной съемке, выполняемой в диапазоне электромагнитного спектра 8-14 мкм, фиксируется тепловое излучение различных объектов. Таким образом, дешифрирование полученных снимков основывается на изучении и ограничивании площадей, характеризующихся различными температурами поверхностных образований. Эти различия в значительной степени определяются гидрогеологическими условиями зоны аэрации.

Установленные зависимости между температурой листовой поверхности растительного покрова, рассматриваемой в качестве индикатора влажности почв, а также выявление зависимостей между температурой почв и их влажностью, раскрывают пути использования тепловых инфракрасных снимков, полученных с космических аппаратов, для определения влажности почв, а, следовательно, косвенно - и для изучения неглубокозалегающих грунтовых вод и верховодки.

Для обоснования возможностей применения тепловой инфракрасной съемки, выполненной с КА, для гидрогеологических целей в США проведены исследования влияния уровня грунтовых вод на характер изображения, полученного в результате тепловой инфракрасной съемки, изучено соотношение температуры почв и глубины залегания уровня грунтовых вод. В результате было установлено, что по тепловым ИК-снимкам можно определить изменение глубины залегания подземных вод на фоне изменений влажности, но на характер изображения влияет также интенсивность испарения, что затрудняет дешифрирование.

С помощью дистанционных методов выявлены горячие источники на западном побережье Индии, сопряженные с линеаментами и центрами землетрясений. Индикация неглубоких водоносных горизонтов по характеру таяния снега была проведена по ИК-снимкам Южной Дакоты (США). При сопоставлении с результатами дешифрирования наземных материалов обнаружена хорошая сходимость. Там же, в Южной Дакоте, дешифрирование тепловых ИК-снимков было проведено для обнаружения родников и заброшенных самоизливающих скважин. А при дешифрировании тепловых инфракрасных изображений долины р. Биг-Су (штат Южная Дакота) по темным тонам снимка были выделены неглубокозалегающие подземные воды.

Наибольшее значение тепловые инфракрасные съемки имеют для определения тех гидрогеологических параметров, которые не могут быть выявлены другими дистанционными методами и которые сложно определить при наземных исследованиях. К ним относится установление и точная локализация на местности подводной (субаквальной) разгрузки подземных вод. Так, субаквальные карстовые источники были обнаружены в оз. Медисин (США) по ИК-снимкам, полученным в результате съемки, проведенной осенью для получения наибольших температурных контрастов.

В штатах Монтана и Айдахо (США) тепловая ИК-съемка применялась для обнаружения притока подземных вод на протяжении 88 км вдоль

р. Колумбия. По разности температур поверхностных и подземных вод выявлены участки разгрузки последних; установлено, что увеличение расхода воды р. Кларкфорт с 28 до 71 м³/с связано с притоком подземных вод.

Вопросы динамики подземных вод интересуют гидрогеологов не только с точки зрения обнаружения участков различных гидродинамических зон, в частности, разгрузки, но и изменений в подземной гидросфере, происходящих за определенный промежуток времени. Для этого исследуется информация, полученная дистанционными методами на один и тот же участок, но через некоторые промежутки времени. Например, по разновременным снимкам, полученным с искусственного спутника ЕРТС-I (Landsat), установлена динамика грунтовых вод на избыточно увлажненных побережьях, причем лучшие результаты получены по синтезированным цветным изображениям и тепловым ИК-снимкам [39].

Помимо этих задач, аэрокосмические материалы съемок в тепловой инфракрасной зоне электромагнитного спектра использованы при изучении и картировании загрязнений подземных вод, вызванных антропогенными факторами. Так, по ИК-снимкам закартированы участки загрязнений грунтовых вод, вызванных эксплуатацией серных и других месторождений методом подземного выщелачивания.

В США были проведены исследования снимков, выполненных в видимой и ближней инфракрасной зоне, материалов тепловой инфракрасной, радарной и пассивной микроволновой съемок с целью определения возможностей использования и комплексирования их для установления уровня грунтовых вод [40].

Проведение экспериментальных и опытно-производственных работ доказывает целесообразность практического использования определенного комплекса дистанционных и наземных исследований для решения гидрогеологических задач.

Выводы по 1 разделу:

– Использование аэрокосмических методов в своем развитии прошли путь от визуального дешифрирования до компьютерного анализа цифровых данных, получаемых в нескольких диапазонах электромагнитного спектра. Материалы дистанционных съемок стали представлять значительную роль при геологическом картографировании, гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследованиях. Организация работ по изучению поверхности Земли, основанная на сочетании аэрокосмических методов с проведением наземных наблюдений на ключевых участках, позволяет увеличить информативность исследований.

– На космоснимках в гидрогеологических исследованиях, объект исследования - подземные воды - не находит непосредственного отражения. В связи с этим при изучении подземной гидросферы используется индикационное дешифрирование.

– Дешифрирование глубин залегания подземных вод и их минерализации наиболее перспективно по снимкам детального и локального уровней

генерализации, поскольку основными индикаторами в данном случае являются особенности почвенно-растительного покрова, рельефа и гидрографии.

– Данные ДЗЗ позволяют получать информацию о подземных водах в трещиноватых магматических, метаморфических и осадочных породах. Особенно большое значение имеет установление зон крупных разрывных дислокаций, к которым приурочены концентрированные потоки трещинно-жильных вод. Разрывные нарушения хорошо дешифрируются в виде линеаментов.

– Информация о взаимосвязи поверхностных и подземных вод, получаемая с помощью методов ДЗЗ, дает возможность оценить водный баланс с помощью математических методов моделирования. По результатам таких исследований могут быть составлены гидрогеологические карты, на которых отображается принципиально новая информация о гидрогеологическом значении геологических структур, получаемая с помощью ДЗЗ.

2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ИЗУЧЕННОСТЬ РЕГИОНА

В физико-географическом отношении район исследований охватывает часть Прикаспийской низменности, песчаные массивы, под общим названием *пески Нарын* (площадь 40 тыс. км²). Обзорная карта территории исследований представлена на рисунке 2.1.

2.1 Географо-экономические условия региона

Западный Казахстан является нефтегазодобывающим регионом страны. Крупнейшие в мире разрабатываемые месторождения нефти и газа - Тенгиз, Карашаганак, Кашаган. В регионе также широко развита горнодобывающая и химическая промышленность.

В географическом плане Западный Казахстан сосредоточен большей частью на Восточно-Европейской равнине, на которой находится Прикаспийская низменность (200 тыс. км²). Имеет значительную по длине береговую линию, образованную побережьем Каспийского моря, омывающего п-ов Мангышлак и Прикаспийскую низменность. Значительную часть Западного Казахстана занимают равнинные степи и низменности. Речная сеть (Жайык, Волга, Жем) относятся к бассейну внутреннего стока, много бессточных, солёных озёр.

В северных районах получило широкое развитие сельское хозяйство, основными отраслями которого являются зерноводство, животноводство, расширяется поливное земледелие, в южных - развито отгонное животноводство.

Регион обладает уникальной минерально-сырьевой базой - углеводородное сырьё (нефть, газ и газовый конденсат), запасы хрома, никеля, титана, фосфоритов, цинка, меди, алюминия и угля.

Северный Прикаспий. В территория Северного Прикаспия входит Западно-Казахстанская и Атырауская области, общей площадью 269 970 км².

Западно-Казахстанская область (площадь 151,3 тыс. км²) - находится на северо-западе Республики Казахстан. Область расположена в центральной части Евразии, на северо-западе Казахстана. Полностью располагается в Восточной Европе. Граничит с Российской Федерацией. Общая протяженность границы составляет 2423 км.

Экономика области имеет индустриально-аграрную направленность.

Промышленность представлена предприятиями нефте- и газодобычи, переработки нефтепродуктов, машиностроения, металлургии, оборонной, горнодобывающей, швейной и пищевой отраслей.

Имеются также предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции, строительству, производству строительных материалов и другие.

Крупнейшими предприятиями Западно-Казахстанской области являются: «Карачаганак Петролиум Оперейтинг Б.В.», ТОО «КОНДЕНСАТ-ХОЛДИНГ LTD», ТОО «Жаикмунай» (ZHMN), АО «Приборостроительный завод «Омега», АО «Уральский завод «Зенит», ТОО «ГИДРОМАШ-ОРИОН-МЖБК».

На территории области выявлены месторождения газа и газового конденсата, нефти, боратовых руд, горючих сланцев, калийно-магниевых солей, цементного сырья керамзитовых глин, строительного и аллювиального песка.

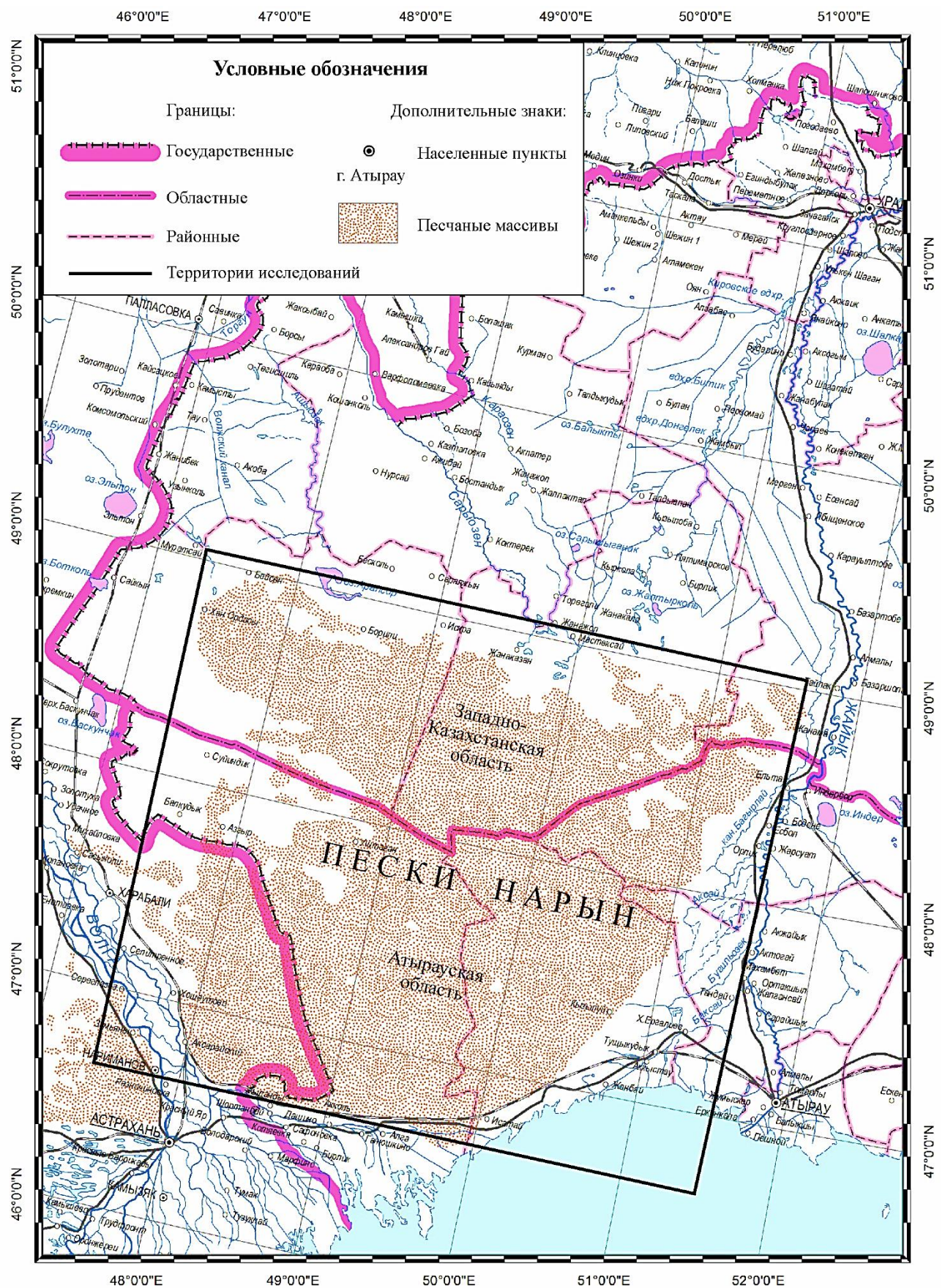


Рисунок 2.1 - Обзорная карта территории исследований, м-б 1:2500000

Имеющиеся запасы позволяют вести их промышленную разработку и использование в течение длительного периода.

Недра Западно-Казахстанской области богаты нефтью, газовым конденсатом (Карачаганак, Чинаревское, Ростошинское, Дарьинское).

Имеются значительные запасы борно-калийных солей на структурах (Шалкар, Сатимола, Индер), цементного сырья (Аксуат, Семиглавомарское), керамзитовых глин (Туйыксай, Погодаев, Талсай).

Развивается машиностроение и металлообработка. ТОО «Уральский механический завод», ОАО «Уральский авторемонтный завод», АО «Уральскагрореммаш» выпускают запасные части и детали к сельскохозяйственным машинам, тракторам, автомобилям и различное оборудование. АО «Уральский завод «Зенит» производит боевые пограничные корабли для военного флота Республики.

Один из крупнейших заводов Уральский кожевенно-обувной завод концерна «Казместпром», а также АО «Нуралы», АО «Тери» выпускают большой ассортимент обуви и кожаных изделий. Кроме того, в области действуют предприятия по изготовлению валяльно-войлочных и меховых изделий (ТОО «Уральский меховой комбинат», ТОО «Аяз»).

Пищевая промышленность представлена мясоконсервным, мукомольно-крупяным комбинатами. В сельском хозяйстве главную роль играет животноводство - тонкорунное и каракулевое овцеводство, коневодство, верблюдоводство.

Атырауская область (площадь 118,6 тыс. км²). Область расположена на Прикаспийской низменности, к северу и востоку от Каспийского моря между низовьями Волги на северо-западе и плато Устюрт на юго-востоке. Атырауская область граничит на западе с Астраханской областью России, на севере и на северо-востоке Западно-Казахстанская область, на востоке с Актыбинской областью (на границе Актыбинской и Атырауской области расположен памятник архитектуры «Алып-Ана»), на юге - с Мангыстауской областью и Каспийским морем.

Основу экономики региона составляет нефтедобыча. В настоящее время на территории Республики открыто более 250 месторождений, из них 62 расположены в Атырауской области. В области находятся такие нефтяные месторождения как Тенгиз, Даулеталы, Жана-Макат, Боркилдакты, Восточно-Тегенское.

Нефтегазодобывающая промышленность региона представлена компаниями СП «Тенгизшевройл», АО «Казахойл-Эмба», ЗАО «Атырауская нефтяная компания», «ОКИОК», АО «Казахстанкаспийшельф» (KKSН), АО «НИПИ Каспиймунайгаз» и др. Нефтеперерабатывающую отрасль представляет ТОО «Атырауский НПЗ».

В области развита горнодобывающая промышленность, имеются огромные запасы бора, гипса, мела и соли. Машиностроение представлено Атырауским машиностроительным заводом им. Петровского, выпускающим оборудование для нефтегазовой отрасли, судоремонтным заводом (п. Балыкшы). Существенную роль в экономике региона играет рыбная промышленность.

2.2 Рельеф

Рельеф, его высотное положение, степень расчленения и тип покровных образований определяют количественную сторону поверхностных факторов увлажнения местности и их площадную трансформацию. Тем самым рельеф усиливает или ослабляет степень питания подземных вод, создает их площадную и высотную зональность.

Территория региона характеризуется аридным, разновысотным равнинным типами рельефа с понижением высот с севера, востока и юго-востока в сторону северо-восточного побережья Каспийского моря. В этих же направлениях абсолютные отметки рельефа понижаются от 400-250 м до минусовых, при наличии отдельных низкогорных массивов (Мангыстау) и плосковершинных возвышенностей до 350-550 м высотой [41].

Самую высокую северо-восточную часть региона (абс. отметки 350-400 м) занимает грядово-холмистая возвышенность Актюбинского Приуралья, которая на востоке примыкает к низкогорному массиву Южного Уралтау. Водораздельные гряды и холмы этой территории имеют мягкие очертания с редкими выходами на дневную поверхность жестких коренных пород. Территория Приуралья довольно густо расчленена долинами р. Елек и ее правых притоков, глубокими оврагами. Речные долины неширокие, глубина вреза достигает 40-50 м, лишь местами (реки Елек и Карагалы) до 70-80 м. Расчлененность рельефа составляет 0,3-0,5 км/км². В долине Карагалы и вблизи нее, южнее пос. Петропавловка, развит карстовый ландшафт, обусловленный выходами на поверхность легкорастворимых сульфатно-карбонатных пород кунгура. Карстовые воронки небольшие с диаметром до 20-30 м.

На юго-востоке Актюбинского Приуралья, резко отделяясь на востоке от крутосклонных низких Мугалжарских гор, простирается возвышенная увалисто-холмистая равнина Западного Примугалжарья с абс. отметками поверхности 260-350 м. Эта территория характеризуется меньшим, чем Актюбинское Приуралье расчленением рельефа (коэффициент расчленения 0,3-0,4 км/км²). По типу рельефа этот предгорный район Западных Мугалжар во многом сходен с простирающимся к западу и северо-западу от него Подуральским плато.

В западном и северо-западном направлениях от названных предгорных территорий рельеф местности постепенно понижается, переходя соответственно в южные отроги Общего Сырта (отметки до 200-260 м) и Подуральского плато (до 250-300 м). Их рельеф имеет денудационный волнисто-холмистый характер с уклоном местности с краевых окраин региона на юг и запад до 75-80 м абс. отметки - наивысшей отметки хвалынского моря в период его максимальной трансгрессии.

Поверхность рельефа Предсыртовых возвышенностей и Подуральского плато значительно расчленена речными долинами, широко развитой эрозионной сетью временных водотоков и сезонными стоками. Особенно сильно расчленены территории, прилегающие к долинам левых притоков р. Жайык, а также Елека, Кобды, Ойыла, Сагыза, Жема и их крупных притоков. В долинах рек и их крупных притоков отмечаются поймы и три надпойменных террасы общей высотой от 10-20 до 40-60 м. В долинах Ойыла, Сагыза, Жема и ее притока Темир

местами встречаются небольшие песчаные массивы эоловых песков (Кокжиде, Кумжарган, Аккум, Кызылкум и др.). Плосконаклонная поверхность равнины осложняется также отдельными плосковершинными останцовыми возвышенностями, достигающими относительной высоты 80-100 м, редко - до 150-250 м. Коэффициент расчлененности рельефа всей этой возвышенной равнины изменяется в пределах 0,2-0,4 км/км² [42].

Описанные типы рельефа в направлении к северо-восточному побережью Каспия переходят в обширную Прикаспийскую низменность, это довольно однообразная плоская древнеморская равнина, абс. отметки которой колеблются от 75-80 м - у внешнего контура низменности до минус 26 м - на побережье моря. Рельеф ее слабо расчленен (коэффициент расчлененности не превышает 0,1-0,2 км/км²). Поверхность рельефа изобилует многочисленными неглубокими понижениями - лиманами, падьями и озерно-солончаковыми котловинами, в которых теряются реки и временные водотоки, стекающие с возвышенных окраин. На большей части территории низменности, особенно вблизи Каспийского моря, развиты большие и малые по площади соровые понижения, заполненные маломощными грязевыми осадками с солями. Весной они представляют мелководные соленые озера. Здесь широко распространены также большие (на севере Каспия) и малые (на северо-востоке моря) песчаные массивы. Некоторые разнообразия в строении рельефа вносят также и одиночные останцовые сопки с относительными высотами от 10-30 до 100-150 м (горы Иманкара, Большое Богдо и др.).

Западную и центральную части низменности пересекают широкие (10-40 км) долины рек Волги и Жайык, в которых выделяются пойма и три надпойменных террасы суммарной высотой до 40-50 м над уровнем воды. Кроме того, северная и восточная части низменности расчленены реками, не имеющими стока в Каспий (Караозен и Сарыозен, Чижи, Оленты, Булдырты, Ойыл, Сагыз, Жем и их притоки). Летом они в основном пересыхают, расчленяются на плёсы или образуют цепочки с солоноватой и соленой водой. Весной северные реки образуют пресноводные разливы (Чижинские, Дюринские, Камыс-Самарские). В редкие многоводные годы уровни некоторых восточных рек (Жем, Ойыл) в их дельтовых частях во время весенних паводков резко повышаются, заливая значительные площади и нанося большой материально-бытовой ущерб населению.

На рассматриваемой части региона в целом устанавливаются в основном три высотно-зональных комплекса рельефа [41, с. 12]:

- первый - низменный, слаборасчлененный комплекс на абс. отм. от минусовых до 75-80 м;
- второй - возвышенный, значительно расчлененный с абс. отметками от 75 до 350 м;
- третий - предгорный, прилегающий на востоке к Уралтау-Мугалжарским низким горам и занимающий абс. высоты более 350-400 м.

Третий и отчасти второй высотно-зональный комплекс гидрогеологически представляют собой основную область питания подземных вод, а первый - региональную область их разгрузки с конечным базисом поверхностного и

подземного стока - Каспийским морем.

Южнее Прикаспийской низменности и восточнее Каспийского моря, южнее полуострова Бозашы, морфологически относящегося к низменности, резким эрозионным уступом над низменностью простирается обширное горно-островное плато Мангыстау. В его пределах выделяются два главных морфометрических типа рельефа - горный и плато. Первый из них занимает северную, примыкающую к полуострову Бозашы, часть территории и образует три обособленных низкогорных массива (с запада на восток): Каратау-шик, Западный и Восточный Каратау с отметками до 500-556 м. Они обрамлены Прикаратаускими (Северным и Южным) «долинами» (150-200 м) и двумя плосковершинными низкогорными хребтами - моноклиналями Северного и Южного Актау (220-300 м). Склоны Актауских гор, круто обрывающиеся в сторону Прикаратауских «долин» (высотой уступа 50-150 м), имеют причудливые денудационные формы рельефа.

2.3 Климат

Климатические факторы в формировании и расходовании подземных вод играют большую роль и носят региональный и зональный характер с переходом с юга на север от южной пустынной зоны к полупустынной и сухостепной [42, с. 14]. При этом одни факторы, например атмосферные влаги, образуют приходную часть подземного стока, а другие (испарение и испаряемость) - потенциальную расходную. Эти элементы, в свою очередь, во многом определяются радиационным и тепловым режимами атмосферы, направляемыми ее циркуляцией и ветровыми ресурсами [43].

Расположение рассматриваемого региона в глубине Евразии, вдали от океанов, обуславливает большую континентальность, засушливость климата. Достаточно равнинный характер его территории определяет довольно выдержанную широтную зональность в распределении тепла, влаги и ее расходования. Это проявляется заметным увеличением с севера на юг количества поступающего тепла и уменьшением атмосферной влаги. Небольшое нарушение такой широтной зональности происходит лишь вблизи Каспийского моря и в пределах горноостровного мелкосопочника в Центральном Мангыстау, а также на северо-востоке с некоторым влиянием низкогорного массива Южного Уралтау - Мугалжар..

Количество ясных солнечных дней в регионе увеличивается за год со 100 на севере и северо-востоке до 200-250 - на юге и юго-востоке. Средняя продолжительность солнечного сияния в течение года изменяется в северной части регионально субширотно, а в южной половине - почти меридионально (очевидно, под влиянием Каспийского моря и Кавказского высокогорного массива) от менее 2400 часов на севере и северо-востоке до более 2800 - на юго-востоке. Годовая величина радиационного баланса, от которой зависят формирование погоды и увлажнение территории всюду в регионе положительна и изменяется в году от 20-23 на севере и северо-востоке до 30-32 - на юге и юго-востоке [44].

Ветер. Особую климатообразующую роль играют направление и

интенсивность переноса воздушных масс. Ветры очень частые со среднегодовой скоростью 4-5 м/с. В холодное время направление их север-северо-восточное. В начале лета часты южные ветры - суховеи, способствующие интенсивному испарению с поверхности водоемов и почв.

Температура воздуха. Частые вторжения холодных масс с севера и вынос тепла с юга обуславливают разнообразие температурного режима. Среднегодовое значение температуры изменяется от 1,9 °С на севере до 11,8 °С на юге. Наиболее низкие температуры наблюдаются в январе-феврале и в среднем составляют на севере минус 14,5-15,5 °С, на юге минус 8-10,2 °С, абсолютный минимум соответственно достигает минус 45 и минус 36 °С. Среднемесячная температура самого жаркого месяца (июль) не менее 22°С на севере и 26 °С на юге при абсолютном максимуме 40-45 °С [44, с. 16].

Переход среднесуточной температуры через 0 °С наблюдается весной 25-31.03 на юге и 6-10.04 на севере, осенью соответственно 1-10.11 и 29-31.10.

Атмосферные осадки. Количество атмосферных осадков в целом по Западному Казахстану невелико и изменяется от 75-122 мм на юге до 280-340 мм на севере: Мугалжары - северная часть - 330-300 мм, южная - 240-260 мм; Подуральское плато - 200-340 мм, Уральск - 375 мм, Атырау - 102 мм, Форт-Шевченко - 17 мм. В отдельные влажные или засушливые годы отклонения их от общего количества (среднего многолетнего значения) достигает 1,4-1,8 раза.

В течение года осадки распределяются неравномерно. Основное количество их приходится на тёплый период и только 30-40 % - на холодный. Месячный максимум приходится на июнь или июль, второй менее выраженный максимум отмечается в октябре. Большая часть осадков выпадает в виде непродолжительных и малоинтенсивных дождей. Летние осадки в условиях высоких температур воздуха и дефицита влажности в основном теряются на испарении. Незначительные зимние осадки (20-30 %) от годовых образуют небольшой снежный покров: на севере и северо-востоке 30-35 см, а на юге 8-10 см. Максимальные запасы воды в снежном покрове изменяются от 15-20 мм на юге до 80-100 мм на северо-востоке [45].

Атмосферные осадки, выпадающие на песчаных массивах, наиболее интенсивно расходуются на пополнение запасов подземных вод, тогда как на участках развития глинистых пород, занимающих большую часть территории они в основном стекают в долины рек многочисленные сорные понижения и теряются на испарение.

2.4 Гидрография

Резкая континентальность и засушливость климата обуславливает бедность территории речным и поверхностным стоком; на южной половине и отчасти на значительной площади междуречья Волга-Жайыка и Жайыка-Жема (на юге) он отсутствует. Более высокой обеспеченностью речным стоком отличаются северо-восточная и северная части региона, где среднегодовой слой речного стока превышает немногим более 40-50 мм; этот слой резко уменьшается на юг и юго-запад до 1-3 мм. Общий среднегодовой сток рек региона составляет около 11 км³, из которых более 90 % приходится на р. Жайык.

Местный поверхностный (внеречной) сток формируется в бассейнах малых временных потоков и аккумулируется в небольших понижениях, котловинах озер и в опадинах, откуда он теряется на испарение и фильтрацию. Общий объем местного стока достигает в среднем 650-700 млн. м³ в год, из которых около 75 млн. м³ формируется на территории безводной Мангыстауской области, Жема и Сагыза - только в Атырауской области и немногим более - в междуречье Жайыка-Ойыла, более 550 млн. м³ - на остальной территории, занятыми солончаками, сорами [41, с. 21].

Реки региона по характеру годового стока подразделяются на две группы - с постоянным и сезонным стоками. К первой группе относится только р. Жайык, а ко второй - Сарыозен и Караозен, Бол. Кобда, Елек, Ойыл, Сагыз, Жем и др. Неравнозначна их роль в питании и разгрузке подземных вод. Многие из рек, не говоря об озерах, большую часть года (кроме весны) не участвуют в питании, а дренируют подземные воды. Значительное место в питании подземных вод имеют временные водотоки, образующиеся весной и отчасти осенью и летом - во время ливневых паводков, на значительной территории, не только в северной части региона, но даже на юге - в пределах Горного Мангыстау, северного и северо-западного склонов плато Устюрт.

Как отмечено, в бассейне Каспийского моря только одна *река Жайык* - доносит свой сток до него, все остальные оканчиваются в озерах, солончаках, сорах и разливах.

Река Жайык, имеющая относительно небольшую ширину русла (200-300 м) и общую протяженность 2534 км (в Казахстанской части 1084 км), берет начало на Южном Урале. На своем пути, главным образом в верхнем и отчасти в среднем течении, принимает ряд водотоков - реки Елек, Бол. Кобду, Шингирлау (Утва), Дерколя, Шагана и др., а от с. Кошим, где начинается ее нижнее течение, она (на протяжении 800 км до Каспия) не имеет ни одного притока. Наибольший средний многолетний объем ее годового стока равен 10 км³, в последние годы нередко сокращается до 8-7 км³, при среднегодовом расходе 220-250 м³/с и увеличивается весной в 1,5-2 раза. Довольно изменчива минерализация и химический состав. Наиболее минерализована вода в зимний период, когда расход ее в реке минимален (в низовьях до 1-1,5 г/л). С началом весеннего половодья минерализация воды уменьшается до 0,3-0,4 г/л после прекращения стока талых вод. К концу весеннего половодья, а затем в период летне-весенней межени увеличивается до 0,65-0,8 г/л. В конце октября - начале ноября, когда уровень воды в реке несколько повышается за счет осенних дождей, минерализация ее понижается до 0,6-0,7 г/л.

Наиболее крупный левый приток Жайыка - *р. Елек*, берущий начало в предгорьях Южного Урала, имеет общую протяженность 623 км и средний многолетний объем годового стока (у г. Актобе) 660 млн. м³ при среднем расходе 20,8 м³/с. В отдельные годы средний расход реки здесь повышается до 76,5 м³/с, а сокращается до 5,2 м³/с. Средняя минерализация воды в течение года колеблется в пределах 0,2-0,9 г/л.

Река Жем берет начало в Мугалжарах и имеет протяженность 712 км. Средний многолетний объем годового стока ее у с. Жаркамыс и ниже по

течению у с. Аралтобе составляет соответственно 490 и 550 млн. м³ при среднем расходе - 15,6 и 37,5 м³/с. Река лишь в редкие многоводные годы достигает Каспия, летом нередко сохраняется в виде отдельных плесов. Наиболее крупный ее приток - р. Темир длиной 213 км, у пос. Ленинского имеет годовой объем стока 185 млн. м³ при среднем расходе 5,9 м³/с. Минерализация воды Жема сильно изменяется по сезонам года и по длине реки. В период половодья она в верхнем течении реки небольшая (около 0,2 г/л), а в нижнем - достигает 1 г/л и более. В межень минерализация ее увеличивается в верховьях до 0,15-0,7 г/л, а в низовьях - нередко до 7 г/л.

Реки Ойыл и Сагыз, берущие начало с отрогов Подуральского плато, не достигая Каспия, теряются в сложной системе соров и озер. Средние многолетние расходы их составляют соответственно у пос. Талтогай и с. Сагиз - 1,6 и 10,2 м³/с. Воды в них сильно минерализованные, особенно в межень.

Мелкие реки в области Волго-Жайыкского междуречья (Ашыюзен, Сарыюзен и Караюзен, Зап. и Вост. Дюре, Чижы 1 и 2 и др.) начинаются с отрогов Общего Сырта и теряются в системах озер и разливов. Минерализация воды в них сильно изменчива по сезонам года - от пресных до сильно солоноватых.

Прикаспийская впадина богата озерами, расположенными неравномерно по площади. Они бессточны. Более крупные озера Эльтон, Баскунчак, Аралсор, Индер, Калтыр и Шалкар содержат высокосоленные воды, нередко образуют самосадочные соли (с общим запасом более 3 млрд. м³, обогащенные микроэлементами (бром, бор, йод и др.). Озерные воды Чижинские, Камыс-Самарские и Кушумские - опресненные. Территория региона с юго-запада омывается самым крупным в мире внутриконтинентальным водоемом - Каспийским морем. За последние 20 с лишним лет его уровень сильно повышается, причиняя большой ущерб прибрежной территории.

2.5 Геолого-гидрогеологическая изученность

2.5.1 Гидрологические исследования

Первые систематические измерения расходов воды рек Северного Прикаспия были начаты в 1912 г. на р. Жайык у с. Кошим. В период с 1912 по 1918 гг. были открыты посты наблюдений на реках Сарыюзен и Караюзен. Планомерное развитие гидрологической сети в Урало-Каспийском бассейне началось в 1929 г., после создания Гидрометеорологической службы СССР. Большой вклад в изучение стока рек внесли исследования, проводимые Государственным гидрологическим институтом (ГГИ).

Изучение водных ресурсов бассейна реки Жайык в пределах Северного Прикаспия было начато в начале 30-х годов прошлого века в связи с необходимостью обеспечения промышленных объектов Урала водой и энергией, а также как транспортной артерии. В последующие годы были разработаны и реализованы проекты ряда гидроузлов на притоках и самой реке Жайык с целью создания гидроэнергетической и водохозяйственной базы для орошения земель и обводнения Прикаспийской низменности. Почти все проработки охватывали территорию бассейна реки Жайык в пределах РСФСР, как более изученного и

развитого в промышленном отношении региона.

В 1962-1963 гг. Государственный Гидрологический институт и БРИС УГМС КазССР производили экспедиционные работы в бассейне р. Жайык. В тот период наблюдения за гидрологическим режимом осуществлялось на 34 реках, а общее количество пунктов наблюдений, включая озера, достигало 104. Результаты наблюдений за стоком рек, гидрографические обследования рек и озер приведены в монографии «Ресурсы поверхностных вод». Таких исследований в районе больше не проводилось.

Всего на территории исследований на реках Сарыозен и Караозен в разное время действовало 6 пунктов наблюдений, по которым имеются сведения о уровнях и годовом стоке (таблица 2.1). Качество данных наблюдений на постах в целом можно считать удовлетворительным. Однако имеется много пропусков в наблюдениях, особенно в конце 90-х годов прошлого и начале нынешнего столетия. Особенностью данного района является повсеместное использование стока рек на хозяйственные нужды. В настоящее время на данных реках ведутся наблюдения на 2 гидрологических постах, что явно недостаточно для такого района.

Таблица 2.1 - Сведения о гидрологических постах на реках территории исследований

Реки	Название (местоположение поста)	В чьем ведении находится	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста
						Высота, м
р.Сарыозен	с. Малый-Узень	ЦГС	-	395	3930	24,46
р.Сарыозен	с. Бостандык	Казгидромет	19010	214	11000	-
р.Караозен	с. Новоузенск	Россия	-	392	7480	-
р.Караозен	с. Русская Таловка	Казгидромет	19020	234	10700	1,62
р.Караозен	с. Жалпактал	Казгидромет	19022	178	13200	0,68
р.Караозен	уроч. Дукен	Казгидромет	19023	143	14100	-4

Крупной проектной работой стала разработанная в 1965 году «Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР» («Гидропроект», Москва, Куйбышев). Материалами Генсхемы был выявлен ряд бассейнов рек с дефицитным водным балансом, к числу которых был отнесен бассейн реки Жайык. Возрастающие требования к объему и качеству воды предопределили проведение более детальных проработок по взаимоувязке требований на воду со стороны различных потребителей и рассматриваемых административных единиц, вопросов технико-экономической целесообразности осуществления, намеченных Генсхемой мероприятий (создание гидроузлов, оросительных систем, упорядочение водоснабжения и канализации населенных пунктов и др.).

В 1967 году было разработано «Проектное задание орошения и обводнения Урало - Кушумского массива Уральской области Казахской ССР» (Ленгипроводхоз). В соответствии с проработками для укрепления и расширения кормовой базы животноводства по р. Кушум с помощью четырех водохранилищ

создается водопроводящий тракт, обеспечивающий регулярное орошение на площади 8,9 тыс. га, лиманное орошение 48,8 тыс. га и обводнение 1,37 млн. га пастбищ.

По заказу ВО «Союзводпроект» в 1971 г. Куйбышевским филиалом «Гидропроект» была разработана «Схема Комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Урал». Схема была составлена на территорию общей площадью 357 тыс. км², охватывающую собственно бассейн реки Жайык, Жайык-Жемское междуречье, а также небольшие части территорий Волго-Жайыкского и Жайык - Тобольского междуречий. В административном отношении в рассматриваемый регион входили части территорий Челябинской, Оренбургской, Саратовской областей и Башкирской АССР, относящим к РСФСР, а также части территорий Западно-Казахстанской, Атырауской и Актюбинской областей Казахстана. В 1981 г. институт «Южуралгипроводхоз» (г. Челябинск) выполнил работы по уточнению указанной «Схемы» в связи с существенными изменениями по объемам водопотребления различных отраслей экономики в условиях зарегулированности стока, повышением требований к качеству потребляемой и отводимой воды, а также усилением внимания к охране природных комплексов. Приоритет был отдан вопросу водоснабжения населения и основных отраслей экономики за счет внутренних ресурсов, а водообеспечение других потребителей планировалось путем проведения мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов, а также увеличению водности стока за счет переброски из других бассейнов. К данной работе, в части мероприятий, проводимых на территории Казахской ССР, был привлечен институт «Казгипроводхоз».

В 70-80-ых годах прошлого столетия были разработаны каталоги водопользования в бассейнах рек Жайык, Сагыз, Сарыозен и Караозен.

Из других крупных проектных работ на территории Северного Прикаспия проанализированы следующие:

1) «Схема комплексного использования и охрана водных и связанных с ними рыбных и земельных ресурсов нижней Волги, р. Ахтубы, р. Жайык и Северного Каспия», (В.О. Союзводпроект, Москва). Уточнение этой «Схемы», («Ленгипроводхоз», 1982 г.);

2) «Схема развития и размещения мелиорации и водного хозяйства Казахской ССР на период до 2005 года», институт («Казгипроводхоз», 1988 г.);

3) Разработка водохозяйственного баланса по бассейну рек Бол. и Мал. Узень. Книга 2, приложение. - Уральск: ТОО «Уралводпроект», 2002. - 263 с.

Анализ крупномасштабных проектных работ по территории исследований показывает, что ключевой проблемой является водный дефицит региона. Это обстоятельство особенно обостряется в настоящее время, что связано с дальнейшим развитием экономики региона как с Российской, так и Казахстанской стороны.

Реки Сарыозен и Караозен:

- река *Сарыозен* берет начало на возвышенности Общий Сырт, в 10 км к СЗ от пос. Красный Боец Ершовского района Саратовской области РФ, впадает

в озеро Сорайдын, входящее в бессточную систему Камыш-Самарских озер, в 3 км восточнее с. Жана Казан Казталовского района Западно-Казахстанской области.

Длина реки 638 км, средний уклон около 0,2 ‰. Питание реки на 90 % снеговое, на долю подземных вод и летних осадков приходится около 10 %. Средние расходы 50-процентной обеспеченности - 1,73 м³/с, максимальные расходы в марте, минимальные - с мая по февраль, когда сток вообще отсутствует.

Русло хорошо разработано на всем протяжении реки, глубина вреза колеблется от 6-8 м в верхнем течении до 3 м в нижнем. Берега повсеместно крутые, часто обрывистые. В верхнем течении на вогнутостях меандр высота берегового обрыва достигает 15-20 м. Вблизи устья реки от основного русла ответвляются небольшие рукава, впадающие в замкнутые заболоченные понижения. На всём протяжении русло реки служит в качестве естественной дрены и коллектора поверхностных вод.

Глубинная эрозия наблюдается только в верхнем течении. В среднем и нижнем течении, а также в прудах и плесах идет аккумуляция наносов. Боковая эрозия приводит к обрушению обрывистых берегов.

Дно супесчаное и суглинистое, а в плесах и прудах - заиленное. Прибрежная полоса прудов и плесов сложена полужидкими суглинками и труднодоступна.

На мелководных участках распространены густые заросли тростника и рогоза. Вдоль берегов прудов и плесов имеется кайма полупогруженной растительности шириной 2-10 м, а местами заросли кувшинок и кубышки. Река на 36 % заросла полупогруженной растительностью. Берега покрыта кустарником (ива, ольха, черемуха).

- река *Караозен* берет начало на возвышенности Общий Сырт в 8 км севернее пос. Милорадовки Ершовского района Саратовской области РФ и в 3 км юго-западнее пос. Факеев Казталовского района Западно-Казахстанской области впадает в оз. Айден, входящее в бессточную систему Камыш-Самарских озер. Длина реки 650 км, средний уклон 0,2 ‰, питание на 90 % снеговое, на долю подземных вод и летних осадков приходится около 10 %. Средние расходы 50-процентной обеспеченности - 8,23 м³/с, максимальные расходы в апреле, минимальные - с июля по март месяц, когда сток вообще отсутствует.

На всем протяжении реки русло хорошо разработано. Глубина вреза в верховьях до 6-8 м, в среднем и нижнем течении - 2-4 м. Исключение составляет 6-километровый участок Фурмановского лимана, где русло не прослеживается. После лимана русло появляется сначала в виде узкой балки, а затем расширяется, принимая вид, какой оно имело до впадения в лиман. Почти на всём протяжении русло реки служит в качестве естественной дрены.

Берега в верхнем и среднем течении большей частью крутые, часто обрывистые, обычно задернованные и покрытые кустарниками (ива, ольха, черемуха, шиповник). В верховье в вогнутостях меандр высота берегов достигает 25 м. В нижнем течении берега умеренно крутые; в устье встречаются прибрежные плавни (вблизи устья).

В пойме реки местами образуются небольшие острова. Боковая и глубинная эрозии развиты лишь в верхнем и среднем течении реки, а в нижнем русло весьма устойчиво. На 6-ти километровом участке от устья оно разделяется на три рукава, впадающие в систему Камыш-Самарских озер. Река представляет собой цепь плесов и прудов, разделенных мелководными участками, заросшими тростником.

Дно супесчаное и суглинистое. Отложения ила встречаются в глубоких плесах на участках, заросших водной растительностью. Прибрежная полоса в плесах и прудах сложена полужидкими суглинками и супесями и труднодоступна. На мелководных участках имеются густые заросли тростника и рогоза.

В плесах тростник и рогоз окаймляют берега в полосе шириной 2-10 м, а в прудах часты заросли кувшинок. Полупогруженная растительность занимает около 40 % водной поверхности.

Камыш-Самарские озера и их разливы издавна славятся обилием рыбы. Здесь водятся сазан, судак, щука, карась, окунь, линь и другие виды рыб. Мелководная часть озер богата водной растительностью и зоопланктоном, хорошо прогревается и является уникальным естественным нерестилищем для рыб. Однако, нерегулярное поступление пресной воды по рекам Сарыозен и Караозен, полное зарегулирование весеннего стока приводят к искусственному осушению разливов Камыш-Самарских озер, остепнению луговой растительности, гибели большого количества рыбы во время летних и зимних заморов.

Вопрос сохранения богатой фауны и флоры озер Камыш-Самарских разливов, а также использования их для обводнения пастбищ и заготовки грубых кормов, является очень важной проблемой Западного Казахстана.

До ввода в эксплуатацию Саратовского канала (на территории РФ) обе реки были проточны только в период весеннего половодья. В остальное время года они представляли собой систему неглубоких плесов, разграниченных сухими перекатами. В силу географического положения бассейна рек Сарыозен и Караозен, и специфики климатических условий основной объем стока формируется в пределах Саратовской области РФ (рисунок 2.2). Водоснабжение Западно-Казахстанской области базируется на транзитном стоке, поступающем из Российской Федерации. С 1973 года в истоки рек из ветвей Саратовского канала подается волжская вода, в реку Сарыозен - 22,06 м³/с, в реку Караозен - 10,82 м³/с. Подача волжской воды начинается с 15 апреля и продолжается по 15 ноября, в отдельные годы эти сроки сдвигаются.

По данным гидрохимических наблюдений воды рек Сарыозен и Караозен оцениваются как не пригодные для использования в хозяйственных и культурно-бытовых целях. Актуальными загрязняющими веществами, характерными для Сарыозена и Караозена являются:

- ионы природных солей (магний, хлориды, сульфаты, общая минерализация);
- органические вещества (фенолы, биохим. потребление кислорода);
- биогенные элементы (нитраты, нитриты, железо общее).

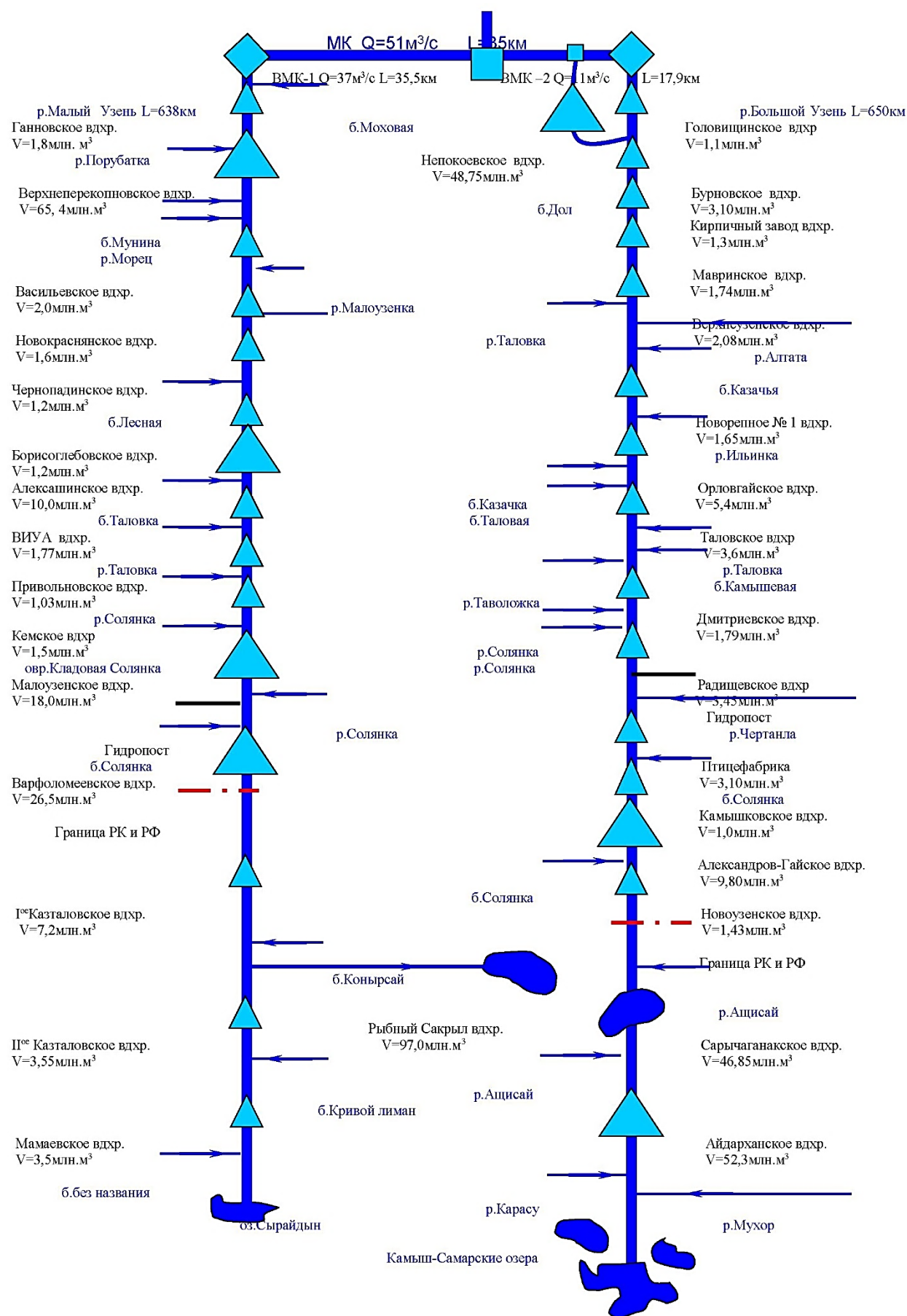


Рисунок 2.2 - Схема рек Сарыозен и Караозен

Источниками загрязнения речных вод природными солями являются широко распространённые в бассейне рек Сарыюзен и Караюзен засоленные почвы и высоко минерализованные грунтовые воды, дренируемые руслом.

Органические вещества, поступают в реки в виде поверхностных стоков с объектов животноводства, а также из почв (гумусовые вещества). В воде они разлагаются бактериями с образованием фенолов. Кроме того, источником фенолов служат пункты санитарной обработки (купки) овец, сооружаемые, как правило, в непосредственной близости от русла реки.

Из биогенных элементов нитраты и нитриты образуются при разложении в воде органических веществ, а также поступают в реки с сельскохозяйственных полей; железо мигрирует из почво-грунтов с выклинивающимися в русла рек грунтовыми водами.

2.5.2 Геолого-геофизические исследования

Геолого-геофизическая изученность Северного Прикаспия подразделяется на несколько этапов.

На начальном этапе в царское время с 1720 года экспедициями военных топографов и естествоиспытателей проведены самые разнообразные наблюдения территории, начиная от Уральских, Мугалжарских, Мангышлакских гор, Устюрта, Индера, Эльтона, Баскунчака-Бол. Богдо, кончая водораздельными возвышенностями и обнажениями коренных горных пород по долинам рек.

Отчеты и дневники исследователей содержат сведения о гидрографии, топографии и полезных ископаемых. В этот период обнаружены естественные выходы газа в междуречье Жайык-Волга, в районе Аукетайшагыл.

В 1886 г. по поручению горного департамента Министерства Государственных Имуществ горный инженер М.М. Новаковский обследовал нефтепроявления на площадях Матенкожа, Джаныбек (Доссор), Искине, Карашунгул. В опубликованном им в 1887 г. «Очерке геологического характера и минеральных богатств Уральской области» содержатся сведения о стратиграфии меловых и более древних отложений, дана оценка перспектив осмотренных нефтяных источников.

В целом, в дореволюционный период выбор перспективных объектов проводился на основе изучения наружных нефтепроявлений. Исследователями составлялись первые геологические карты по структурам, но они картировали только отдельные крыльевые поднятия. Геологам в то время еще не было известно, что они имеют дело с соляными куполами. В Урало-Эмбинской области Н.Н. Тихоновичем, С.И. Мироновым, А.Н. Замятиным разработана стратиграфия отложений, слагающих нефтяные месторождения, которая к настоящему времени дополнена и уточнена, но как основа сохранила свое значение. Их взгляды на нефтеносность и тектонику во многом пересмотрены и дополнены, но они сохраняют значение как определенные этапы в расшифровке закономерностей геологического строения и нефтеносности области.

В 1920 г. создается Управление нефтяной промышленности Урало-Эмбинской области, которое в 1924 году преобразовалось в трест «Эмбанефть».

Восстанавливается ряд нефтепромыслов, ведется подготовка новых площадей под промышленную разведку. Кроме детальных геолого-съёмочных работ, в эти годы проводятся маршрутные и площадные геологические съёмки Н.Н. Тихоновичем и С.М. Киселевым и др. В 1925 г. впервые применяются геофизические методы разведки нефтяных месторождений. Объем геологоразведочных работ по региону из года в год нарастал. Промышленная разведка по-прежнему проводилась только на объектах, обладающих интенсивными наружными нефтепроявлениями.

В 1929 г. продолжало расти число геологопоисковых партий и объем глубокого бурения, наряду с картировочным. С 1930 г. активное участие в изучении Прикаспийской впадины начал принимать Ленинградский Нефтяной геологоразведочный институт (ВНИГРИ). Исследователи занимались внедрением гравиметрии электроразведки, магнитометрии, электрокаротажа скважин, а с 1932 года - сейсмической съёмки по методу преломленных волн и затем газовой съёмки. Начиная с 1938 г. проводилась переинтерпретация геологических карт, повторная полевая топогеодезическая привязка выработок и дополнительная детализация недостаточно изученных объектов.

В период Великой Отечественной войны, когда Урало-Эмбинская область приобрела особое значение из-за наличия нефти специальных сортов, было создано объединение «Казахстаннефть». Для усиления геологоразведочных работ организовываются трест «Казахстаннефтеразведка» и Казахское отделение Государственного геофизического треста, преобразованный затем в Казахстанскую контору «Главнефтегеофизики».

В послевоенные годы основной объем поисково-разведочных работ был сосредоточен вблизи разрабатываемых месторождений, с 1949 года главным направлением поисков новых нефтяных месторождений становится юго-восточная часть Прикаспийской впадины. В 1949 году в пределах северного борта Прикаспийской впадины региональными и детальными геологическими исследованиями начали заниматься Западно-Казахстанская экспедиция СГПК.

С 1950 по 1952 гг., в связи с изысканием трассы оросительного канала Урал-Волга, Гидропроектом в междуречье Жайык-Волга было пробурено большое количество скважин глубиной 20-30 м, в отдельных случаях-до 100 м, что позволило детально изучить четвертичные отложения. Министерство геологии и охраны недр СССР в 1948-1951 гг. провело аэрогеологическую съёмку в масштабе 1:200000 на юго-востоке Эмбинской области. В дальнейшем эти работы проведены в междуречье Жайык-Волга, Устюрте и других частях Западного Казахстана (исполнители А.А. Корженевский, Н.И. Буялов, В.С. Журавлев, Л.Б. Аристархова, В.И. Самодуров, А.К. Замаренов, Ю.М. Васильев, и др.). Исследователями была составлена геологическая карта Западного Казахстана в м-бе 1:1000000.

В послевоенные годы почти на всей территории Западного Казахстана были проведены гравиметрические исследования. Западный Казахстан изучался также аэромагнитной съёмкой, дальнейшее развитие получила и сейсморазведка.

Дальнейшими геологоразведочными работами в Прикаспийской впадине планировалось изучение как надсолевого, так и подсолевого комплекса

отложений. Региональными работами изучался переход от Русской платформы к Прикаспийской впадине на западе и северо-западе саратовскими, волгоградскими, астраханскими, оренбургскими и другими геологоразведочными организациями, включая трест «Актюбнефть», которые проследили ступенчатое строение фундамента с соответствующими ступенями, флексуорообразными структурами в покрывающих породах.

В работе «Основные черты геологического строения нефтегазоносности Западного Казахстана» (Н.А. Калинин, 1951 г.) автором впервые подчеркивается значение разломов и дифференцированных движений блоков фундамента для формирования осадков и структур различного порядка, устанавливаются закономерности пространственного размещения нефтегазоносных зон.

В 1958 г. вопросам усиления геологоразведочных работ в Западном Казахстане была посвящена Коллегия Министерства геологии и охраны недр СССР. Участники ее отметили, что современный уровень геологопоисковых и разведочных работ на нефть и газ в Западном Казахстане не соответствует его потенциальным возможностям. Геолого-геофизическая изученность и разведанность недр этого региона оставалась недостаточной, о чем свидетельствовал низкий уровень подготовки запасов промышленных категорий. Научно-технической конференции в г. Гурьеве (1959 г.) принято решение об усилении регионального геолого-геофизического изучения обширных территорий Прикаспийской впадины, ее обрамлений.

Прикаспийская впадина заснята полностью геологической съемкой масштаба 1:200000 и на 30 % - детальными геологическими съемками масштаба 1:50000 и 1:25000, в том числе с применением картировочного бурения. В результате этих работ составлена геологическая карта Прикаспийского осадочного бассейна.

При изучении верхней части разреза, стали применяться, в основном, методы электроразведки, которые в настоящее время используются преимущественно при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях. Одними из первых таких работ явились исследования П.Н. Конова и Г.Н. Назарова (1955-1956 гг.), которые с помощью электроразведки выявляли участки пресных вод и закономерности их распространения на территории. Установлено, что в прибортовой зоне Прикаспийской впадины развиты обширные пресноводные горизонты, залегающие на глубине 15-30 м, а к югу они встречаются лишь в виде линз.

В 1964 году В.Д. Токаренко проводил электроразведочные работы на площади листа М-39-ХVIII с целью оконтуривания верхнемелового водоносного горизонта, а также поисков пресных подземных вод для водоснабжения райцентра Джамбейты.

В 1964 году НПО «Аэрогеология» экспедицией № 11 подготовлена к изданию Государственная геологическая карта Западного Казахстана в масштабе 1:500 000 на 21 л, в их число вошли листы М-39-В и L-39-А, в том числе и лист L-39-VII, VIII. Авторами И.Д. Бертельс-Успенской, Л.Ф. Волчегурским, Ю.Я. Кузьминым и др. были учтены все материалы ранее проведенных работ. Однако для основной части песков Нарын снова была дана схематическая карта

поверхности, практически мало отличающаяся от карты 1959 года, карта была издана в 1967 году.

В последующие годы электроразведочные работы стали обязательными в комплексе гидрогеологических исследований, проводимых на описываемой территории с целью поисков пресных подземных вод для промышленного и хозяйственного водоснабжения, а также при гидрогеологических съемках территории. В основном геофизические работы с гидрогеологическими целями на территории проводят Уральская, Гурьевская и Актюбинская гидрогеологические экспедиции.

Начиная с 1965 года, кроме полевых геофизических работ, в большом объеме проводятся геофизические исследования в скважинах, с помощью которых выделялись обводненные интервалы, определялись наиболее проницаемые толщи, уточнялись условия залегания водоносных горизонтов и их мощность, оценивалась величина минерализации подземных вод. Проводились они чаще всего методами стандартного электрокаротажа и гамма-каротажа, другие виды каротажа (расходомерия, резистивиметрия и пр.) использовались значительно реже.

В 1967 г. коллективом геоботаников (И.Г. Несветайлова, Л.С. Родман, Швыряева А.И. и др.) под руководством С.В. Викторова была составлена и издана «Карта засоления почвообразующих пород Прикаспийской впадины и прилегающих районов» в масштабе 1:500000. Указанная карта составлена по материалам Аэрогеологической экспедиции № 11 ВАГТа с широким привлечением изданных геоботанических карт преимущественно сельскохозяйственного направления, которые были проинтерпретированы с отражением ландшафтных индикаторов. На территорию междуречья Жайык-Волга основой послужила геоботаническая карта масштаба 1:200000.

Кроме основной карты засоления почво-грунтов, была дана схема геохимического районирования, которая определяет пески Нарын, как область с преобладанием очень слабозасоленных почвообразующих пород с широким распространением локальных участков сильного и очень сильного хлоридно-натриевого засоления. Авторы отмечают значительное влияние соляной тектоники на засоление почвообразующих пород.

На юго-западную часть песков Нарын Швыряевой А.И. была составлена схематическая карта поверхностных геохимических проявлений соляно-купольных структур (м-б 1:750000), на которой нашли отражение наиболее крупные структуры, дающие четко выраженные солевые аномалии. Однако, целый ряд более мелких структур, имеющих индикационные признаки не галофитного направления, естественно, не были выявлены.

Из опубликованных работ следует отметить монографию Т.Ф. Якубова «Песчаные пустыни и полупустыни Северного Прикаспия», 1955 г. Исследования имели маршрутный характер и производились с целью сельскохозяйственного освоения и мелиорации песков. Автор выделяет 4 природных района песков, которые дают представление о ландшафтном районировании территории. Экологические ряды растительности здесь отражают различные стадии зарастания песков и изменения их водно-

физических свойств.

В 70-ых годах объединением «Аэрогеология» изучалось структурное строение Прикаспийской впадины. В 1981 году по полученным материалам была издана структурная карта надсолевого комплекса.

В 1972-1974 гг. трестом «Спецгеофизика» были проведены аэромагнитные наблюдения в междуречье Жайык-Волга и опытно-методические работы по высокоточной аэромагнитной съёмке м-ба 1:100000 с радиогеофизической привязкой.

С 1973 г. по 1978 г. НПО «Аэрогеология» проводит аэрофотогеологическое картирование масштаба 1:500000 на площади 9 листов (М-39-XXX, XXXI, XXII и L-39-I, II, III). В 1978 году М.Г. Маркиной, Л.Б. Аристарховой и др. составлена аэрофотогеологическая карта листов L-39-VII, VIII в масштабе 1:200000.

В 1975 г. Гурьевской геофизической экспедицией проводились гравиметрические исследования м-ба 1:50000-200000 с достаточной точностью, которыми к настоящему времени покрыта вся исследуемая территория.

В 1977 г. Тематической партией Казахского гидрогеологического управления были проведены обобщение и систематизация электроразведочных и каротажных материалов по территории Уральской области применительно к решению гидрогеологических задач. В результате проведенных исследований выявлены отдельные участки и площади с пресными и слабосоленоватыми подземными водами и даны рекомендации для целенаправленного проведения полевых работ.

В 1977 г. в НПО «Аэрогеология» экспедицией № 11 (авторы М.Д. Магретова, Р.И. Романов) подготовлена к изданию, а в 1980 году издана Геологическая карта масштаба 1:500000 листа L-39-A.

В 1977-1980 гг. Енотаевская геолого-съёмочная партия (Силантьев А.В., Седайкин В.М., Трояновский С.В.) проводили геолого-гидрогеологическую съёмку м-ба 1:200000 площади листа L-39-VII. Карты этих 2-х отчетов, использованы для составления всей геологической информации к настоящему отчету по ранее проведенным работам.

В 1994 г. в пределах площади Азгир по зданию Министерства экологии ТОО НПЦ «Геокен» была выполнена аэрогаммаспектрометрическая съёмка масштаба 1:1000000, по результатам которой построена карта содержания цезия, урана, тория, калия и МЭД и выделены зоны повышенных содержания цезия-урана.

2.5.3 Гидрогеологические исследования

Наиболее ранние сведения о грунтовых водах связаны с именами естествоиспытателей П.И. Рычкова, П.С. Палласа, Г.Г. Гмелина и др., изучавших территорию еще во второй половине XIX века. В начале XX века в связи с открытием нефти на южной Эмбе изучение подземных вод было усилено (И.Н. Тихонович, Д.Н. Соколов, А.Н. Замятин и др.). Эти исследования носили в основном разрозненный характер. Первые сводки по региональным гидрогеологическим материалам появились в конце 20-х и в начале 30-х годов (А.А. Козырев, Б.К. Терлецкий, Г.А. Лебедев и др.). И.К. Зайцевым впервые

произведено научно обоснованное гидрогеологическое районирование Западного Казахстана (1940 г.). С 1943 г. началось составление сводных гидрогеологических карт Актюбинском и Гурьевской областей (У.М. Ахмедсафин, С.З. Сайдаковский, В.В. Торгованова, А.В. Сотников и др.).

С начала 50-х годов в связи с освоением целинных и залежных земель начался новый этап в изучении гидрогеологии территории исследований с целью водоснабжения вновь созданных хозяйств и планомерного проведения комплексных гидрогеологических съемок.

В 1959 г. М.С. Зелинским на листах L-39-A и B проведена гидрогеологическая съемка м-ба 1:500000. Отмечено широкое развитие соленых вод в соровых, хвалынских и хазарских образованиях, а в песчаных массивах распространение линз пресных и слабосоленоватых вод, широко используемых с помощью колодцев.

С 1969 г. и Гурьевская и Уральская гидрогеологические партии проводили поисково-разведочные работы с целью изыскания источников водоснабжения для обоснования проектов обводнения пастбищ Северного Прикаспия. Буровыми скважинами выявлены на отдельных участках, в основном, соленые воды соровых, хвалынских, хазарских отложений. В пределах песчаных массивов в хвалынских образованиях встречены линзы пресных и слабосоленоватых вод.

К концу 60-х годов большая часть площади района была покрыта гидрогеологической съемкой 1:200000 масштаба (рисунок 2.3). В этот же период начало проводиться государственное гидрогеологическое картирование в 1:200000 масштабе, которое в целом было завершено во второй половине 70-х годов. По большей части территории имеются изданные гидрогеологические карты, и в последующем данные гидрогеологической съемки были положены в основу при выборе перспективных участков для постановки поисково-разведочных работ для водоснабжения крупных населенных пунктов, сельскохозяйственных объектов, нефтепромыслов, орошения. В результате выявлены перспективные участки развития высокопроизводительных подземных вод в альб-сеноманских отложениях Урало-Эмбенского плато, в карбонатных породах Зауральских сыртов, линз пресных вод в первых от поверхности водоносных горизонтах Прикаспийской низменности, в палеогеновых отложениях Северного Приаралья.

Гидрогеологические карты масштаба 1:200000 и материалы поисково-разведочных работ в дальнейшем были положены в основу для построения специализированных гидрогеологических карт и региональной оценки эксплуатационных запасов подземных вод.

Региональной оценке запасов подземных вод Северного Прикаспия посвящен ряд работ У.М. Ахмедсафина (1956 г., 1961 г., 1972 г., 1979 г.), Ж.С. Сыдыкова (1966 г., 1976 г., 1981 г.), Н.Г. Кнышенко и др. (1960 г., 1963 г., 1969 г. и 1971 г.), А.К. Джакелова, Т.К. Айтуарова и др. (1982 г., 1985 г.), А.К. Кугешева и др. (1983 г.).

Наиболее крупной работой в области прогнозирования и обобщения материалов по артезианским водам меловых отложений Прикаспийской



Рисунок 2.3 - Картограмма гидрогеологической изученности территории Северного Прикаспия в масштабе 1:200000

впадины и Западного Примугалжарья были работы У.М. Ахмедсафина (1959 г., 1961 г.). В них охарактеризованы минерализация, степень напорности, глубина залегания, обоснованы производительность и прогнозные ресурсы напорных подземных вод, условия их формирования и перспективы использования. Работа иллюстрируется «Прогнозной схемой артезианских бассейнов Казахстана», на которой отражены цифрами вековые запасы и колонками - минерализация подземных вод. Результаты расчетов объемов воды в отложениях не категоризированы.

В 1962-63 гг. на территории Западного Казахстана проведена региональная оценка запасов подземных вод (Н.Г. Кнышенко, А.К. Кугешев и др.). Оценка их выполнена по модулям эксплуатационных запасов по методике ВСЕГИНГЕО, 1962 г. Величина их по Прикаспийскому району составила 69,5 м³/с.

В 1965 году под редакцией У.М. Ахмедсафина и Ж.С. Сыдыкова опубликована еще одна обобщающая работа - Карта стока подземных вод Казахстана масштаба 1:2500000, где дана региональная оценка ежегодно возобновляемых ресурсов подземных вод.

В 1966 году издана монография Ж.С. Сыдыкова «Подземные воды Мугалжар и Примугалжарских равнин», в которой приведена оценка ресурсов подземных вод и возможность их использования. При оценке эксплуатационных ресурсов использован поправочный коэффициент соотношения эксплуатационных запасов и подземного стока, применявшиеся для региона Урала. Величина его по аналогии с последним для этого района принята равной 0,85.

В 70-80 гг. ПГО «Казгидрогеология» проводится цикл работ по обобщению гидрогеологических материалов и региональной оценке подземных вод в

районах с напряженным водохозяйственным балансом.

В монографии «Гидрогеология СССР, т. XXXV, Западный Казахстан», вышедшей в 1971 году, приведены прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных и солоноватых подземных вод по водоносным горизонтам и комплексам Западного Казахстана и по административным областям. Материалы обобщены по состоянию на 1967 г. Оценка эксплуатационных ресурсов произведена по модулю эксплуатационных ресурсов по методике, разработанной ВСЕГИНГЕО (Биндеман, 1963 г., Бочеввер, 1964 г.). Величина эксплуатационных ресурсов подземных вод с минерализацией до 10 г/л по оцениваемой территории при сработке уровня на 100 м на 50-летний срок эксплуатации составляет 147,4 м³/с, в том числе по Прикаспийскому району - 117,5 м³/с.

В 1974 году составлена Карта прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод Казахстана масштаба 1:1000000 (М.М. Малишич, М.Г. Поломошнова и др.), где на основании районирования показано распространение основных горизонтов и комплексов, минерализация подземных вод и средневзвешенных модулей эксплуатационных ресурсов. В пояснительной записке особое место отведено оценке прогнозных эксплуатационных ресурсов и естественных запасов.

Оценка эксплуатационных ресурсов произведена для подземных вод с минерализацией до 10 г/л. Величина максимального понижения принималась до глубины 100 м от дневной поверхности, но не более половины мощности водоносного горизонта в случае безнапорных вод. Период расчета принят 50 лет или $1,8 \cdot 10^4$ сут. В основу расчета положена методика Н.Н. Биндемана (1963 г.).

Оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод речных долин производилась только для основных водоносных горизонтов. Основным фактором, определяющим методику подсчета ресурсов, являлся тип речных долин, который определяется наличием или отсутствием поверхностного стока, его величиной и изменчивостью в многолетнем разрезе, характером гидравлической связи подземных вод с рекой. Ресурсы их оценены с учетом привлекаемого стока.

В 1976 году в монографии «Формирование и ресурсы подземных вод меловых отложений Западного и Северного Казахстана» (Ж.С. Сыдыков, В.Д. Бочкарева и др.) на основании новых геофизических и гидрогеологических материалов дана подробная корреляция мощности толщи меловых водоносных образований. Оценены региональные естественные и перспективные эксплуатационные ресурсы подземных вод с минерализацией до 5 г/л (раздельно до 1, 1-3, 3-5 г/л), установлены возможности использования подземных вод для различных целей. Расчетный срок эксплуатации 50 лет, допустимое понижение 260 и 500 м. Величина эксплуатационных ресурсов по альб-сеноманскому водоносному комплексу при понижении 260 м соответственно составила: по Подуральскому плато 193,5 м³/с, Сыртовскому району - 2,2 м³/с, Шалкарскому - 19,6 м³/с.

В 1975 году Коломейцевой Н.В. и Куздибаевым Б.К. была составлена карта (гидрогеологическая) листа L-39-A в масштабе 1:500000.

В 1974-1978 годах НПО «Аэрогеология» экспедицией № 11 (Маркина И.Г.,

Аристархова Л.Б., Воронкова Л.Ф. и др.) проводили аэрофотогеологическое картирование масштаба 1:200000 песков Нарын. В результате составлен комплекс специальных карт, в том числе и схематическая гидрогеологическая листа L-39-II.

В 1975-78 гг. и в 1981 году Гурьевской гидрогеологической экспедицией проводились работы по водоснабжению отдельных хозцентров Гурьевской области (Мынтобе, Сазды, Кошалак и др.). Поставленными геофизическими и гидрогеологическими работами на отдельных участках были выявлены незначительные по площади линзы пресных и слабосоленоватых вод, приуроченных к первому от поверхности водоносному горизонту.

В 1977-1980 гг. Астраханской геолого-съемочной экспедицией на площади листа L-39-VII (Силантьев А.В.) проводилась геолого-гидрогеологическая съемка м-ба 1:200000. Результаты этих работ, а также изданной гидрогеологической карты м-ба 1:500000 (Коломейцева Н.В.) легли в основу гидрогеологической характеристики.

В 1979 году выходит книга «Территориальное распределение ресурсов подземных вод Казахстана» под ред. У.М. Ахмедсафина, где по каждой области приводятся прогнозные региональные эксплуатационные ресурсы. Книга одновременно является пояснительной запиской к карте прогнозных региональных ресурсов подземных вод.

К работам последних лет, включавших в себя региональную оценку эксплуатационных запасов, относятся «Обобщение гидрогеологических материалов с целью составления карт гидрогеологического районирования Казахстана по условиям сельскохозяйственного водоснабжения и орошения земель подземными водами» (А.К. Джакелов, Т.К. Айтубаров и др., 1983 г.) и «Составление гидрогеологических карт территории Европейской части Советского Союза масштаба 1:1500000 (Уральская, Актюбинская, Гурьевская, Мангышлакская области Казахской ССР) 1985 г. тех же авторов. При определении региональных ресурсов подземных вод в них руководствовались в основном методическими рекомендациями ВСЕГИНГЕО (1971 г.).

В 2003-2006 гг. АО «Атыраугидрогеология» было проведено комплексная геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемки масштаба 1:200000 с геоэкологическими исследованиями листа L-39-I (полигон Азгир), в 2006-2008 годы такой же объем работы выполнен в пределах листа L-39-II.

Таким образом, приведенная информация по выполненным ранее работам, включавшим оценку региональных эксплуатационных запасов подземных вод четвертичных отложений Северного Прикаспия, позволяет сделать следующее обобщение.

Полученные разными авторами в разные годы величины запасов различны как по водоносным комплексам и гидрогеологическим районам, так и в целом по оцениваемой площади. Общая величина их изменяется от 2,25 до 23,3 м³/с. Различие в результатах оценки может быть обусловлено разностью оценочных площадей, расчетных гидрогеологических параметров, различием сроков эксплуатации и допустимых понижения и в значительной степени методикой

оценки. Поэтому предшествующие работы, по региональной оценке, могут рассматриваться как самостоятельные варианты с использованием разных методик подсчета запасов подземных вод.

Не отвергая имеющиеся результаты региональной оценки эксплуатационных запасов подземных вод Северного Прикаспия, выполненные различными авторами, ниже проведено их уточнение, поскольку за последние годы появился дополнительный большой объем фактического материала по поискам и разведке подземных вод для различных целей.

Региональная оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод, выполненная в различные годы (таблица 2.2):

I. Ахмедсафин У.М. и др. Территориальное распределение ресурсов подземных вод Казахстана, 1979 г., АН КазССР. $t = 100$ лет;

II. Малишич М., Поломошнова М.Г. и др. Карта прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод Казахстана, 1974 г. Методика ВСЕГИНГЕО, 1974 г., $S =$ до 100 м., $t = 50$ лет, 19,4 - Прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод определены с учетом привлекаемых ресурсов, величина которых составляет $105 \text{ м}^3/\text{с}$;

III. Джакелов А.К., Айтуаров Т.К., Медведева Р.А. и др. Обобщение гидрогеологических материалов с целью составления карт гидрогеологического районирования Казахстана по условиям с/х водоснабжения и орошения земель подземными водами, 1983 г. Методика ВСЕГИНГЕО, 1971 г., $S =$ до 100 м., $t = 25$ лет.

Таблица 2.2 - Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод

Оцениваемая территория (гидрогеологический район, водоносный горизонт)	Региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод, $\text{м}^3/\text{с}$		
	I	II	III
<u>III-8А Северо-Каспийский</u>			
Водоносный горизонт аллювиальных четвертичных отложений	6,0	19,4	-
Водоносный горизонт эоловых четвертичных отложений	-	3,8	0,36
Пески Нарын	2,4	-	-
Прочие крупные песчаные массивы	0,3	-	-
Водоносный комплекс четвертичных морских отложений	1,3	0,1	1,4
Плиоценовых отложений	-	-	0,5
Итого по району	10,0	23,3	2,25

Как было указано выше, на территории Северного Прикаспия силами специализированных гидрогеологических подразделений были проведены поисково-разведочные работы на подземные воды для сельскохозяйственного водообеспечения.

В настоящее время, в пределах песков Нарын (Северо-Каспийский бассейн пластовых (блоково-пластовых вод) выявлено 15 месторождений [46] подземных вод (рисунок 2.4 и таблица 2.3).

В пределах Атырауской области разведано 8 месторождений подземных вод, запасы которых изменяются от 4-14 до 560-5000 м³/сут. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения в четвертичных эоловых отложениях выявлено 5 месторождений с суммарными запасами 608 м³/сут (7,0 л/с).

По Западно-Казахстанской области разведано также 7 месторождений подземных вод, запасы которых изменяются от 40-173 до 2100-17200 м³/сут, при суммарной величине - 29360 м³/сут (340,0 л/с).

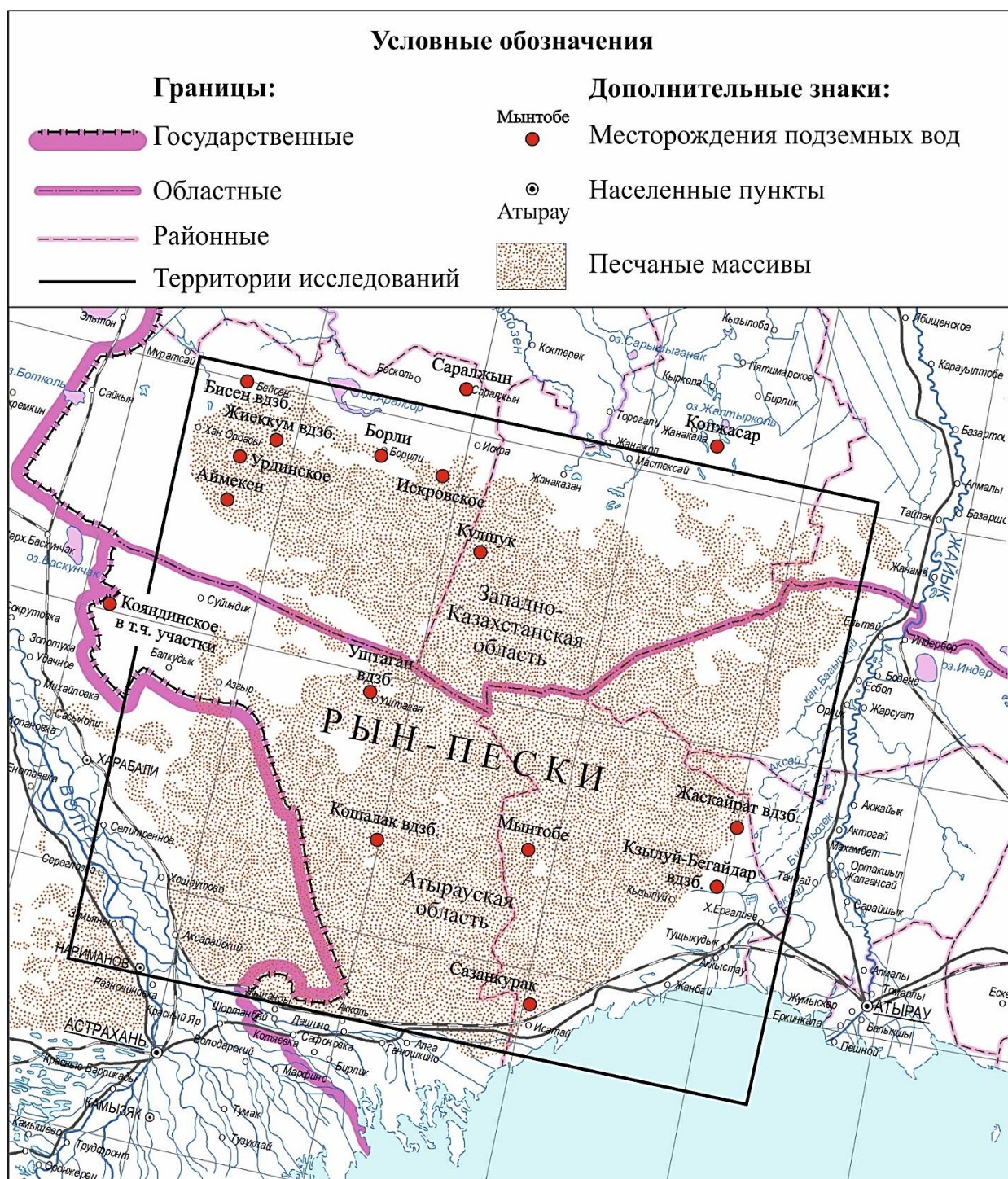


Рисунок 2.4 - Карта-схема расположения месторождений подземных вод на территории песков Нарын

Таблица 2.3 - Разведанные месторождения подземных вод в пределах песков Нарын

Наименование МПВ, участка	Админ. район	Срок экспл. лет	Индекс водон. горизонта	Назначение использ. вод	Минерализация, г/л		Тип вод по хим. составу	Сумм. экспл. запасы, тыс.м³/сут	Инстанция утверждения запасов	№ прото- кола	Дата утверждения запасов
					от	до					
Атырауская область											
Жаскайрат вдзб.	Исатайский	27	$Q_{II}hv-vQ_{IV}$	ХПВ	0,9	0,9	Cl-SO4-Ca	0,004	ГКЗ	789	03.12.2009
Кзылуй- Бегайдар вдзб.	Исатайский	27	$Q_{II}hv-vQ_{IV}$	ХПВ	4,27	4,27	Cl-Ca, SO4- Ca	0,014	ГКЗ	789	03.12.2009
Кошалак вдзб.	Курмангазинский	27	$mQ_{III}hv$	ХПВ	0,7	0,7	Cl-Na-Mg	0,56	ГКЗ	723	15.12.2008
Кояндинское, уч. ОРЗ	Курмангазинский	27	$mQ_{III}hv$	ОРЗ	0,4	4,7	Смешанный	5,0	ТКЗ	312	30.11.1988
Кояндинское, уч. ХПВ	Курмангазинский	27	$mQ_{III}hv$	ХПВ	0,4	4,7	Смешанный	2,2	ТКЗ	312	30.11.1988
Мынтобе	Исатайский	27	$Q_{II}hv-vQ_{IV}$	ХПВ	1,1	1,1	Cl-Ca, SO4- Ca	0,01	ГКЗ	789	03.12.2009
Сазанкурак	Исатайский	25	$3N_2ak+ap$	ПТВ	36	46	Cl-Na	6,1	ТКЗ	442	24.06.1999
Уштаган вдзб.	Курмангазинский	27	$mQ_{III}hv$	ХПВ	1,6	1,6	Cl-Na-Mg	0,02	ГКЗ	723	15.12.2008
Западно - Казахстанская область											
Аймекен	Бокейординский	27	mQ_{I-III}	ХПВ	0,2	0,8	HCO3-Na	17,2	ТКЗ	343	29.06.1990
Борли	Бокейординский	27	$mQ_{III}hv$	ХПВ	0,7	0,7	HCO3-Ca-Mg, Cl-Na	0,1728	ГКЗ	780	04.11.2009
Жиеккум водозабор	Бокейординский	27	mQ_{I-II}	ХПВ	0,7	0,8	HCO3-Ca-Na, SO4-HCO3- Na-Mg, Cl- SO4-Na-Mg	0,1728	ГКЗ	720	02.12.2008
Копжасар	Жангалинский	14	$mQ_{III}hv$	ХПВ	2	2	HCO3-Ca-Mg, Cl-Na	0,04	ГКЗ	780	04.11.2009
Кулшук	Бокейординский	27	mQ_{I-III}	ХПВ	0,4	1	HCO3-Ca-Na	2,1	ТКЗ	366	05.12.1991
Саралжин	Бокейординский	27	$mQ_{III}hv$	ХПВ	1,1	1,1	HCO3-Ca-Mg, Cl-Na	0,1728	ГКЗ	780	04.11.2009
Урдинское	Бокейординский	27	Q_I	ХПВ	1	1	HCO3-Na	6,048	ТКЗ	94	14.11.2013

Выводы по 2 разделу:

– В физико-географическом отношении район исследований охватывает часть Прикаспийской низменности, песчаные массивы, под общим названием пески Нарын. В географо-экономическом отношении, Западный Казахстан является нефтегазодобывающим регионом страны. Крупнейшие в мире разрабатываемые месторождения нефти и газа - Тенгиз, Карашаганак, Кашаган. Также широко развита горнодобывающая, химическая и пищевая промышленность.

– Территория региона характеризуется аридным, разновысотным равнинным типами рельефа с понижением высот с севера, востока и юго-востока в сторону северо-восточного побережья Каспийского моря. В этих же направлениях абсолютные отметки рельефа понижаются от 400-250 м до минусовых, при наличии отдельных низкогорных массивов (Мангыстау) и плосковершинных возвышенностей до 350-550 м высотой.

– Региона расположен в глубине Евразии, вдали от океанов, что обуславливает большую континентальность, засушливость климата. Достаточно равнинный характер его территории определяет довольно выдержанную широтную зональность в распределении тепла, влаги и ее расходования. Это проявляется заметным увеличением с севера на юг количества поступающего тепла и уменьшением атмосферной влаги. Небольшое нарушение такой широтной зональности происходит лишь вблизи Каспийского моря.

– Резкая континентальность и засушливость климата обуславливает бедность территории речным и поверхностным стоком; на южной половине и отчасти на значительной площади междуречья Волга-Жайык и Жайык-Жема (на юге) он отсутствует. Более высокой обеспеченностью речным стоком отличаются северо-восточная и северная части региона.

– Проведенные гидрологические, геолого-геофизические, гидрогеологические исследования в пределах Прикаспийской впадины свидетельствует о достаточной степени ее изученности, и позволяют использовать эти данные для сопоставления с ними полученных результатов настоящей работы, а также для составления картографических материалов.

3 ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА

3.1 Особенности геологического строения

Прикаспийская впадина (ПВ) является глубоко погруженной структурой Восточно-Европейской (Русской) платформы. По геофизическим данным фундамент ПВ на глубинах 20-23 км представлен, по-видимому, субокеанической корой. Формирование впадины связывается с развитием среднедевонского рифта [47-50]. ПВ расчленяется и обрамляется системой трансформленных разломов и приразломных структур надвигового типа. Региональные разломы имеют субширотное и меридиональное направление, выявлены геофизическими работами и разбивают фундамент впадины на крупные блоки.

Платформенный чехол впадины имеет сложное строение и практически повсеместно прорван соляными куполами. Осадочные дислоцированные отложения раннепалеозойского структурно-тектонического комплекса представлены чередованием терригенных и карбонатных накоплений общей мощностью до 6,6 км.

Сейсмостратиграфический анализ и данные глубокого бурения позволили выделить в ПВ подсолевой, солевой и надсолевой комплексы.

Подсолевой комплекс включает доэйфельский и эйфельско-артинский структурные этажи. Артинский комплекс (P_{1ar}), по данным структурного бурения, вскрывается на поверхностях высокоамплитудных поднятий фундамента. Кровля докунгурского палеозоя устанавливается сейсморазведкой на глубинах 7-9 км.

Соленосный комплекс кунгурского яруса (P_{1kg}) при средней мощности 4 км в сводах соляных куполов имеет мощность до 10 км. Между куполами его мощность резко уменьшается до полного выклинивания. В ПВ установлено более 1000 соляных куполов, в т.ч. куполов-гигантов площадью до 2200 км² (Санкебай, Круглый, Челкар).

Верхняя часть гидрохимических осадков (кепрок, надсолевая шляпа) представлена сульфатным комплексом, в котором преобладает гипс серый и белый, иногда бурый, чаще кристаллический, переслаивающийся с ангидритом, известняком, песчаником.

Надсолевой комплекс представлен мелководно-морскими и континентальными накоплениями от верхней перми до неогена суммарной мощностью до 9 км.

Каспийское море рассматривается как часть голоценового внутриконтинентального седиментационного бассейна - остатка обширного Туранского плиоцен - плейстоценового бассейна [51]. Границы этого водоема совпадают с областью распространения морских отложений акчагыла. В доплиоценовых отложениях выработаны бортовые эрозионные уступы высотой до сотен метров. Северокаспийская область ПВ с юга ограничена Мангышлакским порогом и морфоструктурно соответствует шельфовой зоне бассейна.

Структурам ПВ в общих чертах соответствуют одноименная низменность.

Последняя сформировалась в условиях длительных погружений и многократных морских трансгрессий. Бакинская, хазарские, хвалынские и новокаспийские четвертичные, а также современные трансгрессии на низменных побережьях Северного Прикаспия сформировали мощные толщи песчано-глинистых и глинистых сильно засоленных отложений.

3.2 Стратиграфия

В геологическом строении ПВ принимают участие породы фундамента и осадочного чехла. Осадочный чехол складывается тремя комплексами пород: подсолевым, солевым и надсолевым. Для него характерно нарастание мощностей отложений от окраин впадины к ее центральным частям.

Кристаллический фундамент. Фундамент слагают архейские и протерозойские метаморфические породы, вскрытые в районах обрамления - в Волгоградско-Саратовском Поволжье, Актюбинском Приуралье и Западном Примугалжарье. Породы фундамента представлены гнейсами, кварцитами, сланцами, гранитами, сиенитами и диабазами. Верхняя, разрушенная часть фундамента (кора выветривания) имеет мощность около 20 м.

Девонская система (D). Породы доэйфельского возраста изучены на северном и северо-западном обрамлениях ПВ, где они представлены рифеем и распространены в депрессиях кристаллического фундамента. Это песчано-сланцевая толща, в нижней части которой отмечаются эффузивно-осадочные породы основного состава. Девонские отложения также вскрыты в обрамлениях, в Волгоградско-Саратовском Поволжье и юге Оренбургской области. Лучшее всего разрез девона изучен на Пугачевской площади (скв. ОП), представленный преимущественно терригенными отложениями (пугачевская пестроцветная свита). Вскрытая мощность нижнего девона достигает 492 м.

В разрезе *среднего девона (D₂)* выделены отложения эйфельского и живегского ярусов, нижняя часть эйфельского яруса сложена песчаниками и алевролитами, верхняя - известняками и доломитами. В живегском ярусе различаются воробьевские и старооскольские слои, представленные переслаивающимися аргиллитами, алевролитами, песчаниками и известняками. Мощность среднего девона превышает 200 м.

В Пугачевской скважине *верхнего девона (D₃)* представлен франским и фаменским ярусами. Эта толща мощностью до 153 м сложена глинистыми и доломитизированными известняками, доломитами с включениями гипса и ангидрита. Терригенный состав девонских отложений характерен и для юго-восточной окраины впадины. Здесь, на Шошкарской, Кокпектинской и Жанасуйской площадях средний девон представлен толщей основных эффузивов и обломочных пород мощностью более 1188 м. Поздний девон состоит из переслаивающихся конгломератов, гравелитов, песчаников, аргиллитов, мергелей, известняков мощностью около 1600 м.

Каменноугольная система (C). Отложения карбона на разную глубину пройдены скважинами во всех бортовых зонах ПВ. Известны все отделы. *Ранний карбон (C₁)* вскрыт только на юго-востоке (Южный Сазтобе, скв. П-1,1,3) и севере. На юго-восточном борту нижний карбон представлен мощной толщей

терригенных пород турнея, визея и серпухова. Общая наблюдаемая мощность 792 м. На северном борту ранний карбон представлен только тульским горизонтом нижнего визейским и турнейским ярусом. Сложен он терригенно-карбонатными породами мощностью не менее 100 м. Карбонатная толща позднего визея - серпухова из разреза здесь выпадает, что, скорее всего, связано с изменениями мощностей осадков, вызванными локальными осложнениями структурного плана.

Отложения *среднего карбона* (C_2) вскрыты значительно большим числом скважин, чем раннекаменноугольные. Их разрез стратиграфически более полный. Это в основном известняки и доломиты. Терригенные отложения, свойственные нижней части разреза, отнесены к каширскому и верейскому горизонтам. Бурение на западном борту указывает на увеличение мощности терригенных осадков во впадине. Так, на расстоянии 5 км от бортового уступа мощность терригенной толщи верхнебашкирского подъяруса и верейского горизонта увеличивается по сравнению с региональной мощностью этих осадков в Нижнем Поволжье более чем в три раза (с 250 до 930 м). Параллельно с этим возрастает их глинистость.

Отложения *верхнего карбона* (C_3) представлены карбонатными и терригенными отложениями. Первые распространены преимущественно на структурах северо-западной бортовой зоны. На восточном борту впадины верхне-карбоновые отложения представлены известняками, ангидритами, аргиллитами. Терригенные породы преобладают в верхней части разреза. Оренбургский ярус сложен аргиллитами с подчиненными прослоями известняков (мощность 130 м); в гжельском ярусе мощностью 158 м развиты ангидриты и известняки. По мере продвижения к востоку количество карбонатных пород уменьшается, и они встречаются только в основании гжельского яруса.

Пермская система (P). Отложения пермского возраста распространены повсеместно и представлены *ранним* (ассельский, сакмарский, артинский и кунгурский ярусы) и *поздним* (уфимский, казанский, татарский ярусы) отделами.

Нижний пермь (P_1). Ассельские отложения залегают на размывтой поверхности верхнего карбона и представлены преимущественно карбонатными фациями (Волгоградско-Саратовское Поволжье и Южно-Эмбинский район) мощностью до 500 м. В восточной части впадины (Актюбинское Приуралье) они в основном сложены терригенными (песчано-глинистыми) отложениями мощностью от 317 до 820 м. Сакмарские и артинские отложения также преимущественно представлены карбонатными фациями - известняками, доломитами и ангидритами (на западе и севере впадины) мощностью до 280-370 м. Для районов южной части ПВ характерен карбонатно-терригенный разрез (Сарыкум, Тугаракчан) с преобладанием карбонатов. Вскрытая мощность пород достигает 565 м. На востоке (в Актюбинском Приуралье) распространены преимущественно терригенные породы с прослоями карбонатов; общая мощность их достигает 2000 м. Во внутренних районах ПВ сакмарско-артинские отложения скважинами пока не вскрыты. Кунгурский ярус, представленный мощной соленосной толщей, широко развит на территории ПВ. Соленосный

комплекс образует крупные локальные скопления соляных пород мощностью до 10 км, в промежутках между которыми их мощность резко сокращается, вплоть до полного выклинивания. Многочисленные следы течения соляных пород, фиксируемые в керне буровых скважин, резкие перепады мощностей показывают, что современные условия залегания соли определены соляной тектоникой. Первоначально отложения соленосного комплекса имели пластообразную форму и были распространены повсеместно. Их начальная мощность, по данным палеогеологических реконструкций не превышала 5 км и закономерно снижалась к краям солеродного бассейна. В последующие геологические эпохи, в результате погружения соленосных отложений и перекрытия их более молодыми осадками с возрастанием пластовых давлений началось активное пластическое перераспределение соли, что и привело, в конечном итоге, проявлению соляной тектоники. В результате этого процесса в пределах ПВ в настоящее время наблюдается более 1200 соляных куполов.

Верхнепермские отложения (P_2), представленные уфимским, казанским и татарским ярусами несогласно залегают на кунгурских породах и представлены глинами с прослоями ангидритов, гипсов, доломитизированных мергелей и песчаников уфимского яруса. Выше её залегает толща (до 1000 м) переслаивающихся пестроцветных глин, песчаников и мергелей казанского яруса, среди которых во внутренних районах впадины встречаются пачки известняков и мергелей, на западе - прослои каменной соли. Эти породы характеризуют завершение процесса соленакопления. Разрез позднего перми заканчивается мощной толщей татарского яруса. Её нижняя часть песчанистая и состоит из чередующихся пластов песков, алевролитов, песчаников и глин, поздний татарский ярус сложен глинистыми породами с редкими прослоями маломощных песчаников и алевролитов. Мощность яруса достигает 1000-1500 м и более на востоке впадины.

Триасовая система (T). Отложения триаса широко развиты на севере впадины и представлены преимущественно песчано-глинистыми и пестроцветными глинистыми толщами. Они слагают солянокупольные структуры и межкупольные пространства; в ряде мест породы триаса выходят на дневную поверхность. В триасовой системе выделяют нижний и верхний отделы, среднему триасу соответствует перерыв в осадконакоплении.

Отложения *нижнего триаса (T_1)* подразделяются на ветлужскую и баскунчакскую серии. Ветлужская серия имеет распространение в междуречье Волг - Жайык, Южно-Эмбинском районе и в западном обрамлении впадины и представлена в основном глинистыми образованиями, мощность которых соответственно составляет 60, 120 и 300 м. В районе оз. Баскунчак, гор. Богдо и на востоке Прикаспия ветлужскому ярусу соответствуют песчано-глинистые отложения мощностью 150-310 м.

Наибольшая мощность (1775 м) ветлужских глинисто-алевролитовых пород пройдена в центральной части ПВ Аралсорской сверхглубокой скважиной СГ-1. Баскунчакская серия пород почти всюду состоит из песчаных и глинистых образований. В междуречье Жайыка и Волги, на западной и восточной окраинах впадины в разрезе отмечаются также известковистые фации. Мощность

отложений изменяется от первых сотен метров на бортовых участках региона до 1110 м во внутренних его районах. Хотя ранее предполагалось, что разрез триаса неполный и в нем отсутствует средний отдел, в центральной части впадины обнаружены морские известняки и известковистые песчаники *среднего триаса* (T_2) [52].

Верхний триас (T_3) подразделяется на кейперский ярус, имеющий преобладающее развитие, и рэтский ярус, условно выделяемый в районах Южной Эмбы, Эльтона и других. Позднетриасовые отложения внутренних областей впадины представлены преимущественно глинистыми и песчаными образованиями мощностью порядка 500-600 м. Разрезы восточного борта, северной и западной окраин впадины характеризуются в основном глинистым составом, мощности осадков соответственно составляют 200, 130 и 70 м. На Южной Эмбе более широко развиты песчаные породы.

Юрская система (J). Юрский комплекс пород широко распространен на территории ПВ и за её пределами и представлен всеми тремя отделами.

Нижнеюрские (J_1) отложения установлены в Южно-Эмбинском районе и севернее, в восточной половине впадины. На юге междуречья Жайыка и Волги, в Астраханской области и Саратовском Поволжье, нижнеюрские отложения выделяются условно. Разрезы юго-западной части Южно-Эмбинского района и междуречья рек Волги и Жайыка характеризуются песчаным составом пород с прослоями алевролитов и глин. Мощность отложений несколько десятков метров. Осадки нижней юры Саратовского и Астраханского Поволжья, и восточной части впадины обогащены глинистыми породами.

Среднеюрские (J_2) отложения в объеме ааленского, байосского, батского и келловейского ярусов также широко развиты на изучаемой территории. Ааленский ярус в районах Аралсора, Новоузенска и к востоку от р. Жайык сложен глинами с прослоями алевролитов и песчаников мощностью от 20 до 200 м. На остальной территории ааленский ярус выделяется условно. Байосский ярус в западной половине впадины характеризуется переслаиванием песчаных и глинистых осадков, в восточной половине - преимущественно песчаной толщей континентального генезиса. Мощность отложений изменяется от 20 м в бортовых зонах до 200 м в междуречье Жайыка и Волги (Новоузенск, Мастексай). Батский ярус характеризуется более глинистым составом пород. Повышение песчанистости разреза бата отмечается в западном и северном обрамлении и в меньшей мере в ее восточной части, где разрез сложен глинами, алевролитами и песчаниками. Мощность яруса изменяется от 30 до 230 м. Келловейский ярус на большей части впадины сложен довольно однообразной толщей глин, местами с прослоями песчаных пород. Мощность келловей изменяется от 5 до 120 м.

Верхнеюрские (J_3) отложения в составе оксфордского, киммериджского и волжского ярусов также широко развиты на рассматриваемой территории. Оксфордский ярус сложен преимущественно глинистыми породами с прослоями карбонатов. К окраинам бассейна осадки приобретают более грубый состав. К востоку от площади Порт-Артур Оксфорд представлен известковистым песчаником. Мощность оксфордских отложений исчисляется первой сотней

метров. Киммериджский ярус выделяется не везде. Представлен он преимущественно глинами и алевролитами, в меньшей степени карбонатными породами. Общая мощность осадков изменяется от 5 до 90 м. Волжский ярус, широко развитый во впадине, представлен глинами с прослоями горючих сланцев, известняков, песчаников и доломитов. Верхняя часть яруса на северо-западе Жайык-Волжского междуречья сложена песчаниками, в южной и юго-восточной частях междуречья сменяющимися соответственно карбонатными и глинистыми алевролитами. Мощность яруса изменяется от первых десятков до 300 м.

Меловая система (К). Меловые отложения представлены всеми ярусами стратиграфической шкалы, начиная от берриасского и кончая маастрихтским.

Нижний мел (K₁) представлен пятью ярусами: валанжинским, имеющим мощность 100-120 м, сложенного повсеместно песчаноглинистыми отложениями, за исключением Южно-Эмбинского района, где развиты известковистые породы. Причем, к окраинным частям впадины разрез валанжина становится более песчаным. Готеривский ярус представлен в основном глинистыми и песчано-глинистыми образованиями мощностью в несколько метров на обрамлении впадины и до 100 м в междуречье Волги и Жайыка. Барремский ярус внутренних районов имеет глинисто-песчаный разрез, который сменяется в юго-восточной и юго-западной частях на песчано-глинистый, а на западной и восточной окраинах в основном на песчаный. Мощность баррема изменяется от 30 до 100 м и более. Аптский ярус на всей территории впадины сложен преимущественно глинами, в различной степени опесчаненными на её окраинах, мощность отложений колеблется в пределах 200 м. Альбский ярус подразделяется на нижнюю, преимущественно глинистую, и верхнюю, в основном песчаную, толщи пород, суммарная мощность отложений достигает 300 м и более в глубоких мульдах, сокращаясь на куполах.

Верхнемеловые отложения (K₂) довольно широко распространены в пределах впадины и делятся на нижнюю (в объеме сеномана) и верхнюю части, представленные соответственно терригенными и карбонатными породами. Сеноманский ярус центральных районов Жайык-Волжского междуречья слагают в основном глинистые, а бортовые участки впадины песчаные образования. Мощность отложений изменяется от нуля до 100 м. Турон-сангон-кампан и датский ярусы на большей части ПВ представлены в основном карбонатными породами. К бортам впадины среди карбонатных пород увеличивается доля терригенных образований. Наибольшие суммарные мощности карбонатной толщи мела отмечаются в межкупольных зонах, уменьшаясь на куполах и в периферийных участках впадины. Маастрихтский ярус характеризуется глинисто-мергелистым составом осадков. В Аралсорской СГ-1 и в Астраханском Заволжье разрез становится более карбонатным. Мощность Маастрихта колеблется в пределах 100 м, составляя в Аралсорской скважине 228 м.

Палеогеновая система (Р). Палеогеновые отложения ПВ представлены довольно мощной глинисто-мергелистой толщей, среди которой выделяются четыре литолого-фациальных комплекса: а) преимущественно песчаный,

ограниченно распространенный в районе Актюбинского Приуралья и юго-юго-западнее Саратова; б) глинисто-опоково-песчаный, условно выделенный на северо-западной окраине впадины; в) преимущественно глинистый междуречья Жайыка и Волги и юго-востока; г) мергельно-глинистый Волгоградско-Астраханского Поволжья, южной части Прикаспия и Эмбенской нефтеносной области. Общая мощность палеогеновых отложений изменяется от нескольких метров до 1000м и более в глубоких мульдах (Тукбайская и др.).

Неогеновая система (N). Неогеновые отложения, имеющие повсеместное распространение, представлены миоценом и главным образом верхним плиоценом (акчагыльский и апшеронский ярусы). Выходы последних на дневную поверхность отмечаются по бортам впадины и во внутренних ее районах на сводах активных соляных куполов (Баскунчак, Индер и др.). Миоценовые морские образования известны лишь на Тукбайской площади и в некоторых пунктах юго-восточной части Прикаспия. Для пород верхнего плиоцена характерны плащеобразное залегание, незначительная дислоцированность и пестрый литологический состав (глины, пески, алевроиты, мергели, известняки, галька). Исходя из литологического состава и коллекторских свойств породы верхнего плиоцена разделяются на две толщи:

а) мергельно-глинистую, пользующуюся широким горизонтальным и вертикальным развитием и относящуюся к акчагыльскому и нижней части апшеронского яруса;

б) песчано-алевролитовую, относящуюся к апшерону и имеющую повсеместное распространение. Мощность отложений верхнего плиоцена колеблется от нескольких десятков метров и полного отсутствия на ряде соляных куполов и бортовых участках впадины до 700-800 м в межкупольных зонах центральных районов Прикаспия (на территории песков Нарын).

Четвертичная система (Q). Рыхлообломочные современные отложения (морские, эоловые, аллювиальные, озерно-аллювиальные) повсеместно распространены в пределах ПВ. Морские осадочные породы бакинского, хазарского, хвалынского и новокаспийских ярусов представлены песчано-глинистыми образованиями небольшой мощности (от 2-10 до 25 м); на большей части территории ПВ они сильно засолены.

Литологический состав и площадное распространение четвертичных отложений изучаемой территории чрезвычайно важны для гидрогеологических условий прибрежной зоны Каспийского моря. Современная очередная трансгрессия моря значительно повлияла на экологическое состояние земель. Значительные объемы нефтепоисковых работ в прибрежной зоне и связанные с этим повышенные техногенные нагрузки на экосистемы привели к деградации почвенного покрова, существенному загрязнению подземных и поверхностных вод.

Нижнечетвертичные бакинские морские отложения (mQ_{1b}) представлены земно-серыми глинами, нередко с грязно-зеленым оттенком, плотными, жирными, ожелезненными, с кристалликами и друзами гипса. Реже встречаются пески зеленовато-серые, кварцевые, мелкозернистые с тонкими прослоями и линзочками глин. Бакинский возраст этих пород устанавливается

по находкам *Didacna rudis* Nal., *D. catillus* Eichw., *D. parvula* Nal. Мощность не превышает 8-10 м.

Среднечетвертичные хазарские морские отложения (mQ_{IIIh}) представлены серыми, местами с зеленоватым оттенком глинами с обломками *Didacna* ex gr. *crassa* Eichw., *D. pallasii* Eichw., *D. nalikini* Wass., свидетельствующими о хазарском возрасте пород. Выше залегают темно-серые и серые тинистые, мелко - и тонко зернистые, преимущественно кварцевые пески, с большим количеством темноцветных минералов. Мощность 15 м.

Верхнечетвертичные раннехвалынские морские отложения (mQ_{IIIhv_1}) залегают трансгрессивно на нижележащих породах и представлены желтовато-серыми песками супесями и бурыми суглинками. Для отложений хвалынского яруса характерна типично морская фауна: *Didacha* ex gr. *trigonoides* Pall., *D. praetrigonoides* var. *Cristata* Bog., *D. protracta* Eichw. Мощность хвалынских отложений 10-15 м.

Верхнечетвертичные познехвалынские морские отложения (mQ_{IIIhv_2}) сложены плотными, темно-коричневыми неслоистыми суглинками морского происхождения, залегающими трансгрессивно на нижележащих породах и представленные желтовато-серыми песками, супесями и бурыми суглинками. Мощность отложений > 10 м.

Новокаспийский ярус. Отложения представлены морскими и континентальными фациями новокаспийского яруса. Среди континентальных осадков выделяются различные генетические типы - аллювиальные, соровые и дельтовые. На территории распространения новокаспийских морских отложений была установлена граница стадии длительного стояния новокаспийского бассейна (уступ), приуроченная к абсолютной отметке - 25,4 м. на основании чего производилось расчленение их на новокаспийские нижние (Q_{IVnk_1}) и новокаспийские верхние (Q_{IVnk_2}) отложения.

Современные ранне - новокаспийские морские отложения (mQ_{IVnk_1}) представлены песками зеленовато-серыми, темно-серыми, мелкозернистыми, сильно обогащенными глинистым материалом, содержащими *Cardium edule* L. Мощность отложений не превышает 1-2 м.

Современные поздние - новокаспийские морские отложения (Q_{IVnk_2}) представлены морскими и континентальными (аллювиальными) осадками. Морские отложения слагают морскую террасу, и представлены серыми, буровато-серыми мелкозернистыми, преимущественно кварцевыми песками со створками *Cardium edule* L. Мощность от 3 до 6 м, и возрастает в южном направлении на территории, недавно освободившейся из-под уровня моря.

Современные озерно-хемогенные отложения (lhQ_{IV}) (соровые) встречаются в замкнутых понижениях рельефа. Энергичный снос внешними и дождевыми водами со склонов приводит к заполнению котловин суглинистым и супесчаным материалом, в котором накапливается и постепенно пополняется большой запас солей. В жаркую погоду соли вместе с капиллярными водами подтягиваются к поверхности. Постепенно в верхнем слое концентрируются кристаллики соли, перемешанные с частицами субстрата. Сильно засоленные пески, супеси и суглинки имеют. Мощность около 3 м.

Верхнечетвертичные эоловые отложения (vQ_{III}) распространены широко и хорошо изучены. Они развиты в низовьях рек Жема, Жайыка и Волги. Накопления представлены мелкокомковатым, песчано-глинистым материалом бронированным сверху коркой загипсованных глин. Подстилающими являются верхнечетвертичные хвалынские отложения. Мощность 3-10 м.

Верхнечетвертичные-современные эоловые отложения (vQ_{III-IV}) слагают песчаные бугристые, бугристо-ячеистые массивы: пески Нарын на западе и северо-западе. Каракум на востоке территории. Формирование их произошло за счет развивания хвалынских отложений. Пески светло-желтые, светло-серые, зеленоватые обычно мелкозернистые, кварц-полевошпатовые, слабозасоленные. Мощность не более 3-6 м.

Современные эоловые отложения (vQ_{IV}) выделяются сравнительно небольшими массивами, приуроченными чаще всего к побережью Каспийского моря. Сформированы за счет перевевания хвалынских и новокаспийских песчаных осадков. Выделяемые песчаные массивы занимают, как правило, небольшую площадь и сложены мелкозернистыми песками. Мощность 3-10 м.

Современные дельтовые отложения (dtQ_{IV}) слагают дельту р. Жайык, формировавшуюся при максимальной трансгрессии новокаспийского бассейна. Наблюдаются значительно ниже отметки - 22 м. Граница их с морскими отложениями проводится условно, так как в дельтовых образованиях повсюду можно встретить морскую фауну (*Cardium edule L.*) и морские фации осадков. В разрезе преобладают пески и супесчаный материал. Мощность дельтовых отложений достигает 3-6 м.

Современные лиманно-аллювиальные отложения ($lmaQ_{IV}$) образовались в местах разливов вешних вод на протоках. Из-за равнинности территории эти разливы занимают обширные площади со сложными кружевными контурами, особенно, в северо-западной части. Представлены лиманно-аллювиальные отложения серыми плотными суглинками; иногда в них заметна нечетная слоистость. Характерно присутствие большого количества мелких кристалликов гипса, вероятно вторичного происхождения. Мощность отложений не превышает 1,5-3 м.

Современные аллювиальные отложения (aQ_{IV}) слагают высокую пойменную террасу р. Жайык. Эта терраса высотой 4-6 м прослеживается с севера почти непрерывно по обоим берегам р. Жайык. Аллювиальные отложения высокой пойменной террасы сложены светлыми коричневато-серыми разнотернистыми песками, часто косослоистыми с маломощными прослойками бурых глин и суглинков, иногда сильно гумусированных, с пресноводной фауной [53].

Аллювиальные отложения низкой поймы р. Жайык, формировались при стоянии Каспийского моря на уровне - 28 м и продолжают формироваться в настоящее время. Здесь преобладают светло-бурые косослоистые пески с пятнами ожелезнения и с прослойками черного ила. В песках встречаются линзочки серых и коричневых суглинков. Мощность отложений до < 3-10 м.

На всех этапах четвертичной эволюции Северного Прикаспия на разных уровнях Каспийского моря морские отложения покрывались и перемежались с

дельтовыми осадками древних (брошенных) дельт рек Волги, Жайык, Сагыз, Жема. Такая композиция верхнего профиля четвертичных образований региона четко проявляется в морфоструктурных, гидрогеологических и инженерно-геологических условиях.

3.3 Геоморфологические условия

Территория Западного Казахстана в основном равнинная. В ее пределах выделяются [54]:

- Аккумулятивная равнина Прикаспийской низменности;
- Денудационное плато - Урало-Эмбенское, Арало-Тургайское, Устюрт, Южно-Мангышлакское;
- Цокольные денудационные равнины Урало-Мугалжарской складчатой области и обрамления Горного Мангышлака.

Лишь хребты Мугалжарский и Каратау имеют низкогорный рельеф.

Аккумулятивная равнина Прикаспийской низменности занимает внутренние части ПВ. Поверхность ее полого наклонена к центру впадины - в сторону Каспийского моря.

Центральная часть равнины почти не расчленена эрозией и сохранила первичный облик аккумулятивного рельефа. Поверхность ее осложнена большим количеством неглубоких бессточных впадин и слабо врезанных русел временных рек и их притоков, теряющихся в озеровидных понижениях. Некоторые из них имеют тектоническое происхождение. В южной части равнины развиты эоловые образования песчаных массивов (пески Нарын и Прикаспийские Каракумы). Вдоль побережья Каспийского моря протягивается узкой (10-25 км) полосой низкая нерасчлененная равнина, сложенная новокаспийскими осадками и слабо наклоненная в сторону моря. Поверхность ее осложнена сорами, лиманами и редкими неглубокими балками. Эту равнину пререзают реки Жем и Жайык, к дельтам которых приурочено большое количество гряд и удлинённых возвышенностей - «бэровских бугров», которые, вероятно, являются останцами хвалынской поверхности денудации.

В северо-восточной и восточной частях равнины формы рельефа пологоволнистые с чередованием пологих водоразделов и неглубоких ложбин, заканчивающихся озерами, сорами и лиманами. Такие формы рельефа связаны с деятельностью рек, стекающих с Урало-Эмбенского плато и впадавших раньше в древний Каспий. В результате эоловой переработки дельтовых отложений этих рек образовались равнинные песчаные массивы Тайсойган, Бийрюк и др.

Денудационный рельеф в Прикаспийской низменности встречается редко и приурочен только к участкам интенсивного проявления соляной тектоники, вызвавшей значительную денудационную переработку или уничтожение в сводах солянокупольных структур рыхлых отложений (Индер, Шелкар, Эльтон, Баскунчак, Азгир, Бисчохо, Кошалак, Караозек, Мынтобе). Относительное превышение денудационных бугров над равниной достигает 10-20, а местами 40-50 м. В ряде мест эти участки осложнены проявлениями гипсового карста (карровые гряды, воронки, провалы).

Неоднократные морские трансгрессии в пределы низменности оставили по

ее краю уступы различной высоты и наклона:

- на юге это высокие и крутые обрывы - чинки, ограничивающие плато Устюрт и Тюб-Караган, а также крутые склоны Актау на Мангышлаке;
- на севере - сравнительно пологий склон - Предсыртовый уступ.

В частности, на чинке Тюб-Карагана морские трансгрессии образовали террасы, располагающиеся над морем на следующих высотах: современная 1-2 м, новокаспийская 5 м, позднехвалынская 10-13 и 26 м, раннехвалынская 36-38, 42-43, 41-51, 61-62 м, бакинская 90 м и акчагыльская 114-124 м [54, с. 81].

Выводы по 3 разделу:

– ПВ является глубоко погруженной структурой Восточно-Европейской (Русской) платформы. По геофизическим данным фундамент ПВ на глубине 20-23 км.

– Платформенный чехол впадины имеет сложное строение и практически повсеместно прорван соляными куполами. Осадочные дислоцированные отложения раннепалеозойского структурно-тектонического комплекса представлены чередованием терригенных и карбонатных накоплений общей мощностью до 6,6 км. Сейсмостратиграфический анализ и данные глубокого бурения позволили выделить в ПВ подсолевой, солевой и надсолевой комплексы.

– В геоморфологическом отношении территория Западного Казахстана в основном равнинная. Аккумулятивная равнина Прикаспийской низменности занимает внутренние части ПВ. Центральная часть равнины почти не расчленена эрозией и сохранила первичный облик аккумулятивного рельефа. Поверхность ее осложнена большим количеством неглубоких бессточных впадин и слабо врезанных русел временных рек и их притоков, теряющихся в озеровидных понижениях. Некоторые из них имеют тектоническое происхождение. В южной части равнины развиты эоловые образования песчаных массивов (пески Нарын и Прикаспийские Каракумы). Поверхность ее осложнена сорами, лиманами и редкими неглубокими балками. Денудационный рельеф в Прикаспийской низменности встречается редко и приурочен только к участкам интенсивного проявления соляной тектоники, вызвавшей значительную денудационную переработку или уничтожение в сводах солянокупольных структур рыхлых отложений.

4 ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА

Подземные воды ПВ и ее южного обрамления отличается большим разнообразием размещения, производительности, гидродинамических и гидрохимических особенностей и условий формирования. Они обусловлены главным образом структурным и гипсометрическим положением водоносных отложения, их литолого-фациальным составом и степенью гидрогеологической закрытости. Изучению подземных вод артезианского бассейна ПВ, представляющей собой гидрогеологическую структуру первого порядка, посвящено большое число работ (У.М. Ахмедсафин [55-58]; У.М. Ахмедсафин, Ж.С. Сыдыков и др. [59]; В.А. Бочкарева, Ж.С. Сыдыков и др. [60, 61]; В.А. Бочкарева, Мухамеджанов [62]; Гидрогеология СССР, т. XXXV. Западный Казахстан [54]; Д.А. Джангирьянц и др. [63]; Л.М. Зорькин [64]; Л.М. Зорькин и др. [65-68]; Г.Н. Каменский [69]; Г.Н. Каменский, И.В. Гармонов [70]; Б.И. Куделин [54]; Е.Н. Пермьяков [54]; М.П. Распопов [54]; В.С. Самарина [54]; А.И. Силин-Бекчунин [54]; Л.В. Славянова, М.С. Голицын [71]; Ж.С. Сыдыков [72-74]; В.Б. Торгованова [75, 76]; В.П. Якуцени [77]; И.Б. Дальян [78, 79]).

Однако, следует отметить, что сведения по гидрогеологии, особенно по глубоким горизонтам, все еще ограничены и пополняются только лишь за счет материалов по глубоким скважинам, которые закладываются в связи поисками нефтегазовых месторождений. Причем, полнота и качество получаемых данных напрямую зависит от совершенства техники и технологии бурения и гидрогеологического опробования скважин. В этой связи новые материалы удалось получить в основном в районах прибортовых частей впадины, где более доступна глубина залегания водоносных образований и сравнительно меньше мощность водовмещающих отложений.

4.1 Региональное гидрогеологическое районирование

Наиболее крупной таксономической единицей гидрогеологического районирования является *гидрогеологический регион* - система бассейнов напорных и безнапорных подземных вод, которая объединяется общностью тектонической, гидрогеодинамической и емкостной характеристик структур. Территория исследований входит в состав Восточно-Европейского (III) гидрогеологического региона. Регионы делятся на *провинции или бассейны первого порядка*, представляющие собой сложные бассейны подземных вод, включающие напорные и безнапорные воды. На территории исследований выделяется Прикаспийский (III-8) гидрогеологический бассейн первого порядка. Таксономическими единицами второго порядка являются *подпровинции или бассейны напорных подземных вод*. На территории выделен гидрогеологический бассейн второго порядка: Северо-Каспийский (III-8А) (рисунок 4.1), по которому приводится описание четвертичных водоносных горизонтов и подстилающих водоупорных толщ.

Северо-Каспийский бассейн (III-8А) - пластовых и блоково-пластовых напорных вод располагается севернее акватории Каспийского моря, занимая северо-западную часть ПВ. Северной границей служит Тепловско-Токаревская

ступень, юго-восточной - Эмбинский шов, отделяющий ПВ от Туранской плиты, южной - акватория Каспийского моря, западной - Волгоградская флексура, восточная условно проводится по распространению кайнозойского осадочного чехла.

С поверхности залегают четвертичные песчано-глинистые отложения трансгрессий Каспия. Они подстилаются комплексом пород различного возраста - от неогеновых до пермо-триасовых.



Рисунок 4.1 - Карта-схема гидрогеологического районирования территории Прикаспийской впадины

Характерно наличие многочисленных соляных куполов. Долины рек выполнены средне-верхнечетвертичными аллювиальными и верхнечетвертичными аллювиально-дельтовыми отложениями. Широко развиты массивы золотых песков с грядово-барханным рельефом.

В целом это многоярусный артезианский бассейн, структурное строение которого осложнено большим количеством соляных куполов, определяющих разнообразие условий залегания, питания и движения подземных вод во всех надсолевых породах. Подземные воды приурочены к четвертичным, плиоценовым, меловым, юрским, триасовым и палеозойским породам.

4.2 Водоносные горизонты и комплексы

В соответствии с теоретическими принципами структурно-гидрогеологического районирования и методов гидрогеологической стратификации разреза артезианского бассейна ПВ, разработанного в Институте гидрогеологии и гидрофизики Ж.С. Сыдыковым (1972 г., 1971 г., и др.) рассмотрена гидрогеологическая стратификация рассматриваемой территории.

Гидрогеологическое расчленение разреза произведено с учетом особенностей структурно-гидрогеологического строения артезианского бассейна, степени литогенеза и диагенеза водовмещающих отложений на следующие соподчиненные гидрогеологические стратиграфические единицы: гидрогеологический этаж - гидрогеологическая серия - водоносный комплекс - водоносный горизонт и слой. В ПВ представлены водовмещающие породы всех пяти гидрогеологических этажей. Однако, как уже отмечалось, водоносность первых двух и нижней части третьего гидрогеологического этажа, особенно в центральной части впадины, почти не изучена. Более или менее значительные гидрогеологические данные, получены по краевым обрамлениям впадины [80-88] и характеризуют гидрогеологические условия бассейна начиная с формирования гидрогеологических серий верхнего девона - нижнего карбона и выше. В связи с этим описание подземных вод дано начиная с третьего гидрогеологического этажа.

4.2.1 Подземные воды третьего гидрогеологического этажа

Верхние горизонты доверхнедевонских осадочных отложений в краевых частях ПВ, по геологическим данным, залегают на глубине 5-10 км [82]. В них содержатся подземные воды с минерализацией не менее 350-400 г/л. Об этом свидетельствуют, в частности, подземные типично хлоркальциевые рассолы с концентрацией от 380 до 478 г/л, полученные из глубоких скважин при вскрытии толщи нижней перми в Шалкарском и Макатском куполах. Эти рассолы нехарактерны для названных отложений и, по-видимому, попали в них, может быть даже в несколько разбавленном виде, из нижележащих доверхнедевонских пород, поднявшись по тектоническим разломам.

Вышележащий *карбонатно-осадочный комплекс гидрогеологической серии верхнего девона - нижнего карбона* по степени дислоцированности и литификации, образует единую взаимосвязанную водоносную формацию. Отложения комплекса выходят на дневную поверхность лишь на западном склоне горноскладчатых систем Уралтау - Мугалжар. В краевых обрамлениях Прикаспийской синеклизы они погружены на значительную глубину и вскрываются только нефтеразведочными скважинами в ряде структур в северной и юго-восточной прибортовых зонах.

Лучше всего подземные воды данной серии изучены в северной прибортовой зоне, где вскрываются многочисленными скважинами на Щучкинской (Г-1), Карповской (Г-2) и Чинаревской (П-2) площадях Тепловского вала Карачаганак-Кобландинской нефтегазоносной зоны. Высоконапорные подземные воды вскрыты здесь на глубинах 3565-4112 м в нижнекарбоновой части и разреза до 4060-4318 м - в позднедевонской.

Минерализация вод изменяется от 261 до 386 г/л при хлорнатриевом составе хлоркальциевого (III-а) типа. Очевидно, эти воды существенно разбавлены технической водой бурового раствора. Об этом свидетельствует, в частности, очень высокий хлорнатриевый коэффициент (0,64-0,92), совершенно не характерный для несоленосной водоносной толщи. Там, где они предположительно разбавлены, например, в более верхних горизонтах Чинаревской площади (3875-3920 м), оказались высокоминерализованными (386,3 г/л) при хлормagneиевом составе с низким хлорнатриевым коэффициентом (0,16). А вот на Карповской площади примерно с такого же интервала глубины (3876-3910 м), пластовый рассол, предположительно, значительно разбавленный (хлорнатриевый коэффициент 0,91), имеет явно хлорнатриевый состав и низкую минерализацию, такой же разбавленный хлорнатриевый рассол, полученный на Щучкинской площади даже на большой глубине (4147-4318 м), имел еще меньшую минерализацию - 252 г/л [80, 81]. Пластовые воды зоны насыщены УВ газами и легкими редкими составляющими при общей газонасыщенности вод от 320 до 1520 н.см³/л при общей упругости от 87-126 (на глубине 3680-3910 м) до 460-624 ата (4020-4070 м). В составе вод определены микроэлементы (мг/л): калий (от 812 до 20413), йод (3-25), бром (120-906), бор (41-103), аммоний (116-630).

Гидрогеологическая серия верхнедевонско-нижнекарбоновых отложений (D₃-C₁), главным образом в ее терригенной части, вскрыта скважинами в юго-восточной (нефтегазоносные площади Жилансай, Кожасай, Боржер, Тортай, Биикжал и др.) в интервалах глубин 930-5290 м и в южной (площади Жанасу, Туресай) в интервалах 1850-3200 м. минерализация их на этих площадях составляет соответственно 165-182 и 158-183 г/л при повсеместном хлорнатриевом составе, по В.А. Сулину [83], хлоркальциевого (III-б) типа. В их составе были определены (мг/л): йод (3-4), бром (50-162). К северу и северо-западу - в Каратон-Тенгизской зоне в карбонатной толще гидрогеологической серии III этажа в интервалах 4485-5518м получены воды с минерализацией 250-270 г/л хлоркальциевого типа с бромом до 400 мг/л и йодом до 10 мг/л. Дебит скважин колеблется от 0,02 до 10 л/с.

Гидрогеологическая серия карбонатных отложений *среднего карбона (C₂),* аналог 11-й серии, широко развита в восточной части впадины и изучена в Жанажол-Кенкиякской зоне и в северной части Коздысайской ступени. Здесь она представлена двумя горизонтами (верхним и нижним) карбонатных пород, разделенных аргиллитами и плотными карбонатами в интервалах глубин от 3130 до 5180 м. При опробовании скважин в этих горизонтах получены пластовые воды соответственно 92,5-178,9 и 80,9-192,1 г/л с температурой 50-67 и 56-99 °С, газонасыщенностью 1290-9000 и 5000-5300 н.см³/л. При удалении от контура нефтегазоносности значение этого показателя уменьшается до 1000-800 и менее н.см³/л. Воды всюду высоконапорные, при вскрытии устанавливаются на глубине 40-160 м ниже устья скважин. Дебиты скважин изменяются от 50 до 395 м/сут. В составе вод определены (мг/л): йод (4,6-36,1), бром (14-170), аммоний (30-300) и стронций (50-463).

Гидрогеологическая серия карбонатно-терригенных отложений средне-

верхнего карбона - ранней перми ($C_{2-3}-P_1$) вскрыта скважинами в северной, юго-восточной прибортовых частях и на Южно-Эмбинском поднятии.

В северной прибортовой части впадины карбонатные отложения *средне-верхнего карбона* (C_{2-3}) с прослоями песчаников, аргиллитов и гипса изучены на карповской, Щучкинской, Чинаревской, Тепловской и Уральской структурах на глубинах 2808-4075 м при опробовании скважин повсеместно получены хлорнатриевые воды хлоркальциевого (III-б) типа с минерализацией 170-388 г/л с высоким хлорнатриевым коэффициентом (0,72-0,92). Исключение составляют подземные рассолы Чинаревской площади (388 г/л) с явным хлормagneиeвым составом и низким хлорнатриевым коэффициентом (0,11). В их составе обнаружены (мг/л): калий (795-18340), бром (105-745), йод (4-15,2), аммоний (81-600). В составе растворенного газа преобладает метан (77-78,7 %), а его высшие гомологи составляют 2,0-16,7 %, азот и редкие газы 4-50 %. Газонасыщенность вод изменяется от 166 до 1165 н.см³/л при упругости газов 37-415 ата.

В юго-восточной части впадины высоконапорные воды из толщи трещиноватых известняков средне-верхнего карбона опробованы в пределах Жанажольского месторождения в интервале глубин 3020-3050 м. их минерализация сравнительно невысокая (83,5 г/л), состав хлорнатриевый с довольно высокой сульфатностью (около 60 мг-экв/л). В них определены (мг/л): йод (21,8), бром (94,3) и аммоний (135).

В южной прибортовой части впадины умеренно крепкие рассолы (155-173 г/л) хлоркальциевого типа опробованы в отложениях верхнего карбона на площадях Торесай и Жана-су из верхнедевонских гравелитов и конгломератов. Так, в скв. 11 пл. Жана-су на глубине 2120-2160 м получены высокоминерализованные хлоридные натриевые рассолы хлоркальциевого типа с минерализацией 173 г/л. На пл. Туресай на глубинах 1850-3201 м из этих же отложений были получены аналогичные воды с минерализацией 158-186 г/л. И только в последние годы при расширении геолого-поисковых работ на подсолевые отложения на пл. Каратон на глубинах 4485-5149 м и 4486-5518 м соответственно были получены притоки пластовых вод верхнедевонско-нижнекарбонового водоносного комплекса. Дебиты воды в скв.3 изменялись в широких пределах - от 1,8 до 396 м³/сут при величине пластовых давлений 85-91 МПа. В скв. 5 воды комплекса испытаны в двух объектах, водоприток из которых составили 17,2-17,7 м³/сут, при пластовых давлениях 84-94 МПа. Полные химические анализы вод из этих объектов произвести не удалось из-за малого объема извлеченной глубинным пробоотборником пластовой воды. В материалах испытания имеются лишь сведения о замерах плотности рассолов ареометром (1,138-1,140 г/см³). В скв. 7 этой же площади в интервале 5021-5028 м) также получены притоки пластовых вод с минерализацией 249,3-251,2 г/л сульфатонатриевого типа.

В целом подземные воды описываемого водоносного комплекса остаются слабо изученными. А пока можно констатировать, что это преимущественно хлоркальциевые рассолы с минерализацией более 250 г/л. Коэффициент метаморфизации их (r_{Na}/r_{Cl}) повсеместно близок единице (0,96-0,97). От

вышележащего водоносного комплекса отделяется практически непроницаемыми карбонатно-глинистыми отложениями тульского горизонта.

Водоносный нижнекаменноугольный терригенный комплекс (C₁) изучен на площадях Равнинная, Тортай, Молодежная и представлен переслаиванием песчаников, аргиллитов, алевролитов и глин. Песчаники имеют пористость от 4,8 до 12 % и являются коллекторами. Вверх по разрезу комплекс представлен глинисто-карбонатными породами, максимальная вскрытая мощность комплекса достигает 540 м (скв. 15 Тортай).

В скважинах 3, 4, 7, 14, 15, 21 и 22 на пл. Тортай получены небольшие притоки пластовых вод с дебитом порядка 1,2-7,5 м/сут. Однако несмотря на низкие дебиты в большинстве скважин отмечались переливы вод на устье и лишь в скв. 4 статический уровень установился на глубине 643-948 м ниже поверхности земли. Величины пластовых давлений изменяются от 40,6 МПа (скв. 4, интервал 3280-3286 м) до 55,4 МПа (скв. 22, интервал 3192-3196 м).

В разрезе песчано-глинистых раннекаменноугольных отложений на площади Терескен в интервале глубин 2019-3825 м установлено 17 водоносных горизонтов, а на площади Вост.Тортколь (восточный борт ПВ) в интервале 3448-3980 м - 9 водоносных горизонтов мощностью 10-77 м, приуроченных к прослоям слабосцементированных конгломератов и песчаников с высокими фильтрационными свойствами. Открытая пористость их составляет 18-22 %, а проницаемость - до 350.

В отличие от других районов ПВ в химическом составе подземных вод южной и юго-восточной части бортовой зоны отмечается значительная «пестрота» и резкие колебания в значениях минерализации пластовых вод. Это прежде всего можно объяснить некачественным опробованием пластов при испытании скважин. Если, анализ достоверности опробования и чистоты анализов подтверждается, то не исключено, что причиной резких скачков минерализации в сторону уменьшения может служить так называемая гидрохимическая инверсия. Она, как будет показана ниже при рассмотрении условий формирования химического состава подземных вод и образовании залежей УВ становится дополнительным поисковым критерием.

Водоносный ниже-среднекаменноугольный карбонатный комплекс (C₁-C₂) опробован в скважинах на площадях Кордуан (П-52), Южно-Молодежная (П-1) и Каратон (скв. 3 и др.). Водовмещающими отложениями повсеместно являются известняки.

Пластовые воды комплекса на пл. Каратон в скв. 3 опробованы в интервале 3930-4136 м, а в скв. 5 на глубине 3923-4312 м. Полученные водопритoki изменяются в довольно широких пределах: от единиц до 170 м/сут при пластовых давлениях 74-81 МПа. Минерализация подземных вод на Каратонской площади изменяется от 207 до 391 г/л при значении $K_m = 0,99$ имеют повышенное содержание сульфатов. Так коэффициент сульфатности изменяется от 1,14 до 2,34, содержание микрокомпонентов в водах низкое. В скв. П-52 пл.Кордуан в интервале 4130-4200 м вскрыты пористые известняки ($K_n = 0,4 - 15,8 \%$), причем наивысшего значения пористости тяготеют к зонам развития АВПД (аномально пластовых давлений). Так в интервале 4186-4197 м замеренное пластовое

давление составило 622 атм. (коэффициент аномальности $> 1,3$). Гидрогеологически водоносный комплекс на пл. Кордуан оказался опробованным лишь в верхней части - в отложениях среднего карбона. Здесь, в интервале 4176-4187 м и 4187-4197 м соответственно были получены рассолы хлоркальциевого типа с минерализацией 129,9 и 137,2 г/л. Коэффициент метаморфизации составляет 0,63-0,65.

В скв. П-1 на пл. Южно-Молодежная водоносный комплекс вскрыт на глубине 3110-3492 м и представлен только средним карбоном башкирского яруса.

Водонасыщенная часть комплекса сложена пачкой разноцветных крепко сцементированных гравелитов. В нижней части он сложен плотными массивными известняками, являющимися хорошим водоупором для нижележащего нижнекаменноугольного терригенного комплекса. Подземные воды комплекса получены в интервале 2995-3151 м. По расчетам приток пластовой воды с небольшим выделением газа, без признаков нефти составил 684 м³/сут, при динамическом уровне 1500 м. Соленость пластового флюида составила 18⁰ Ве, по химсоставу вода, по-видимому, относится к хлоркальциевому типу.

В целом, подземные воды данного водоносного комплекса представляют такие же крепкие рассолы с минерализацией от 200 до 400 г/л ($K_m = 0,99$), обладают повышенной сульфатностью ($K_c = 1,14-2,34$), с высоким содержанием специфических микрокомпонентов. В составе водорастворенных газов преобладает метан (от 41 до 86 %) и азот (11,5-42,0 %) с довольно большим содержанием сероводорода (до 17 %), достигавшего концентраций 4000 мг/л.

Водоносный средне-верхнекаменноугольный карбонатный комплекс (C₂-C₃) изучен на структурах Равнинная, Молодежная, Тортай. Карбонатные отложения представлены известняками, доломитами с прослоями песчаников, аргиллитов. Подземные воды опробованы в скв. 2 на пл. Равнинная в интервалах 3512-3524 м и 3537-3552 м. В первом случае водоприток составил всего 4,2 м/сут, во втором 11,5 м/сут при замеренных пластовых давлениях 37,5 и 43,2 МПа соответственно. Еще глубже, в интервале 3582-3595 м водоприток составил 2,8 м³/сут при пластовом давлении 43,2 МПа. В скв. 3 на этой же площади в интервале 3260-3266 м получен приток пластовой воды с дебитом 160 м³/сут с пленками нефти, причем статический уровень располагался на глубине 910 м, а соленость воды была очень низкая (8,4 г/л) при гидрокарбонатном натриевом типе и наличием сульфатов ($K_m = 1,13$; $K_c = 11,8$). Содержание микрокомпонентов также низкое. По-видимому, данная проба имеет примесь технической воды и нуждается в проверке.

Подземные воды пл. Равнинная (скв. 3, интервал 3260-3266, 3282-3291, 3250-3260 м) были проанализированы на предмет содержания в них водорастворенных органических веществ (ВРОВ); в них обнаружены: битумы нейтральных кислот - от 0,6 до 17,6 мг/л, органический углерод (нелетучий) - до 48 мг/л, спирторастворенные органические вещества (ОВ) - фульвиокислоты - 14 мг/л, и ароматические УВ - 4 мг/л. Перечисленные компоненты являются прямыми гидрогеохимическими показателями наличия залежей нефти. Более

подробно о ВРОВ подземных вод будет рассмотрено позже, в разделах, посвященных анализу поисковых гидрогеохимических показателей.

Водоносный нижнепермский терригенный и карбонатный комплекс ($P_{1ar+s+a}$) изучен на большинстве площадей рассматриваемой территории. Нижнепермские терригенные отложения представлены переслаиванием песчано-алевритовых и глинистых пород, изредка встречаются гравелиты и конгломераты. Карбонатные отложения представлены преимущественно органогенными известняками с прослоями доломитов и реже ангидритов. Наиболее изучен в гидрогеологическом отношении артинский ярус. Глубина залегания водоносного комплекса изменяется в весьма широких пределах и колеблется от 2200-2400 м (на пл. Тортай. Молодежная) до 3650-5000 м (пл. Каратон, Кордуан, Тенгиз, Шолькара, Биикжал и др.).

По своему химическому составу подземные воды преимущественно хлоркальциевые с минерализацией 148-290 г/л. Коэффициент метаморфизации изменяется от 0,85 до 0,99. Коэффициент сульфатности варьирует от 0,23 до 1,64. Содержание специфических микрокомпонентов также изменяется в весьма широких пределах. Материалов, характеризующих сакмарские и ассельские отложения южной части ПВ очень мало, т.е. практически данные отложения здесь мало изучены, поэтому суждение о них может производиться только на основе аналогий с более освещенными участками рассматриваемой территории.

Водоносный нижнепермский сульфатно-терригенный кунгурский комплекс (P_{1k}). На денудированной поверхности подсолевых отложений ПВ залегает мощный комплекс гидрохимических осадков кунгурского яруса нижней перми, представляющий главный региональный водонефтегазоупор, обеспечивающий надежную изоляцию подсолевых горизонтов и образовавшиеся в них залежи УВ от влияния поверхностных факторов. Как уже отмечалось в предыдущей главе мощность соленосных пород сильно меняется от бортовых зон к центральным; кроме того, соляная тектоника также значительно перераспределяет соляные массы в межкупольных зонах. Однако, там, где мощности соляных пород достаточно большие и выдержанные в пределах структур, в толще однородных эвапоритовых осадков встречаются сульфатно-терригенные прослои и линзы, являющиеся водоносными и заключают в себе высокоминерализованные подземные воды. Минерализация их очень высока. Например, межкристальная рапа в иренском и филипповском горизонте северной бортовой зоны ПВ имела минерализацию свыше 470 г/л. Аналогичные горизонты в южной и юго-восточной части впадины заключают в себе рассолы хлоркальциевого типа с минерализацией 246-275 г/л (скв. 4, пл. Шолькара); это типичные хлоркальциевые рассолы, обогащенные микроэлементами. В отдельных случаях, как это имеет место в ряде структур северной и восточной бортовых частей ПВ, концентрации этих элементов могут достигать промышленных кондиций и возникает возможность эксплуатации т.н. промышленных вод - надежного источника многих редких и рассеянных элементов, галогенов и ценных химических соединений, и солей.

Подземные воды гидрогеологической серии лагунно-континентальных отложений средней перми - нижнего триаса (P_2-T_1) вскрыты во впадине

множеством скважин как в пределах куполов, так и межкупольных зон [64, 77, 84, 85-88]. Водоносность серии наиболее полно изучена в восточной прибортовой части впадины, где установлен ряд водоносных комплексов и горизонтов. Подземные воды здесь большей частью приурочены к отложениям верхней перми и верхней и нижней частям нижнего триаса.

Водоносный среднепермский комплекс (P_2) повсеместно распространен в восточной части ПВ и вскрывается глубокими скважинами в присводовых и крыльевых участках соляных куполов и в межкупольных зонах, где он состоит из многочисленных горизонтов и линз мощностью от 3-5 до 30-50 м. Основные водонефтегазоносные коллекторы заключены в песчано-гравелитовых и песчано-алевролитовых пачках татарского и реже казанского ярусов. Подземные воды залегают на глубинах 250-270 м в присводовых частях куполов и, по мере удаления в сторону межкупольных зон, она увеличивается до 750 - 850 м и более. Воды часто обладают напором, поэтому статические уровни их в скважинах располагаются на уровнях от 23-35 до 160-197 м ниже устья. Однако, несмотря на значительную обводненность верхнепермских отложений величины дебитов скважин низкая, что объясняется невысокими фильтрационными способностями водовмещающих отложений (0,1-0,6 л/с).

Воды комплекса обогащены разнообразными микрокомпонентами, характерными для типичных нефтяных вод.

Водоносный нижний нижнетриасовый комплекс (T_1^1) приурочен к песчаниково - конгломератовой толще нижней части нижнего триаса и представлен чередующимися мелко- и среднегалечными конгломератами, гравелитами, разнотернистыми песками и песчаниками, алевролитами и известковистыми глинами в нижней части и мелко- и среднетернистыми слабуглинистыми песками, известковистыми песчаниками, алевролитами и песчаными глинами в верхней.

Коллекторские свойства водовмещающих пород водоносного комплекса в целом весьма разнообразны и ухудшаются в западном направлении. Величина общей и открытой пористости при этом изменяется соответственно от 8-32,1 % и 5-24 %, то на западных структурах она составляет соответственно 9-25 % и 7-22 %, проницаемость пород изменяется от 25-30 до 250-300 мД.

Химический состав вод комплекса имеет весьма пеструю характеристику, хотя в целом это хлоридные натриевые рассолы хлоркальциевого типа. Минерализация вод также колеблется в весьма широких пределах от 7,5 до 180-283 г/л. Здесь, по-видимому, сказывается влияние соленосных отложений, которые имеются в разрезе и в результате солянокупольной тектоники и нарушения породы подземные воды могут по разломам смешиваться водами более высокой минерализации.

Водоносный верхний нижнетриасовый комплекс (T_1^2) установлен на многих солянокупольных структурах, но лучше всего изучен в восточной прибортовой части впадины, где он вскрывается в периклинальных обрамлениях Мортукской, Кокжидинской, Кенкиякской и др. структур. Водоносный комплекс приурочен к отложениям акжарской свиты нижнего триаса и отделяется от нижнего комплекса толщей глинистых отложений мощностью 80-133 м.

Водоносные горизонты заключены в пачках песчаников и песков мощностью от 8-10 до 20-25 м, прослеживаясь повсеместно в основании и кровле водоносного комплекса. С нижним водоносным комплексом связаны нефтяные залежи. Глубина залегания подземных вод здесь изменяется от 260-425 м до 560-680 м, а в межкупольных прогибах глубже (700-900 м). Воды часто обладают напором и статические уровни их в скважинах устанавливаются на глубинах 21-63,7 м ниже поверхности земли. Дебиты скважин при понижениях до 100 м составляют порядка 0,3-5,0 л/с. минерализация вод изменяется от 37,8 - 55,5 до 78-101,8 г/л. По химическому составу воды в основном хлоридные натриевые с невысокой степенью метаморфизации ($K_m = 0,91-0,98$), слабо сульфатные ($K_c = 1,9-6,5$). Содержания микрокомпонентов в водах варьирует в небольших пределах (мг/л): йода - от следов до 14,2; брома - от 7,35 до 54,6; бора - от сл. до 30,4; аммония - от 1 до 45-90; калия - от 8,3 до 214,6; лития - от 0,9 до 1,5; стронция - от 43,9 до 60,1.

На Южной Эмбе отложения триаса вскрыты скважинами почти на всех куполах, а также в Дангарской, Доссор-Макатской межкупольных депрессиях и западнее купола Кульсары. Здесь в разрезах нижнего триаса выделяются песчаниково-конгломератовая, песчаноглинистая и известняково-глинистая толщи, первая из них - водоносная, остальные имеют отдельные маломощные прослои песков и песчаников. Выше залегает мощная водоносная песчано-галечниковая толща верхнего триаса. Все они рассматриваются как единый водоносный комплекс, в котором водовмещающие отложения представлены средне- и мелкозернистыми песчаниками, и песками с гальками, прослоями и линзами известковистых глин и конгломератов. Суммарная мощность комплекса составляет 70-100 м. Число и мощность песчаных прослоев уменьшается по мере приближения к Южно-Эмбинскому погребенному поднятию. Общая пористость их достигает 24-35 % при изменении проницаемости от 100-300 мД (песчаники) до 400-600 мД (песчаниково-конгломератовая толща). Дебиты скважин 1-2 л/с, местами при самоизливе достигают 5 л/с. Глубина залегания кровли водоносного комплекса изменяется от 150-750 м на куполах до 1150-2734 м и более в межкупольных зонах.

В западной зоне (за р. Жайык) водоносный комплекс имеет широкое распространение, но гидрогеологическая изученность его здесь связана только с небольшим числом данных по площадям Порт-Артур, Эршансор, Болганмола, Акмай-Ушкультас, Западный Баксай, Шунгайская межкупольная депрессия и др., некоторые сведения имеются по приграничной с Россией зоне по площадям Паромнинская, Тингутинская, Ленинская, Бешкульская и др., где освещены горизонты нижнего триаса, приуроченные к прослоям и пачкам алевролитов, песчаников, песков, известняков в песчано-глинистой и песчано-аргиллитовой толщах веглужского яруса и отдельным пачкам известняков, известковистых песчаников и алевролитов терригенно-карбонатных отложений баскунчакского яруса, открытая пористость песчаников - 6,97-10,23 %, алевролитов - 10,6 %, проницаемости - 40 мД.

Глубина залегания подземных вод в куполах и межкупольных депрессиях колеблется от 395-935 до 1600-3200 м и более. По химическому составу воды

преимущественно хлоридные натриевые хлоркальциевого типа с минерализацией от 31-179 г/л вблизи западного и юго-западного бортов до 243-317 г/л и более в центральной части впадины. Воды содержат специфические микрокомпоненты, характерные для вод нефтяных месторождений. Концентрация их изменяется в широких пределах (мг/л): йода - от 1,2 до 17,0; брома - от 36-100 до 400-874; бора - от 8,0 до 65,3; аммония - от 21,6 до 250; калия - от 50 до 1000-1500; стронция - от 22,8 до 263.

4.2.2 Подземные воды четвертого гидрогеологического этажа

Подземные воды четвертого гидрогеологического этажа, включающие отложения от *среднего триаса до низов верхнего неогена*, широко развиты в ПВ и имеют значительную мощность. От нижнего этажа они отделены мощной толщей глинистых образований нижнего триаса, местами - стратиграфическими перерывами и угловыми несогласиями. Водовмещающие отложения неодинаковы по степени литификации, что в свою очередь влечет за собой разную их водобильность и качество заключенных в них подземных вод. Наиболее уплотнены и дислоцированы нижние толщи этажа - породы верхнего триаса, нижней юры. Образования, слагающие верхние части этажа (верхнемеловые-палеогеновые), слабо изменены, неметаморфизованы. В составе этажа выделяются три крупные гидрогеологические серии: *верхнего триаса-юры, нижнего мела и верхнего мела-палеогена*.

Гидрогеологическая серия отложений верхнего триаса-юры (Тз-Ю) обнажается на дневной поверхности в восточной части впадины, северном (Общий и Зауральский Сырт) и западном борту (Волгоградское Поволжье), являясь областями питания для формирующихся в них грунтовых и напорных вод. На остальной территории они вскрыты скважинами.

В ПВ мощная толща (100-780 м) песчано-глинистых образований верхнего триаса-нижней юры (Аралсорская депрессия) встречается как в западной, так и в восточной частях. В Западно-Прикаспийской зоне высоконапорные подземные воды залегают в песчаниках и алевролитах в средней и верхней части аралсорской свиты на глубине от 1830-1970 м (Болганмола) до 2940-3210 м (Новоузенская), Порт-Артур). Высота их напора достигает 2500-2610 м, а дебиты скважин при пробных откачках составляет 0,001-0,8 л/с при понижениях уровня воды до 78 м. Минерализация воды повсеместно фиксируется в пределах 170-304 г/л. В восточной части ПВ пластовые воды свиты вскрываются в интервале глубин 1244-1252 м (Кульсары) и 2746-2760 м (Боранколь) и имеют высокую минерализацию (225-252 г/л). В СВ части зоны аналоги аралсорской свиты установлены в Хобдинской опорной скважине, где водоносные отложения вскрыты в песчаной толще на глубине от 1076-1104 до 1837-2850 м. Минерализация подземных вод в верхней части составляет 236 г/л, в нижней - 258,2 г/л.

В восточной прибортовой части впадины сохранились лишь самые верхи водоносной серии - песчано-галечниковая свита *ранней юры (J₁)* мощностью от 15 до 130 м; с ней связаны промышленные нефтяные залежи на Кенкияке, Башенколе, Акжаре, Каратюбе, Конне, Шубаркудуке, Жаксымае и др. Подземные

воды комплекса вскрываются на глубине от 170 до 725 м в ряде куполов, до 700-900 м и более - в межкупольных зонах. Они почти повсеместно высоконапорные, статические уровни их устанавливаются на глубине 20-90 м. В скважинах получены незначительные водопритоки 0,02-0,4 л/с при понижениях 13-62 м. Минерализация колеблется от 10-42 г/л до 100-116 г/л на восточных и западных структурах и во впадине.

На Южной Эмбе аналогом аралсорской свиты служит толща зелено-серых глин и песчаников мощностью 50-150 м. Водоносными являются песчаниково-галечниковые горизонты, подземные воды которых вскрыты на глубине 510-910 м в краевых частях куполов. Они напорные, статические уровни их устанавливаются на 15-40 м ниже поверхности земли. Дебиты скважин 3-10 л/с. Минерализация воды возрастает от 108-115 г/л южнее р. Жем до 195-263 г/л к северу от нее.

В структурах Актюбинского Приуралья эпиконтинентальные отложения *верхнего триаса - нижней юры* (T_3-J_1) выходят на дневную поверхность, а к западу, в левобережье р. Илек, они погружаются на значительную глубину. Здесь песчано-галечниковые и песчаные горизонты общей мощностью 100-120 м заключают значительные запасы слабоминерализованных подземных вод высокой производительности. Они в Курашасайском буроугольном месторождении дренированы горными выработками, где суммарный водоприток составил 42-50 л/с, а минерализация вод - 0,5-0,9 г/л. В районе месторождения получены водопритоки из скважин до 2,5 л/с при понижениях уровня воды на 0,4 м. минерализация вод изменяется от 0,8 до 1,8 г/л.

В составе гидрогеологической серии верхнего триаса-юры полнее изучены водоносные образования *средней юры* (J_2), которые наиболее полно исследованы в восточной части впадины. Здесь выделяются два хорошо выдержанных горизонта, приуроченных к песчаноглинистой и лингуловой (песчаной) свитам Южной Эмбы, соответствующих песчано-алевролитовым и алевролитовым пескам междуречья Волги и Жайыка, маломощные горизонты содержатся также в песчаных отложениях нижней и верхней угленосных свит средней юры, представленных мелко- и разнотернистыми песками, песчаниками и алевролитами. Мощность песчаных горизонтов изменяется от 5 до 80 м. На сводах соляных куполов и на крайнем востоке впадины глинистые пачки выклиниваются, песчаные горизонты образуют единый, гидравлически связанный водоненный комплекс.

Песчано-глинистый горизонт (нижний байос) с востока на запад становится более глинистым, соответственно снижается водообильность пород; дебиты скважин в этом направлении сокращаются от 4-5,6 до 0,1-0,8 л/с. Глубина залегания подземных вод на крайнем востоке составляет 250-450 м, севернее Эмбы, вблизи Каспия - 275-850 м, южнее Эмбы, в Каратонском прогибе - 1300-2450 м. воды повсеместно напорные, статические уровни устанавливаются на глубине 5-140 м ниже поверхности земли, часто самоизливаются. минерализация воды (г/л) минимальна на крайнем востоке - 7-15, южнее Эмбы - 160-260, севернее Эмбы, у Каспия - 184-308, в Каратонском прогибе - 170-240, а в междуречье Волги-Жайыка - 150-320.

Водоносный горизонт лингуловой свиты (нижний бат) имеет мощность 15-20 м на востоке и 50-140 м на западе и юго-западе. Отложения достаточно хорошо водопроницаемые, дебиты скважин составляют 5-12 л/с при понижениях 25-60 м. Подземные воды горизонта вскрываются на глубине от 250-750 м в соляно-купольной зоне Узень-Эмбенского плато, 100-1220 м вблизи Каспия до 2300 м в Южно-Эмбенском поднятии и до 1500 м и более - в Западном Прикаспии. Они всюду высоконапорные, пьезометрические уровни устанавливаются на глубине 7-134 м, а на юге впадины самоизливаются, минерализация воды в восточных структурах не превышает (г/л) 10, в районе Кенкияка составляет 10-30, в нефтепромысловой части Южной Эмбы - 120-260, на западе Прикаспия варьирует от 100 до 300. В восточных хорошо промытых и проницаемых зонах подземные воды слабоминерализованы, часто сульфатно-натриевые или гидрокарбонатно-натриевые. В застойных зонах, с глинистым характером водовмещающих пород распространены хлористые натриевые воды. Вблизи соляных кулонов, за счет интенсивного процесса выщелачивания и растворения соли, их минерализация резко возрастает, достигая 116-223 г/л (Кенкияк) и на большинстве структур Южной Эмбы - до 180-248 г/л. В составе вод горизонта в повышенных количествах содержатся йод, бром, бор, аммоний и другие микрокомпоненты [66, 73, 75, 78, 82, 88, 89].

Водоносный верхнеюрский комплекс (J₃) повсеместно развит в Прикаспии, однако изучен слабо. На Южной Эмбе он представлен карбонатными породами с прослоями алевролитов, песчаников, песков; на западе, в пределах собственно Прикаспийской низменности они более глинистые, с прослоями песчаников. На востоке - в бассейне р. Елек, в их разрезе больше прослоев кварцевых и кварцево-глауконитовых песков, известковистых песчаников и известняков. Мощность отложений возрастает с востока на запад, достигая максимума в Аралсорской межкупольной зоне (301 м) и у куполов Шалкар-Жамбейты (314 м). Наименьшая глубина залегания комплекса отмечается в пределах Общего и Зауральских Сыртов, в среднем течении р. Елек. Здесь подземные воды вскрываются скважинами на глубине от 10 до 75 м, а на остальной территории они залегают гораздо глубже.

Подземные воды в прибортовых зонах северной и восточной частей впадины пресные и слабосоленоватые гидрокарбонатно-натриевого типа. На Южной Эмбе и солянокупольных структурах Сагиз, Кульсары, Ушкан, Боранколь, Прорва и др., они хлоридные натриевые с высокой минерализацией - 109-242 г/л. В районе Приволжской моноклинали в междуречье Волга-Жайык они также высоко минерализованы (112-204 г/л) и залегают на глубине 1200-1500 м. пределы содержания основных специфических микрокомпонентов колеблются (мг/л): йода 1,5-8, брома 31,5-175, аммония 35-51, калия 160-240, бария 10,3-22,6, стронция 47,4-452.

Гидрогеологическая серия отложений мела-эоцена (К - Р₂) имеет большое значение как объект на котором базируется водоснабжение населения и народного хозяйства региона. Данная серия включает ряд водоносных комплексов и горизонтов.

Водоносный неокотский комплекс (K_{1nc}) широко распространен на

изучаемой территории. Основные водоносные горизонты суммарной мощностью от 10 до 60 м приурочены к песчаным породам и представлены разнотернистыми песками, песчаниками и алевролитами с прослоями мергелей, глин, конгломератов, и к песчаному горизонту в основании *баррема*. Подземные воды в них вскрываются в восточной части впадины на глубине от 40 до 500 м, а в Южно-Эбенском районе - от 150 до 1773 м, в западной части - от 450-915 до 2095 м и более (в межкупольных депрессиях). Они повсюду обладают напором, пьезометрические уровни устанавливаются на глубине 5-75 м ниже устья скважин, дебиты изменяются от 0,1-0,5 до 3-10 л/с.

Минерализация вод увеличивается от Уралтау-Мугалжарской складчатой области на востоке, Общего и Зауральского сыртов на севере, Волгоградско-Саратовского Поволжья на западе и вала Карпинского на юго-западе к центральным частям впадины. Наиболее минерализованные воды встречены в Южно-Эмбенском нефтепромысловом районе (80-203 г/л) и в Западном Прикаспии (200-300 г/л). В сторону Волгоградского Поволжья и вала Карпинского она уменьшается до 100-160 г/л и менее. Воды неокма содержат (мг/л): йод - 1-15, бром - 1-270, бор 0,2-46, аммоний 0,2-120, барий - 4,5-16, литий - 0,6-2,4, стронций - 4,1-117.

Водоносный аптский комплекс (K_{1a}) вскрывается скважинами почти повсеместно на глубинах от 15-30 до 100-325 м на куполах и до 670-725 м и более в межкупольных прогибах восточной прибортовой части впадины. В западной прибортовой зоне подземные воды залегают гораздо глубже (от 400-862 до 1000-2000 м и более). Всюду они напорные, пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на 3,5-59 м ниже устья, а на Южно-Эмбенском поднятии наблюдается самоизлив, дебиты скважин изменяются от 0,2 до 4-10 л/с при гидрокарбонатно-натриевом типе (по В.А. Сулину). По мере удаления в сторону западной части впадины соленость вод возрастает, составляя в среднем 80185 г/л. Здесь же в водах увеличивается содержание специфических микроэлементов: йода (0,1-9,6), брома (0,2-236), бора (0,1-2), аммония (0,2-10), стронция (20-147), лития (1,4-5).

Водоносный альб-сеноманский комплекс ($K_{1al}-K_{2s}$) является наиболее водообильным и считается главным источником питьевого водоснабжения населения всего Западного Казахстана. Водовмещающие отложения мощностью от 30 м на востоке до 300-500 м - на юге и западе подразделяются на две толщи: нижняя - в основном глинистая (нижний и средний альб) с подчиненными прослоями алевролитов, песков, песчаников и верхняя - преимущественно песчаная (верхний альб-нижний сеноман). Верхняя толща представлена кварцевоглауконитовыми разнотернистыми песками и песчаниками с подчиненными прослоями глин, песчаников и конгломератов с включениями желваков, и конкреций фосфоритов. Водообильность пород изменяется от 1,5-2 до 5-25 л/с при небольших (2-10 м) понижениях уровня воды при откачках [66, 72, 78, 88, 89].

На Урало-Эмбенском плато отложения комплекса зачастую выходят на дневную поверхность или перекрываются маломощным чехлом современных осадков и служат областью питания подземных вод во всей восточной части

впадины. Здесь их минерализация колеблется от 0,1 до 1,0 г/л. В солевом составе вод преобладают гидрокарбонаты натрия с относительно высоким содержанием сульфатов и кальция: часто они гидрокарбонатные натриевые. Встречаются сульфатные и сульфатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией от 1 до 5 г/л. По мере продвижения к западу и юго-западу водовмещающие отложения становятся более мелкозернистыми и глинистыми, известковистыми. Мощность их изменяется от 50 до 220 м.

На западе Урало-Эмбенского плато и на Южной Эмбе подземные воды верхнего комплекса залегают на глубине от 20-150 до 40-700 м и более (Байчунаасский и Каратонский прогибы). Здесь он расчленяется на ряд гидравлически взаимосвязанных горизонтов и пластов. Минерализация их на востоке изменяется от 1-1,5 до 5,2 г/л при хлоридном натриевом составе первого типа, а вблизи соляных куполов резко возрастает до 100-160 г/л с образованием хлормагнезового (III-а) типа.

В бассейнах Кобды и Темира, в верховьях Ойыла и Сагыза, верхнем и среднем течениях Эмбы и несколько южнее, а также в районах Общего и Зауральских Сыртов и южных обрамлениях впадины устанавливается *водоносный сантонский горизонт (K_{2st})* с мощностью водовмещающих песчаных образований в 5-15 м. К западу, по направлению центральных частей впадины, водоносная часть разреза уменьшается до 1-5 м за счет появления карбонатов и глинистых прослоев. Глубина залегания вод горизонта на востоке небольшая - 2-7 м; по мере погружения в западном направлении она увеличивается до 80-100 м, достигая на крайнем западе 502-504 м. Одновременно растет и соленость вод: от 3-5 г/л в западной части Урало-Эмбенского плато, до 10-11 г/л в районе Тугаракчана. Состав вод - гидрокарбонатно-хлоридный или хлоридный натриевый.

Водоносный маастрихтский горизонт (K_{2m}) приурочен к мергельно-меловым отложениям, залегающим на глубине от нескольких метров в северной и восточной частях впадины до 900 м в её центре. В районах общего и Зауральского Сыртов, Урало-Эмбенского плато в мергельно-меловых отложениях образуются безнапорные трещинно-карстовые воды, которые в долинах рек дают начало родникам с дебитами от 0,2 до 10 л/с. На водораздельных пространствах Урало-Эмбенского плато они приобретают напор и вскрываются на глубинах от 9 до 60 м. Дебиты скважин варьируют от 0,3 до 4,5 л/с. В присыртовых районах они залегают на глубине от 30 до 100 м и более с расходами скважин от 1-3 до 10-15 л/с при понижениях на 3-12 м. В центральных районах они вскрываются на значительных глубинах.

Минерализация вод увеличивается по мере погружения горизонта. В северной и восточной частях впадины они пресные и слабосоленоватые с минерализацией до 3 г/л. гидрокарбонатные кальциевые или натриевые (пресные) и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые; южнее и западнее минерализация их достигает 8-10 г/л при хлоридном натриевом составе. В восточной части Прикаспийской низменности ее величина на глубине 20-26 м достигает 54 г/л, а на месторождениях Южной Эмбы увеличивается до 50-100 г/л и более.

Водоносный палеогеновый комплекс (Р) выходит на поверхность земли в краевых обрамлениях впадины. В верхней части разреза преобладают пески, а в нижней - опоки с прослоями глин. В южном и западном направлениях объем песчаной толщи уменьшается, а доля глинистого и опокового материала возрастает до образования опоково-глинистых, песчано-глинистых и глинистых фаций с подчиненными прослоями песков и песчаников мощностью 5-15 м. Общая мощность комплекса возрастает от нескольких до 10-150 м на севере и до 300-480 м у побережья каспийского моря в бассейне Сарыюзен и Караозен.

На севере (Общий Сырт) подземные воды комплекса приурочены к пескам, трещиноватым песчаникам, опокам и выклиниваются в виде родников в долинах рек и оврагов с дебитами 0,5-1,0 л/с. Минерализация вод не превышает 1 г/л. Южнее они залегают уже на глубине от 13-30 до 50-70 м и обладают напором. Дебиты скважин колеблются от 0,5-1,0 до 3,5-6,5 л/с при понижениях уровня воды на 3-5 м. Минерализация воды также увеличивается до 3-5 г/л. По составу это преимущественно гидрокарбонатные или сульфатно-гидрокарбонатно-натриевые воды. В юго-западной прибортовой части на глубине от 270 до 1054-1443 м вскрыты хлоридные натриевые напорные воды хлоркальциевого типа с минерализацией от 23 до 47-84 г/л. Йода в них содержится до 16-43 мг/л.

4.2.3 Подземные воды пятого гидрогеологического этажа

Водоносные образования самого верхнего водоносного этажа, включают осадки от *верхнего плиоцена до современных четвертичных отложений*, резко отличаются от нижележащих, горизонтальным залеганием, рыхлым составом и включают ряд горизонтов, зачастую разобщенных по площади.

Водоносный верхнеплиоценовый комплекс (N_2) повсеместно распространен в Западно-Прикаспийской зоне, обнажаясь в пределах Общего и Зауральского Сыртов и по левобережью Жайыка на юго-западе, представлен терригенными морскими фациями *акчагыльского (N_{2ak}) и апшеронского (N_{2ap}) ярусов*, залегающих с размывом на различных горизонтах более древних отложений вплоть до карбона. Литолого-фациальный состав комплекса по направлению к центру впадины изменяется от песчано-галечниковых и песчаных до песчано-глинистых и глинистых, а в южной половине (южнее Индера) - с прослоями известняков-ракушечников. Мощность их колеблется от 50-129 м в бортах впадины до 300-800 м и более в ее центральных частях.

Подземные воды комплекса приурочены к песчаным прослоям среди глин, образующим в прибортовых частях выдержанные горизонты и линзы с суммарной мощностью до 30-45 м, в сторону центральной части невыдержанные по площади мощностью от 2-5 до 15 м. Наиболее мощные водоносные горизонты вскрываются скважинами в апшеронских отложениях на глубине от 30 до 400 м и более. Они в основном напорные: высота напора в пределах общего и Зауральского сыртов 8-100 м, а в Прикаспийской низменности не менее 100-150 м. Расходы скважин, вскрывших водовмещающие отложения, изменяются от 0,001 до 1-2, реже 3-6 л/с при понижениях уровней до 6-10 м, минерализация вод изменяется от 0,5-5 г/л в краевых частях впадины и верхних горизонтах, а вблизи Каспийского моря в глинистых частях разреза увеличивается до 200-300 г/л.

Водоносный четвертичный морской комплекс (mQ) развит практически на всей территории бассейна. Водовмещающими породами служат маломощные прослои песков и суглинков. Проницаемость пород низкая. Коэффициенты фильтрации песков варьируют в пределах от 0,1 до 1 м/сут. Дебиты скважин обычно не превышают 0,3-0,5 л/с. Подземные воды сульфатного натриевого, магниевого и хлоридного натриевого состава характеризуются высокой минерализацией (от 2-15 до 200 г/л) и непригодностью для водоснабжения.

Развитие барханных переветренных песков на отдельных участках распространения морских отложений (Тайсойган, Сайхин, Орда и др.) создает благоприятные условия для формирования пресных и слабосолоноватых подземных вод, залегающих в виде линз, на соленых водах. Мощности их различны - от 1-1,5 до 15-40 м, а площади от первых сотен квадратных метров до 11-850 км². С глубиной минерализация вод в линзах возрастает, и лишь в редких случаях водоносные линзы на всю мощность содержат пресные и слабосолоноватые воды. Наиболее крупные линзы выделены на песчаном массиве Тайсойган и в междуречье Жайык-Волга. Особого внимания заслуживает юго-западная часть рассматриваемого бассейна (пески Нарын), где развиты крупные линзы сульфатно-гидрокарбонатных и сульфатных натриевых грунтовых вод с минерализацией до 1 г/л.

В долинах рек Жем, Ойыл, Караозен и Сарыозен распространен *водоносный верхнечетвертичный современный аллювиальный горизонт (aQ_{III-IV})*, в долине р. Жайык - *средне-верхнечетвертичный (Q_{II-III})*. Водовмещающие породы сложены разнотерристыми песками и супесями. Водоносные горизонты представляют собой единый грунтовый поток. Глубина зеркала грунтовых вод изменяется от 0,5 до 18-22 м. Мощность водоносного горизонта 3-25 м. Фильтрационные свойства пород и их водообильность находятся в прямой зависимости от литологического состава и мощности пород горизонта. Коэффициенты фильтрации пород 3-12 м/сут. Дебиты скважин 0,6-7 л/с.

Подземные воды аллювиальных отложений гидравлически связаны с поверхностными водами. Восполнение ресурсов грунтовых вод осуществляется за счет фильтрации паводковых вод и инфильтрации атмосферных осадков. Пресные и слабосолоноватые воды распространены вдоль русел реки. С удалением от них минерализация подземных вод повышается.

Большое практическое значение в регионе для хозяйственно-питьевого водоснабжения и обводнения пастбищ имеет *водоносный верхнечетвертичный аллювиально-дельтовый горизонт (aQ_{IV})*, перекрытых эоловыми образованиями. Глубина залегания грунтовых вод 1-3 м. Водовмещающими являются мелкозернистые пески мощностью до 20 м. Водообильность отложений зависит от мощности горизонта и литологии пород. Дебиты скважин изменяются от 0,2 до 3-5 л/с. Подземные воды в основном пресные и слабосолоноватые сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные натриевые, но встречаются и соленые.

4.3 Гидрогеологические условия песков Нарын

Территория песков Нарын в региональном геоморфологическом плане

представляет молодую верхнеплейстоцен-голоценовую слаборасчлененную низменную аккумулятивную равнину морского генезиса, в дальнейшем в значительной мере переработанную экзогенными процессами. Основную роль в переработке сыграли эоловые процессы. В пределах территории исследований выделяются типы и формы рельефа, связанные своим происхождением не только с аккумулятивной и деструкционной работой моря и ветра, но и связанные с работой водных потоков, дельтовой и озерной аккумуляцией, комплексной денудацией аридного типа, активным солончакообразованием, суффозией в зависимости от новейших дифференцированных тектонических движений. Соляной тектогенез воздействует на облик песков в новейшее время. Под его влиянием формировался и формируется в настоящее время рельеф поверхности.

Преобладающим для территории является тип рельефа, представленный морскими аккумулятивными равнинами, которые слабоизменены последующими экзогенными процессами и морские аккумулятивные равнины, существенно видоизмененные эоловыми процессами (рисунок 4.2). Последние пользуются наибольшим распространением. Значительная часть представлена мелко и среднебугристой поверхностью. Крупнобугристые равнины встречаются только на отдельных сравнительно небольших по площади участках. Здесь бугры очевидно образовались в несколько этапов пройденных в истории развития на этой площади. В начале возможно это валы. Затем в дальнейшем при аллювиальной (дельтовой) переработке поверхности, они были останцами, которые обходили русла рек и водотоков. В любом случае они сохранились в виде цепей и довольно четко соответствуют линиям и разломам различного направления. Иногда они отрисовывают приподнятые структуры. Высота бугров до 7-8 м. Как бы в противовес буграм на этой же поверхности сохранились впадины и котловины выдувания различного направления, заглубленные на 3-4 м в окружающую поверхность.



Рисунок 4.2 - Фото автора - Барханы на территории песков Нарын

Сами же равнины, занимающие основную часть площади мелкобугристы, характеризуются небольшой (до 3-5 м относительной высотой) и короткими барханными цепями, плохо выраженными по простиранию (в основном субширотному), редкими, невысокими, грядами эшелонированных барханов и

единичными, современными очагами дефляции, осложняющими мелкобугристую равнину.

Границы между типами и подтипами бугристых равнин обычно не резкие, постепенные. Очень часто среди бугристых равнин встречаются фрагменты волнистой (очень схожей с ней) равниной, которые при детальном изучении в большинстве случаев соответствуют или примыкают к границам перехода от относительно опущенных к приподнятым площадкам. Они иногда окаймляют существующие поднятия, их отдельные части (уступы, депрессионные участки, краевые части).

Почти повсеместно среди описанных типов аккумулятивных равнин встречаются отдельные массивы, лишенные растительности, оголенных песков, состоящие из групп комплексных подвижных барханов и активно растущих крупных котловин выдувания в межбарханных понижениях. Обычно пески этого типа не занимают больших сплошных площадей, а располагается небольшими изолированными массивами или группами массивов, которые возвышаются над окружающей равниной на 3-5 м. Иногда (очень редко) их высота достигает до 7-10 м.

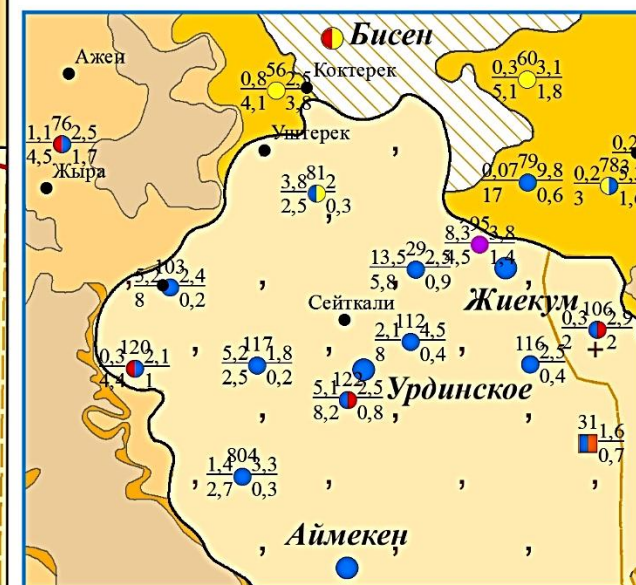
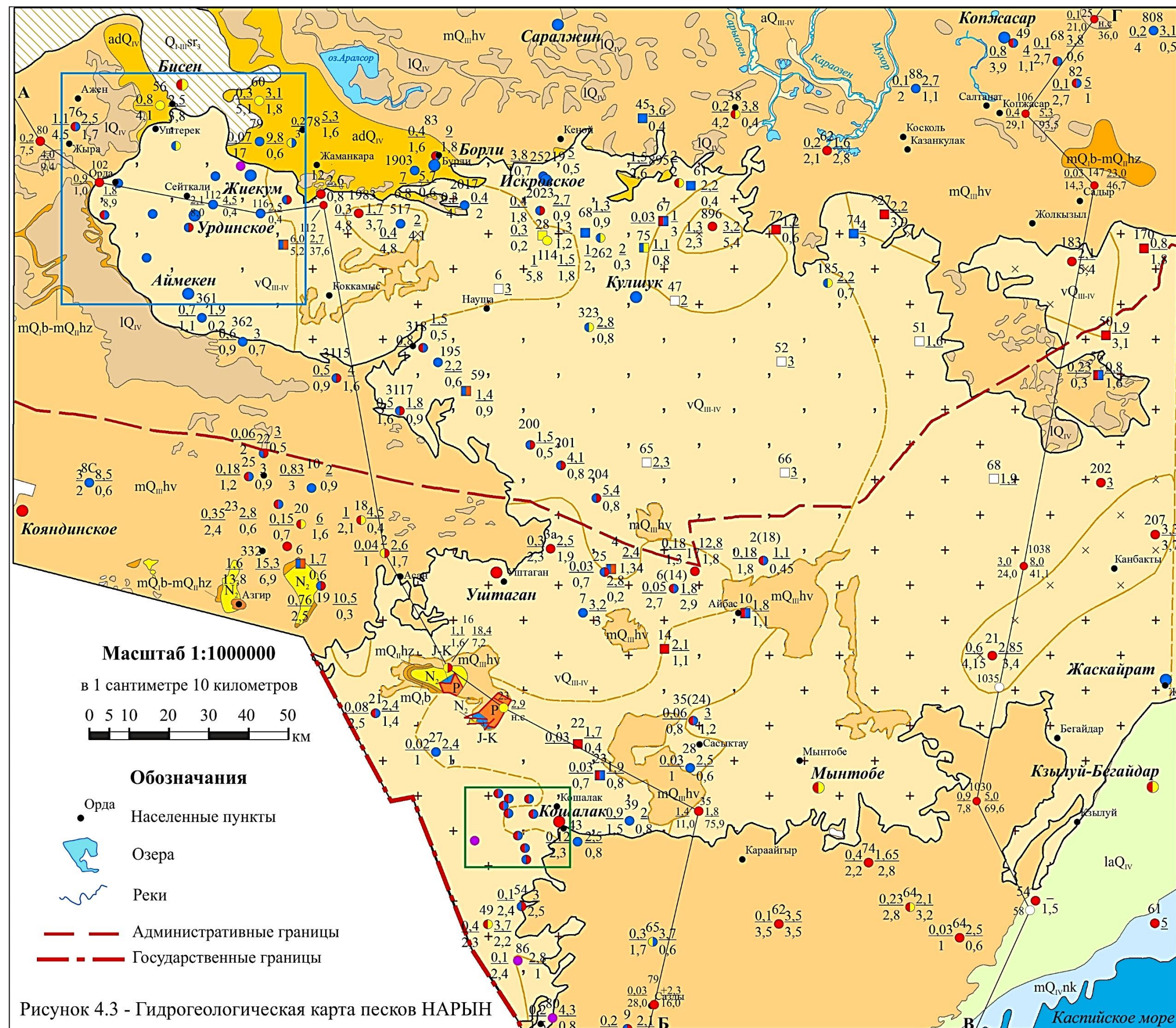
Хотя на исследуемой площади и отсутствует современная речная сеть, рельеф флювиального происхождения широко распространен по всей территории. Фрагменты древних аккумулятивных, эрозионно - аккумулятивных и эрозионных долинных равнин, созданы в конце позднего плейстоцена и голоцена водными потоками, которые следовали за отступающими морскими бассейнами.

Особый тип рельефа характерен для отдельных впадин (Акмаль, Сарлык и др.), которые представляют лагунно-озерные равнины несколько измененные процессами засоления, эоловыми процессами и процессами соляной дефляции.

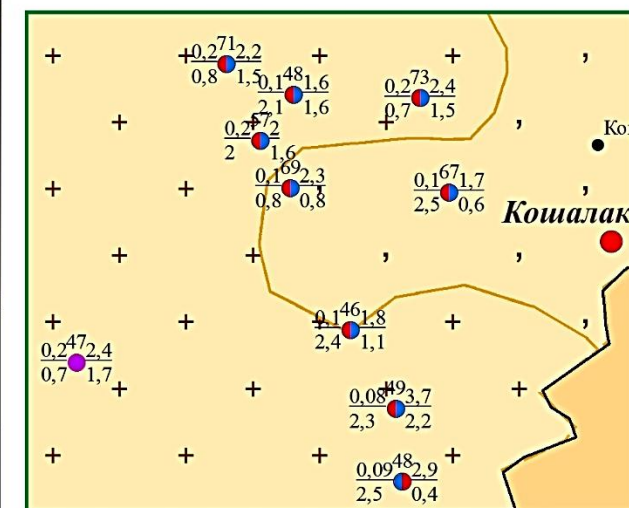
Принимая во внимание условия формирования подземных вод в песчаных массивах, можно ожидать достаточно широкого распространения пресных и слабосоленоватых вод на территории исследований (рисунки 4.3-4.6).

В связи с тем, что практический интерес представляют образования четвертичной системы, описание более ранних отложений в настоящей работе не приводится. Эти отложения изучены и охарактеризованы в работах [54, 55, 78].

Водоносный четвертичный комплекс (Q) широко распространен на всей территории впадины и представлен морскими и континентальными фациями. Первые развиты повсеместно в пределах Прикаспийской низменности, на бывшем дне Каспийского моря. По особенностям залегания и распространения морские отложения бакинского, хазарского, хвалынского и новокаспийских ярусов можно объединить в единый водоносный комплекс, который приурочен к песчаным прослоям и не выдержанным линзам разнозернистых песков и суглинков мощностью от 2-10, реже до 25 м. Воды залегают на глубине 0,5-1,0 м в понижениях до 20-25 м на возвышенных участках, в районе дельты Волги нередко вскрываются на глубине до 180 м. Дебиты водопунктов, заложенных на различные горизонты в краевых обрамлениях впадины, изменяются от 0,01 до 0,5 реже достигают 1,0-4,5 л/с. Ближе к центральным районам их



Карта-врезка в масштабе 1:750000



Карта-врезка в масштабе 1:300000

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ

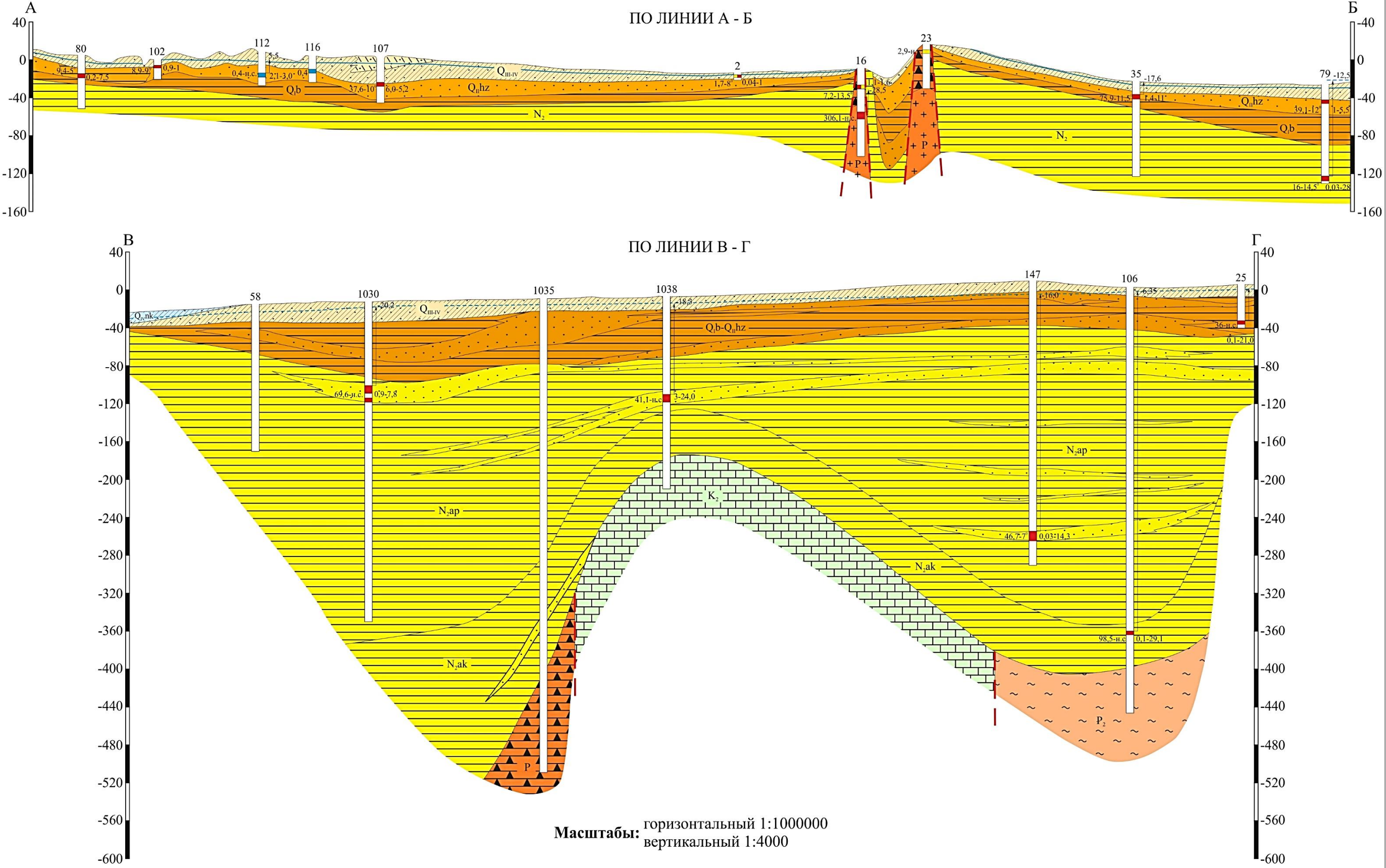
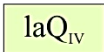
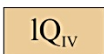
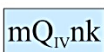
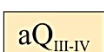
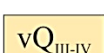


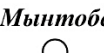
Рисунок 4.4 - Гидрогеологические разрезы

Условные обозначения

1 Распространение водоносных горизонтов и комплексов

	Водоносный современный озерно-аллювиальный горизонт. Пески и супеси
	Водоносный современный озёрно-соровый горизонт. Суглинки, супеси, переслаивающиеся с глинами и песками
	Водоносный новокаспийский морской горизонт. Пески и супеси
	Водоносный верхнечетвертичный современный аллювиальный горизонт. Пески мелкозернистые и супеси
	Водоносный верхнечетвертичный современный эоловый горизонт. Пески тонкозернистые и мелкозернистые
	Водоносный верхнечетвертичный аллювиально-дельтовый горизонт. Пески, супеси
	Водоносный хвалынский морской горизонт. Пески, суглинки, супеси с прослоями глин
	Водоносный хазарский морской горизонт. Пески мелкозернистые с прослоями глин, супеси
	Локально-водоносный верхнесыртовый горизонт. Суглинки, супеси, реже прослои песков среди глин
	Водоносный бакинский морской горизонт. Прослои песков толще глин
	Водоносный плиоценовый комплекс. Пески, песчаники, мергели, известняки-ракушечники в толще глин
	Водоносный нерасчлененный юрско-меловой комплекс. Прослои писчего мела, мергеля, песков, известняков в толще глин, сменяющиеся книзу алевролитами, глинами с песчаниками и песками
	Водоносный нерасчлененный пермский комплекс. Переслаивание алевролитов, глин, песчаников и песков, сменяющихся аргиллитами, песчаниками с конгломератами и известняками с разделяющей гипсово-ангидритовой толщей; каменная соль

2 Водопункты

$\frac{67}{0,03} \square \frac{1}{3}$	Колодец (шурф). Цифры: сверху - номер на карте; слева - дебит, л/сек; справа в числителе - глубина до воды, м, в знаменателе - минерализация воды, г/л
$\frac{17}{0,18} \bigcirc \frac{12,8}{1,3}$	Скважина. Цифры: сверху - номер на карте; слева в числителе - дебит, л/сек, в знаменателе - понижение, м; справа в числителе - глубина установившегося уровня воды, м, в знаменателе - минерализация воды, г/л
	Месторождение подземных вод

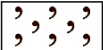
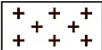
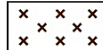
3 Минерализация и химический состав подземных вод

3.1 Химический состав подземных вод в опорных водопунктах

		с преобладанием гидрокарбонатного аниона
		с преобладанием сульфатного аниона
		с преобладанием хлоридного аниона
		смешанная двухкомпонентная
		смешанная трехкомпонентная
		с невыявленным химическим составом

Рисунок 4.5 - Условные обозначения к гидрогеологической карте

3.2 Минерализация подземных вод

 до 1,0 г/л
  1,0-3,0 г/л
  более 3,0 г/л

 Граница распространения подземных вод с различной минерализацией

4 Прочие знаки

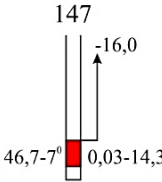
 Разломы

 А Б Линия гидрогеологического разреза

5 На разрезах

 Уровень подземных вод со свободной поверхностью

 Пьезометрический уровень


 Скважина. Цифры: сверху - номер на карте. Закраска соответствует химическому составу воды в отобранном интервале глубины, стрелка - напору подземных вод. Цифра у стрелки - абсолютная отметка пьезометрического уровня воды, м. Цифры: слева первая - минерализация воды, г/л, вторая - температура воды, °С; справа первая - дебит, л/сек, вторая - понижение, м.

5.1 Литологический состав пород

 Пески

 Пески с прослоями суглинков

 Супесчано-суглинистые отложения

 Глины с прослоями песков, песчанников

 Глины

 Известняки

 Гипсово-ангидритовая толща

 Каменная соль

Рисунок 4.6 - Условные обозначения к гидрогеологической карте

производительность преимущественно находится в пределах 0,1-6,3 л/с.

Сильная засоленность и плохая промытость морских отложений, наличие многочисленных сорос и солончаков, непосредственное влияние соляных куполов приводит к высокой засоленности подземных вод. Минерализация их изменяется от 10 до 300 г/л. Пресные и слабосоленоватые воды (1-3 г/л) встречаются в виде маломощных линз, залегающих вблизи рек и поверхностных водотоков.

Водоносный бакинский морской горизонт (mQ_{1b}). Водовмещающие породы общей мощностью 6-10 м представлены глинами, песками с ракушкой, с прослоями соли [90, 91]. УГВ изменяется от нескольких до 10 метров. Водообильность горизонта 0,5-1,9 л/с. Коэффициент фильтрации - 0,03-1,25 м/сут. Минерализация воды от 50-90 г/л до 145 г/л, по составу это хлоридные натриевые воды. Питание подземные воды получают за счет подтока из хазарского водоносного горизонта. Разгрузка происходит в Каспий [92].

Водоносный верхнесыртовый горизонт ($Q_{1-IIIsr3}$). Отложения распространены в северо-западной части территории в пределах Озен-Ашьюзекского водораздела. Представлены они однообразной толщей желто-бурых и желто-коричневых средних и тяжелых суглинков, с отдельными гнездами, линзами и прослоями песков и супесей. Сверху они перекрыты пачкой серовато-желтых суглинистых, супесчаных морских хвалынских отложений.

Подземные воды в сыртовых образованиях содержатся в более песчаных разностях суглинков, а также в линзах и прослоях супесей и песков. Мощность обводненной части пород колеблется в пределах 1-16,5 м. Глубина до воды 4-9 м вблизи речных долин и около 10-16 м в наиболее возвышенной части Узень-Ашьюзекского водораздела. Воды безнапорные, но в некоторых глубокозалегающих водоносных линзах и прослоях они приобретают слабые напоры высотой до 2-4 м. Водоупором горизонту служат глины нижней части сыртовой толщи. Водообильность водовмещающей толщи низкая - расходы скважин обычно измеряются тысячными и сотыми долями литра в секунду. Коэффициенты фильтрации супесей и песков колеблются от 0,4 до 2,2 м/сут. Минерализация вод изменяется от 0,5 до 42,4 г/л. Пресные и слабосоленоватые воды (до 3 г/л) распространены в пределах наиболее возвышенных и дренированных частей Озен-Ашьюзекского водораздела. Последние по химическому составу гидрокарбонатные кальциево-магниевые, реже гидрокарбонатно-сульфатные натриево-магниевые и хлоридно-гидрокарбонатные кальциевые и смешанные. Воды более высокой минерализации обычно сульфатно-хлоридные натриевые и хлоридные натриево-магниевые. Пестрота минерализации и непостоянный состав вод объясняются различной засоленностью водовмещающих пород и сравнительно слабой их проницаемостью, обуславливающей плохой водообмен в линзах. Местами в водах содержатся микрокомпоненты. Режим подземных вод горизонта зависит от климатических условий. Весной и в начале лета уровень их как всегда повышается, а к осени и зимой падает. Питание вод осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на участках, где перекрывающие их породы имеют меньшую мощность (по балкам, оврагам и другим пониженным

участкам рельефа), а также за счет подтока вод из других водоносных горизонтов. Движение и разгрузка вод частично происходит в сторону склонов водораздела и в направлениях речных долин и соровых котловин.

Пресные и слабосолоноватые воды ниже-среднечетвертичных сыртовых отложений широко используются местным населением для питья и водопоя скота.

Водоносный хазарский морской горизонт ($mQ_{II}hz$) имеет широкое развитие на участках междуречья Волга-Жайык и Жайык-Жем и на всей территории перекрыт хвалынскими отложениями. Литологически представлен глинами, песками, глинистыми песками. Средняя мощность 15 м, максимальная мощность достигает 50-70 метров в межкупольных мульдах. Появление воды 14-20 м. Расходы водопунктов 0,1-1,0 л/с. Коэффициент фильтрации колеблется в пределах от 0,2-1 до 3-4 м/сут. Минерализация 24-50 г/л, химический состав воды хлоридный натриевый. Подпитка водоносного горизонта происходит за счет подземного стока из хвалынских отложений, инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка осуществляется в Каспийское море.

Водоносный хвалынский морской горизонт ($mQ_{III}hv$) получил значительное распространение в пределах Северного Прикаспия. Грунтовые воды приурочены к песчаным и суглинистым отложениям мощностью 2-10 м и залегают на глубине от 1-5 м в понижениях, а на возвышенных участках, под барханами до 10-16 м. Минимальная глубина залегания (0,1-0,5 м) отмечается в соровых понижениях. Подстилающими породами комплекса служат одновозрастные и бакинско-хазарские глины, глины плиоцена, а иногда палеогена и мела. На отдельных участках хвалынские песчаные отложения перевеяны и образуют эоловые массивы, улучшающие условия питания подземных вод.

Водообильность горизонта невысокая. Коэффициенты фильтрации, в среднем, не превышают 0,1-2 м/сут. Дебита скважин и колодцев чаще не превышают 0,1-0,5 л/с, редко 1-1,5 л/с при понижении соответственно от 0,2-2 м до 5-10 м. Столб воды в колодцах чаще не более 1 м.

Сильная засоленность морских образований, наиболее многочисленных солончаков, соленых озер и соляных куполов обуславливают исключительно высокую минерализацию грунтовых вод. Содержание солей в воде почти на всей площади распространения водоносного горизонта составляет десятки и сотни граммов на литр. По химическому составу они преимущественно хлоридные.

Пресные и слабосолоноватые воды за счет фильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков формируются в самой верхней части водоносного горизонта в северной и восточной окраинах района, где морские отложения, будучи дренированы логами, оврагами-суходолами и долинами рек, в значительной мере промыты от солей и подпитываются более пресными водами аллювиальных отложений. По химическому составу они сульфатные, гидрокарбонатно-сульфатные натриевые.

Развитие барханных перевеянных песков на отдельных участках создает благоприятные условия для формирования здесь пресных и слабосолоноватых подземных вод, залегающих в виде линз, плавающих на соленых водах. Мощности их различные от 0,2-1,5 до 5-40 м, площади от первых сотен м² до

112-850 км². С глубиной минерализация вод в линзах резко возрастает и лишь в редких случаях линзы на всю мощность содержат пресные и слабосолоноватые воды. Наиболее крупные линзы выделены на междуречье Жайык-Волга.

Большая доступность использования подземных вод без применения сложных технических средств, позволяет использовать подземные воды Северного Прикаспия для удовлетворения потребностей сельских населенных пунктов, животноводческих хозяйств и нефтепромыслов на участках развития пресных, слабосолоноватых и солоноватых подземных вод.

Водоносный верхнечетвертичный аллювиально-дельтовый горизонт (adQ_{III}). Верхнечетвертичные дельтовые отложения встречаются отдельными участками в западной и восточной частях территории и приурочены к древним дельтам рек.

Разрез отложений состоит из мелкозернистых песков, рыхлых супесей и суглинков. Залегают они на верхнечетвертичных хвалынских отложениях. Мощность обводненной части пород, вскрытая скважинами, находится в пределах 1-5 м. Глубина залегания зеркала вод горизонта изменяется от 1 до 4, реже 5-6 м.

Минерализация вод пестрая и изменяется от 1 до 50 г/л и более. Среди этих вод встречаются также и линзы с пресными водами, которые образуются на поверхности соленых вод. Мощность линз 1-3 м. Содержание в водах ионов составляет (в мг/л): хлора - 14-33574, сульфатов - 14-7346, гидрокарбонатов - 98-500, натрия плюс калия - 31-14996, кальция - 12-1571, магния - 8-4528; общая жесткость (в мг-экв/л): для пресных вод - 2-3, слабосолоноватых - 8-21, соленых - 18-25, сильносоленых - до 450. Воды - нейтральные или слабощелочные с рН - 7,4-8,4. По химическому составу пресные воды относятся к гидрокарбонатным натриево-кальциевым, слабосолоноватые - к хлоридно-гидрокарбонатным натриевым, соленые - к хлоридно-сульфатным натриево-магниевым.

Водообильность горизонта незначительная. Дебиты водопунктов изменяются от тысячных долей до 0,3 л/с.

Линзы пресных вод широко эксплуатируются колодцами. Дебиты их также незначительные и изменяются в тех же пределах. Они являются одним из основных источников питьевого и хозяйственного водоснабжения.

Водоносный верхнечетвертичный современный эоловый горизонт (vQ_{III-IV}) занимает большую площадь в западной и юго-западной частях Прикаспийской низменности (пески Нарын), в долинах Ойыла, Сагыза, Жема, Темира, Булдырты, Калдыгайты (Буйрек, Тайсойган, Кокжиде, Кумжарган, Бикембай, Аккум и др.), в пределах песчаных массивов Прикаспийские Каракумы. Грунтовые воды приурочены к тонко, мелко, реже среднезернистым пескам, слагающим бугры и гряды, иногда закрепленные растительностью (рисунок 4.7, 4.8). Мощность песчаных отложений достигает 15-20 м, но их водонасыщенная часть не превышает 8-10 м. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 1-3 в котловинах и межбугровых понижениях до 5-15 м - под буграми. Дебиты колодцев, вскрывающих воды эоловых отложений, составляют 0,01-0,5 л/с.

Минерализация вод в большинстве случаев 0,5-1 г/л, но в засушливые и маловодные годы возрастает до 1,5-3 г/л. Химический состав пресных вод

гидрокарбонатный натриевый или кальциевый, реже сульфатный. Более соленые воды имеют сульфатно-хлоридный и хлоридный натриевый состав.



Рисунок 4.7 - Фото автора - Среднезернистые пески



Рисунок 4.8 - Фото автора - Пески, закрепленные растительностью

Водоносный верхнечетвертичный современный аллювиальный горизонт (aQ_{III-IV}) получил распространение в долинах основных рек района (Сарыюзен и Караозен). Аллювиальные отложения отмечаются также в погребенных долинах рек Жайык и Кушым. Водовмещающими являются пески мелкозернистые и разномзернистые, супеси, иногда с включением гальки и гравия, реже гравийно-галечниковые отложения.

Водоносный горизонт является первым от поверхности. Глубина залегания подземных вод изменяется в большом диапазоне. Так, в пойменной части долин она составляет 0,5-3 м, увеличиваясь на террасах до 4-22 м. Мощность водоносного горизонта от 3-5 до 10-25 м. Водообильность отложений, тесно связанная с литологическим составом пород и их мощностью, изменяется в значительных пределах. Дебиты колодцев и родников составляют сотые и десятые доли л/с, производительность скважин колеблется от 0,03-0,8 л/с при понижениях уровня 0,6-10,0 м до 21,7-52 л/с при понижениях равных 2,0-1,7 м.

На большей площади распространения водоносного горизонта, где преобладают процессы выщелачивания, подземные воды пресные и слабосоленоватые с минерализацией от 0,1-0,9 до 1-3 г/л гидрокарбонатные кальциевые, реже натриевые, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые и смешанного состава. Увеличение минерализации отмечается с удалением от русла реки и низовьям рек, где, как правило, наблюдается увеличение глинистости отложений. Воды становятся солоноватыми, а иногда и солеными.

Водоносный новокаспийский морской горизонт (mQ_{IVnk}) развит на площади, примыкающей к Каспийскому морю. Водовмещающими породами являются мелкозернистые, реже среднезернистые глинистые пески и суглинки с прослойками песка. Подстилают их плотные глины хвалынского яруса. Мощность водоносного горизонта колеблется в пределах 1-3,5 м. Воды имеют свободный уровень, глубина залегания которого изменяется от 0,5-1,0 м до 1,9-4,5 м.

Водообильность горизонта низкая. Дебиты скважин составляют тысячные доли л/с при понижении до 2 м. Подъем и спад уровня подземных вод синхронен колебаниями уровня Каспийского моря. Поток имеет юго-западное направление. Подземные воды соленые и рассолы с минерализацией 20,0-133,7 г/л. Воды хлоридные натриевые. Практического значения водоносный горизонт не имеет.

Водоносный современный озёрно-соровый горизонт (lQ_{IV}) получил распространение преимущественно на западе и юго-западе описываемого района. Размеры соровых котловин самые различные от 2-3 до 10-15 км в поперечнике. Часто они соединяются между собой протоками, ложбинами, образуя единую систему замкнутых понижений.

Грунтовые воды заключены в глинах с тонкими прослоями супесей и песков, в суглинках илоподобных. Мощность обводненной части 0,5-2,0 м. Выдержанных водоупоров под соровыми отложениями нет, в связи с чем они хорошо взаимосвязаны со всеми нижележащими водоносными образованиями. В редких случаях водоупором служат небольшие прослои глин верхнечетвертичного (хвалынского) или среднечетвертичного возраста.

Уровень грунтовых вод вскрывается на глубине от 0,5-2,5 м до 4,7 м. Наибольшие уровни залегания приурочены к соровым террасам, наименьшие - к днищам соров. Для подземных вод характерна очень высокая, более 50 г/л, минерализация. Часто она достигает 300 г/л и более. Соровые отложения гипсометрически занимают очень глубокие котловины на морской равнине или межбарханные понижения и являются своего рода мощными естественной дренами. Близкое залегание уровня грунтовых вод в условиях аридного климата ведет к интенсивному испарению через капиллярную систему и увеличение минерализации с формированием на поверхности соляной корки. С глубиной минерализация воды в соровых отложениях уменьшается. По химическому составу воды хлоридные, иногда сульфатно-хлоридные, натриево-магниевые, реже кальциево-магниевые.

В питании водоносного горизонта существенную роль играют многочисленные реки, овраги и балки, по которым происходит сброс в котловину соров дождевых и талых вод, а также подток из смежных водоносных горизонтов и разгрузка нижележащих напорных вод.

Подземные воды современных соровых отложений из-за высокой минерализации воды, низких коллекторских свойств и небольшой мощности водовмещающих пород практического значения не имеют.

Выводы по 4 разделу:

– Подземные воды ПВ отличаются большим разнообразием размещения, производительности, гидродинамических и гидрохимических особенностей и условий формирования. Они обусловлены главным образом структурным и гипсометрическим положением водоносных отложений, их литолого-фациальным составом и степенью гидрогеологической закрытости. Сведения о гидрогеологических условиях по глубоким горизонтам, все еще ограничены и пополняются только лишь за счет материалов, полученных в связи с поисками нефтегазовых месторождений. В этой связи новые материалы доступны в основном в районах прибортовых частей впадины, где глубина залегания водоносных образований и мощность водовмещающих отложений сравнительно меньше.

– На территории выделен гидрогеологический бассейн второго порядка: *Северо-Каспийский (III-8А)*, по которому приводится описание четвертичных водоносных горизонтов и подстилающих водоупорных толщ. Бассейн пластовых и блоково-пластовых напорных вод располагается севернее акватории Каспийского моря, занимая северо-западную часть ПВ. С поверхности залегают четвертичные песчано-глинистые отложения трансгрессий Каспия. Они подстилаются комплексом пород различного возраста - от неогеновых до пермо-триасовых. Характерно наличие многочисленных соляных куполов. Долины рек выполнены средне-верхнечетвертичными аллювиальными и верхнечетвертичными аллювиально-дельтовыми отложениями. Широко развиты массивы золотых песков с грядово-барханным рельефом.

– Территория песков Нарын в региональном геоморфологическом плане представляет молодую верхнеплейстоцен-голоценовую слаборасчлененную

низменную аккумулятивную равнину морского генезиса, в дальнейшем в значительной мере переработанную экзогенными процессами. Основную роль в переработке сыграли эоловые процессы.

– Хотя на исследуемой площади и отсутствует современная речная сеть, рельеф флювиального происхождения широко распространен по всей территории. Фрагменты древних аккумулятивных, эрозионно - аккумулятивных и эрозионных долинных равнин, созданы в конце позднего плейстоцена и голоцена водными потоками, которые следовали за отступающими морскими бассейнами.

– Принимая во внимание условия формирования подземных вод в песчаных массивах, можно ожидать достаточно широкого распространения пресных и слабосоленых вод на территории ПВ.

5 ДЕШИФРИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

5.1 Обработка, анализ материалов дистанционного зондирования

Для дешифрирования гидрогеологических условий выполнена обработка данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), заключающаяся в геометрической, и атмосферной коррекции космоснимков района расположения песков Нарын в Западно-Казахстанской и Атырауской областях.

Для территории Северного Прикаспия при региональных гидрогеологических исследованиях использованы карты масштабов 1:500000 и 1:200000. Данные карты советского издания довольно устарели и практически использовались для ориентировки на местности при наземных исследованиях.

Системы дистанционного зондирования Земли широко используются при изучении природно-территориальных комплексов обширных территорий, в том числе труднодоступные пески Нарын. Позволяют выполнить комплексную интерпретацию геолого-геофизических, гидрогеологических материалов, осуществить исследования с применением анализа данных ДЗЗ, интерпретации космоснимков различного разрешения и спектральных характеристик.

Современные средства ДЗЗ позволяют:

- получать снимки одной и той же территории с различным пространственным разрешением;
- вести съемки в различных спектральных диапазонах;
- получать повторные снимки территорий, включая труднодоступные участки, и формировать временные ряды космических снимков.

Территория ПВ полностью покрыта космосъемкой с различных спутниковых аппаратов. Наиболее распространенными и доступными для решения задач, связанных с геолого-гидрогеологическими исследованиями, являются космоснимки со спутников Terra, Aqua, Landsat, Sentinel-1 и др., а также цифровая модель рельефа (ЦМР) на основе данных SRTM.

Данные TERRA, AQUA (MODIS). Космические аппараты (КА) Terra и Aqua, выведенные на орбиту в 1999 г. и 2002 г. соответственно, являются частью программы NASA EOA (Earth Observing System), направленной на исследование Земли (рисунок 5.1).

Одним из ключевых инструментов спутников серии EOS является спектрорадиометр MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) [93, 94]. Полоса обзора сенсора составляет 2330 км [95, 96]. В таблице 5.1 приведены краткие характеристики его спектральных каналов.

На рисунке 5.2 представлено взаиморасположение диапазонов электромагнитного излучения с учетом длины волны.

Пример космоснимка Terra/MODIS приведен на рисунке 5.3.

Данные были скачаны в «сыром» формате PDS (MOD00F по номенклатуре продуктов EOS) и преобразованы из уровня Level0 в стандартизованные в рамках программы EOS продукты уровней Level1A и 1B. Обработка включала операции по переформатированию данных, их географическую привязку и калибровку.

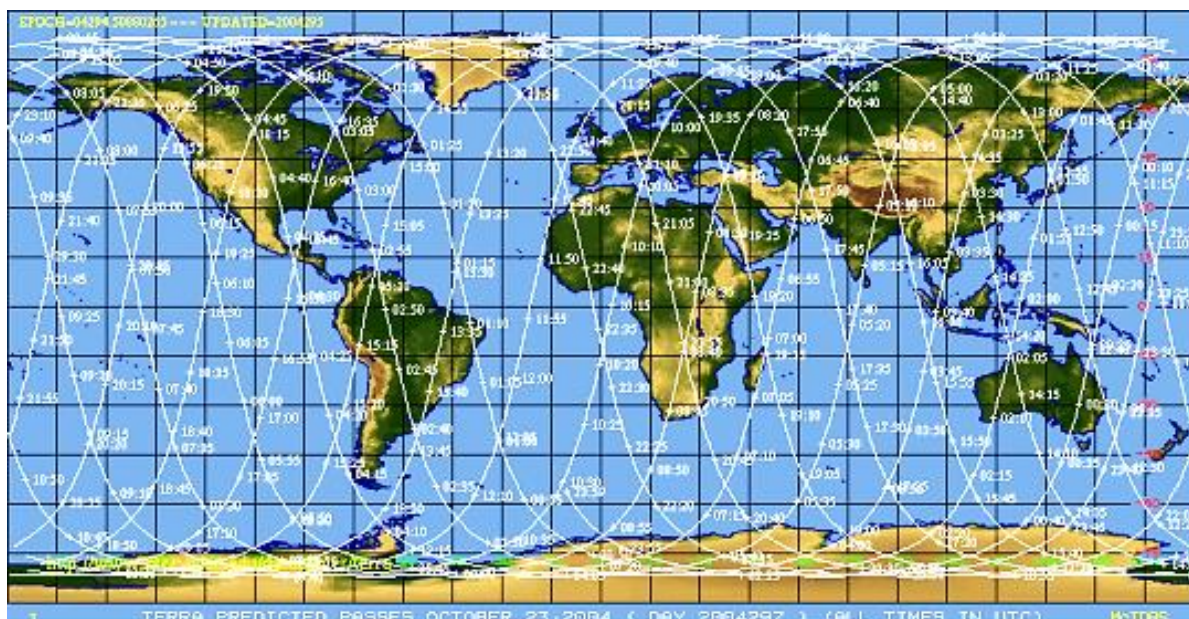


Рисунок 5.1 - Проекция трассы спутника TERRA

Таблица 5.1 - Характеристики MODIS

Полоса обзора	2300 км
Радиометрическое разрешение	12 бит
Спектральные каналы (Bands)	38 каналов (36 спектральных диапазонов)
Видимый (Visible, <i>VIS</i>) / Ближний инфракрасный (Near Infrared, <i>NIR</i>)	Band 1, Band 2 с разрешением 250 м Band 3, Band 4 с разрешением 500 м Band 8 - Band 12 с разрешением 1000 м
Коротковолновый инфракрасный (Short Wave Infrared, <i>SWIR</i>) / Средний инфракрасный (Mid Wave Infrared, <i>MWIR</i>)	Band 5 - Band 7 с разрешением 500 м Band 20 - Band 26 с разрешением 1000 м
Тепловой инфракрасный (Thermal Infrared, <i>TIR</i>)	Band 27 - Band 36 с разрешением 1000 м

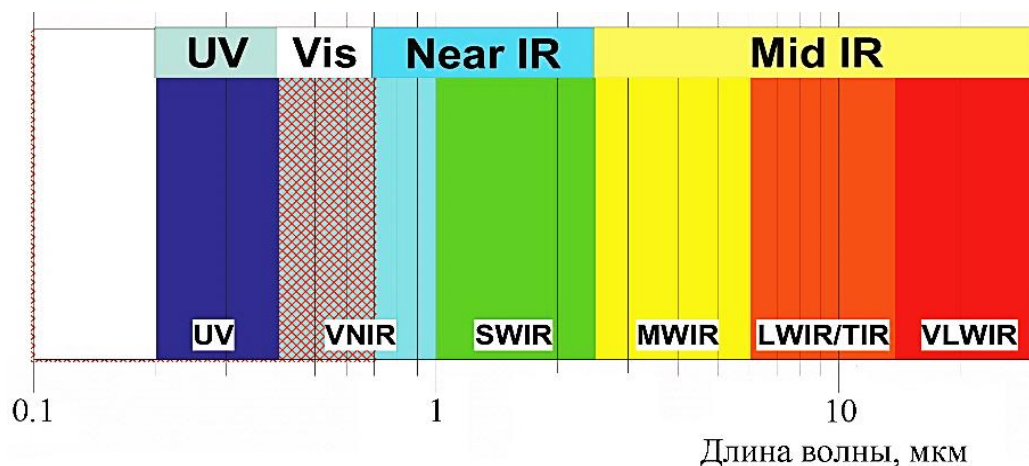


Рисунок 5.2 - Фрагмент шкалы диапазонов электромагнитного излучения

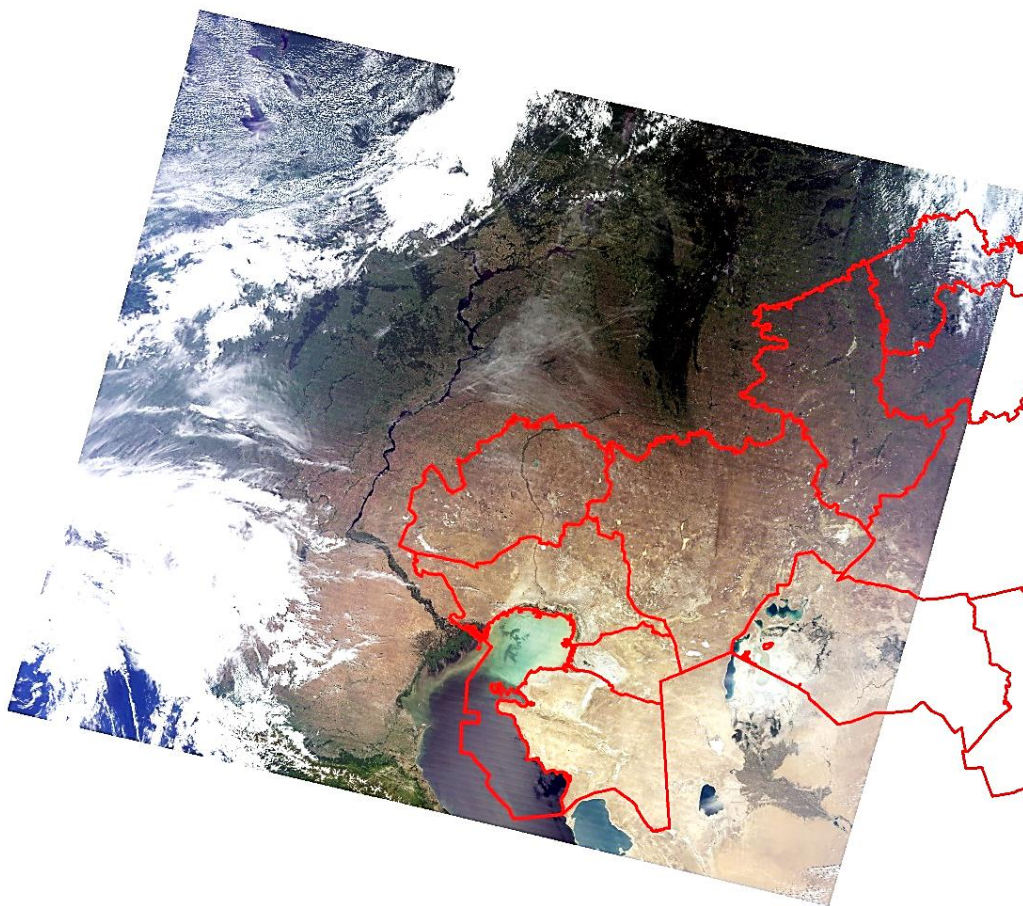


Рисунок 5.3 - Космоснимок MODIS в «натуральных» цветах, комбинация каналов 1;4;3

На первом этапе выполнена распаковка файлов Level 0 в данные Level 1A формата HDF (MOD01 по номенклатуре EOS). MOD01 содержит массивы данных детекторов, а также служебную бортовую информацию и метаданные, добавленные к файлу при обработке.

Географическая привязка файла данных MODIS Level 1A осуществлена в результате заполнения полей файла Level 1A, описывающих географическое положение. Таким образом образован файл геолокации (продукт MOD03 по номенклатуре EOS) с массивами широты и долготы, геометрическими параметрами съемки (углы сканирования, положение Солнца и т.п), и ряда других параметров.

Входными данными для выполнения калибровки MODIS служат данные Level 1A и геолокации (т.е. файлы MOD01 и MOD03 одновременно). В результате процедуры калибровки создан стандартный продукт (MOD02 по номенклатуре EOS) в формате HDF. При этом каждый тип выходных файлов имеет собственный стандартный идентификатор:

- MOD02QKM - данные 1-2 каналов (разрешение 250 м);
- MOD02HKM - данные 3-7 каналов (500 м) и 1-2-го каналов приведенные к разрешению 500 метров;
- MOD021KM - данные 8-36 каналов (1 км) и 1-7-го каналов приведенные к разрешению 1 км;

– MOD02OBC - данные бортовых калибровочных приборов (от On-Board Calibrator).

Данные Landsat-8 (OLI/TIRS). Одним из прогрессивных КА, данные которого использованы для проведения исследований, является спутник Landsat-8, выведенный на орбиту 11 февраля 2013 года.

Для общего представления на рисунке 5.4 приведена схема покрытия территории Северного Прикаспия спутником Landsat-8. Позиционирование сцен представлено в соответствии с системой индексации WRS-2 (Worldwide Reference System) [97, 98]. Съемка осуществляется с 16-дневным повторным циклом.

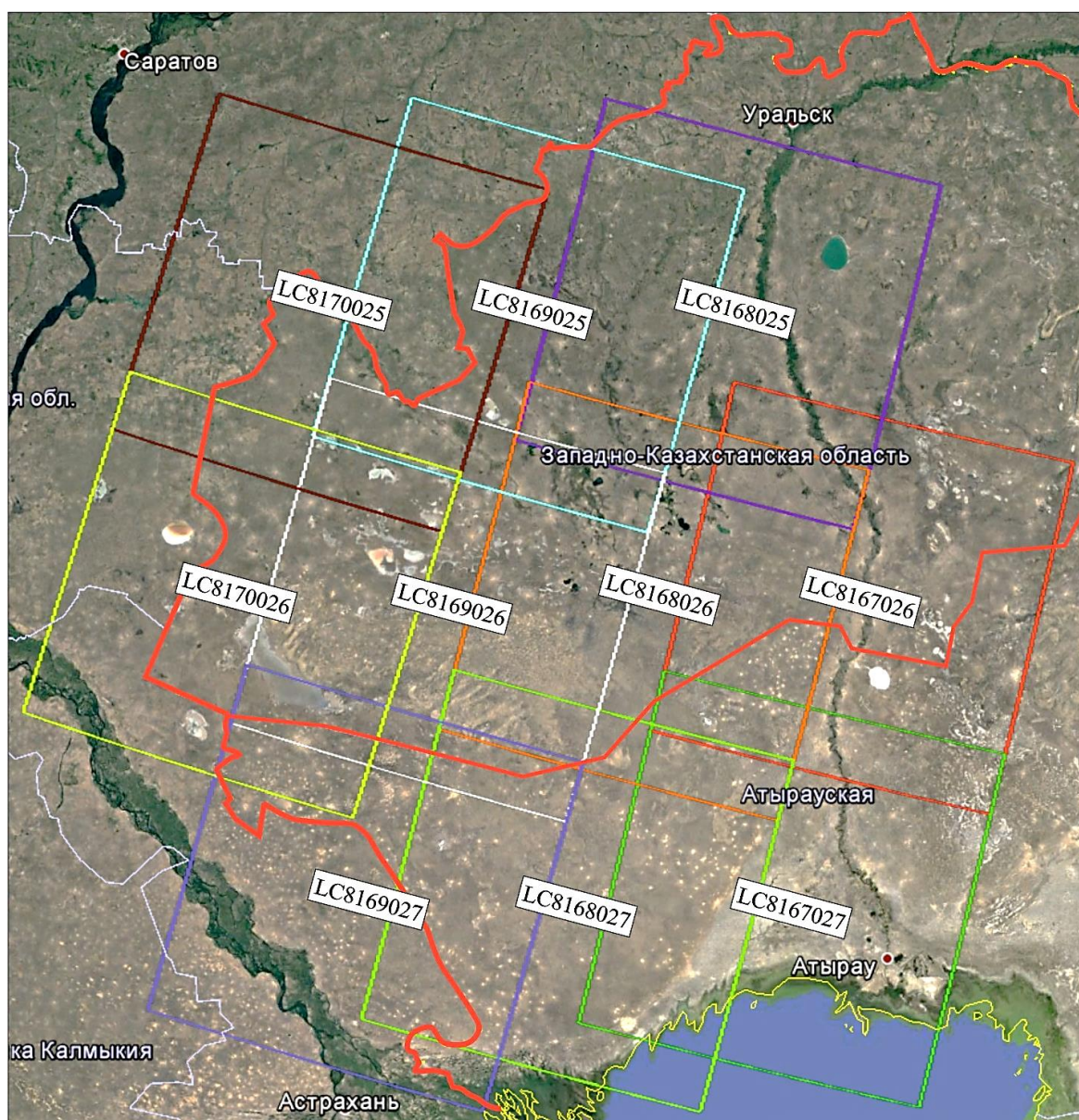


Рисунок 5.4 - Фрагмент разграфки по системе WRS-2

На борту КА Landsat-8 установлены многоканальный сканирующий радиометр OLI (Operational Land Imager) и сканирующий двухканальный ИК-радиометр TIRS (Thermal Infrared Sensor). Радиометр OLI позволяет получать

изображения земной поверхности с разрешением 15 и 30 метров. ИК-радиометр TIRS предназначен для получения теплового изображения земной поверхности с фактическим разрешением 100 м, пересчитанным до 30 м, для соответствия мультиспектральным диапазонам данных радиометра OLI.

Оба прибора ведут съемку в режиме сканирования вдоль трассы космического аппарата, что уменьшает уровень радиометрических искажений по сравнению с приборами, работающими в режиме поперечного сканирования. Кроме того, использование совершенных ПЗС-устройств обеспечивает лучшее соотношение сигнала к шуму и, соответственно, качество съемки. Спектральная информация Landsat-8 представлена в таблице 5.2 и на рисунке 5.5.

Таблица 5.2 - Спектральные каналы спутника Landsat-8

Номер канала	Спектральный канал	Длины волн, мкм	Прибор	Пространственное разрешение, м
1	Побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue)	0,43-0,45	OLI	30
2	Синий (Blue)	0,45-0,51	OLI	30
3	Зелёный (Green)	0,53-0,59	OLI	30
4	Красный (Red)	0,64-0,67	OLI	30
5	Ближний ИК (Near Infrared, NIR)	0,85-0,88	OLI	30
6	Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR-1)	1,57-1,65	OLI	30
7	Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR-2)	2,11-2,29	OLI	30
8	Панхроматический (Panchromatic, PAN)	0,50-0,68	OLI	15
9	Перистые облака (Cirrus)	1,36-1,38	OLI	30
10	Дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR-1)	10,60-11,19	TIRS	100
11	Дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR-2)	11,50-12,51	TIRS	100

Учитывая размер сцены Landsat 180×180 км, для дешифрирования спутниковой информации района расположения песков Нарын обработан ряд снимков территории Северного Прикаспия. При этом использованы безоблачные космические снимки Landsat-8 [99].

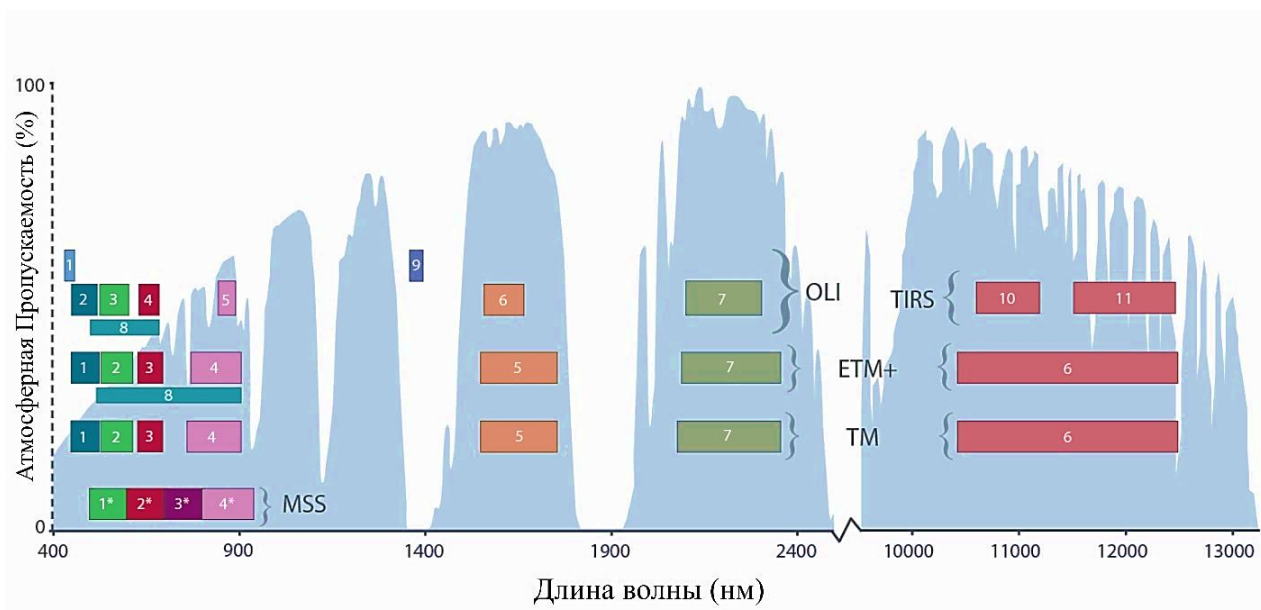


Рисунок 5.5 - Спектральные диапазоны спутников Landsat

С целью дешифрирования и повышения информативности данных ДЗЗ проведены спектральные преобразования цифровой информации. На основе сопоставления спектральных профилей песков Нарын на космоснимках с данными спектральных библиотек по песчаным территориям, проведена атмосферная коррекция исходных спутниковых изображений с учетом калибровочных коэффициентов из метаданных Landsat-8 для спектральных диапазонов MTL, расчетной информации по азимуту/зениту Солнца на момент выполнения спутником съемки, как показано на рисунках 5.6 и 5.7.

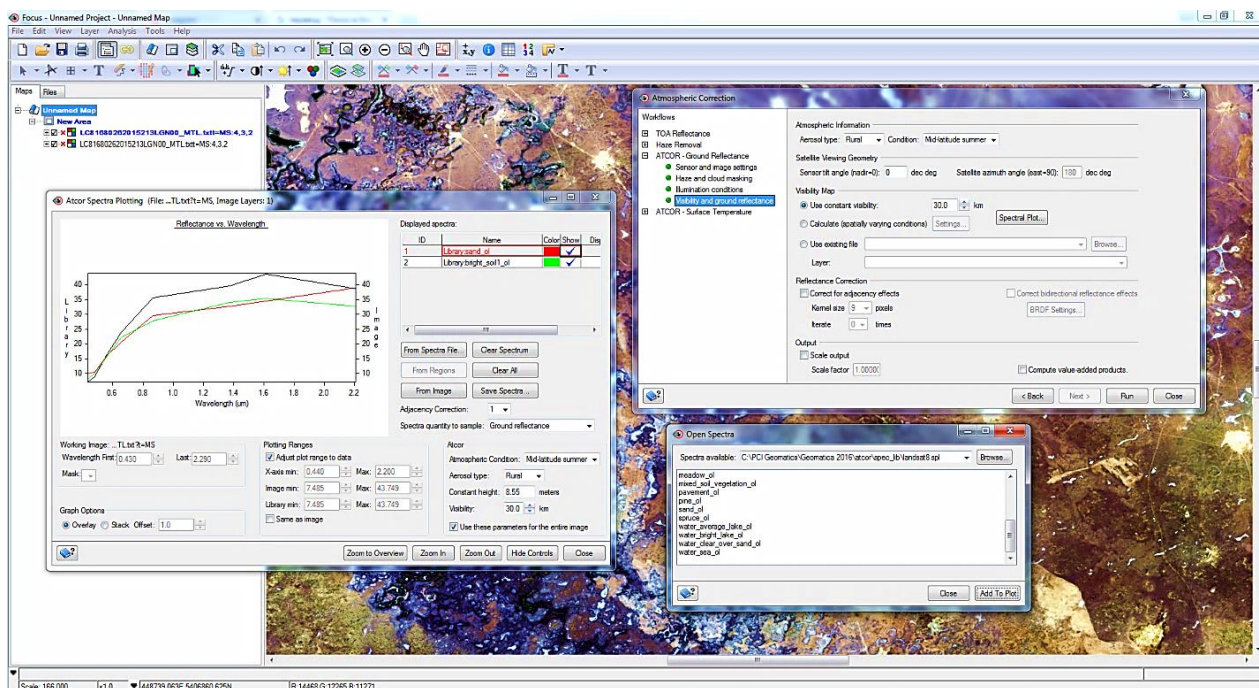


Рисунок 5.6 - Атмосферная коррекция с использованием спектральных библиотек

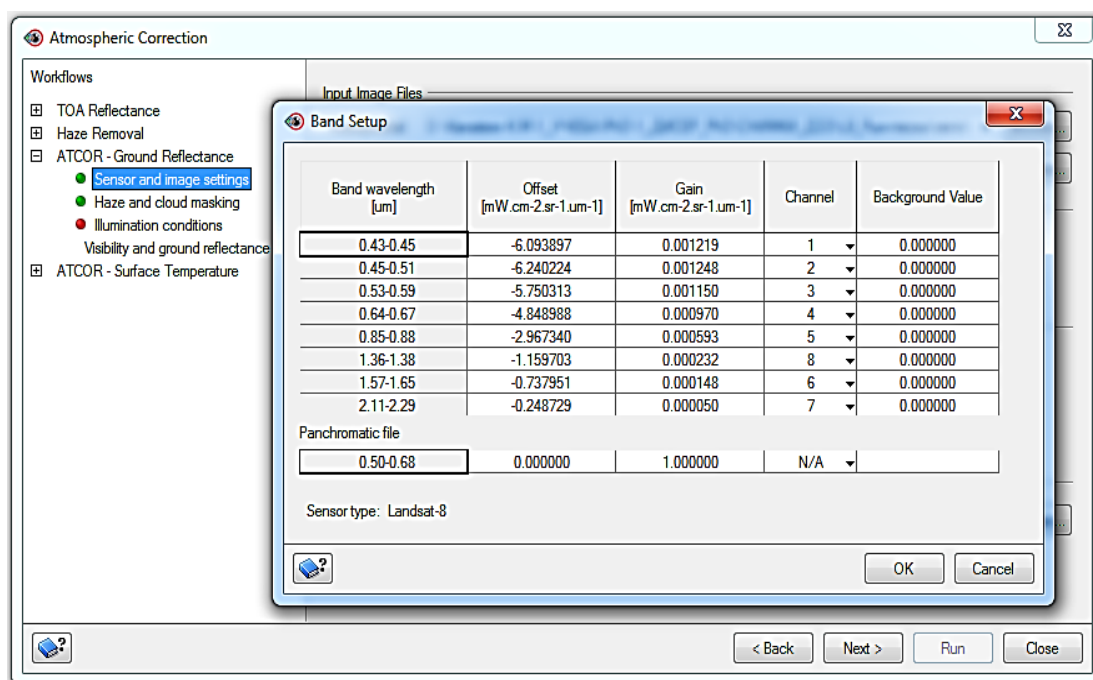


Рисунок 5.7 - Метаданные для атмосферной коррекции сцен Landsat-8

Для выполнения анализа и дальнейшего дешифрирования гидрогеологических условий было составлено единое композитное изображение (ортофотомозаика) с охватом всей территории песков Нарын (рисунок 5.8):

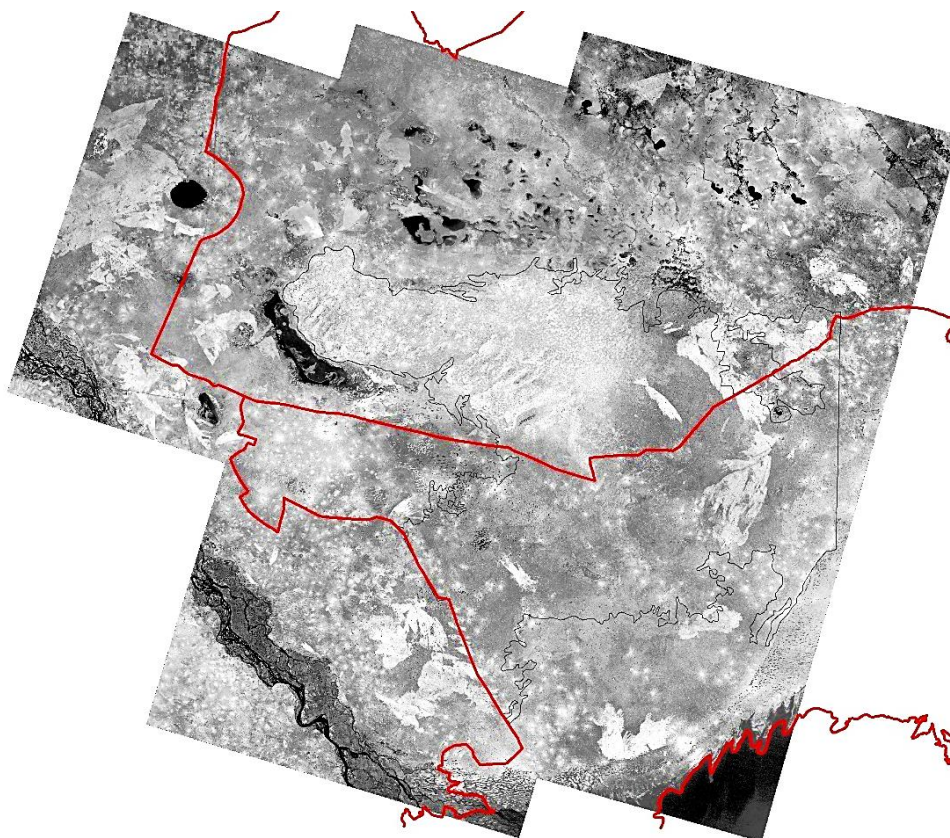


Рисунок 5.8 - Мозаики снимков со спутника Landsat-8

Данные SRTM (ЦМР). SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) - осуществленная в феврале 2000г с борта космического корабля многоразового использования «Shuttle» радарная интерферометрическая съемка поверхности земного шара [100]. Данная съемка проведена с помощью радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR, осуществляющих локацию поверхности планеты в диапазонах C (длина волны $\lambda = 3,75 \div 7,5$ см) и X ($\lambda = 2,5 \div 3,75$ см). Результатом съемки стала цифровая модель рельефа 85 % поверхности Земли [101], в том числе матрица высот для территории Казахстана с разрешением 90 м (рисунок 5.9).

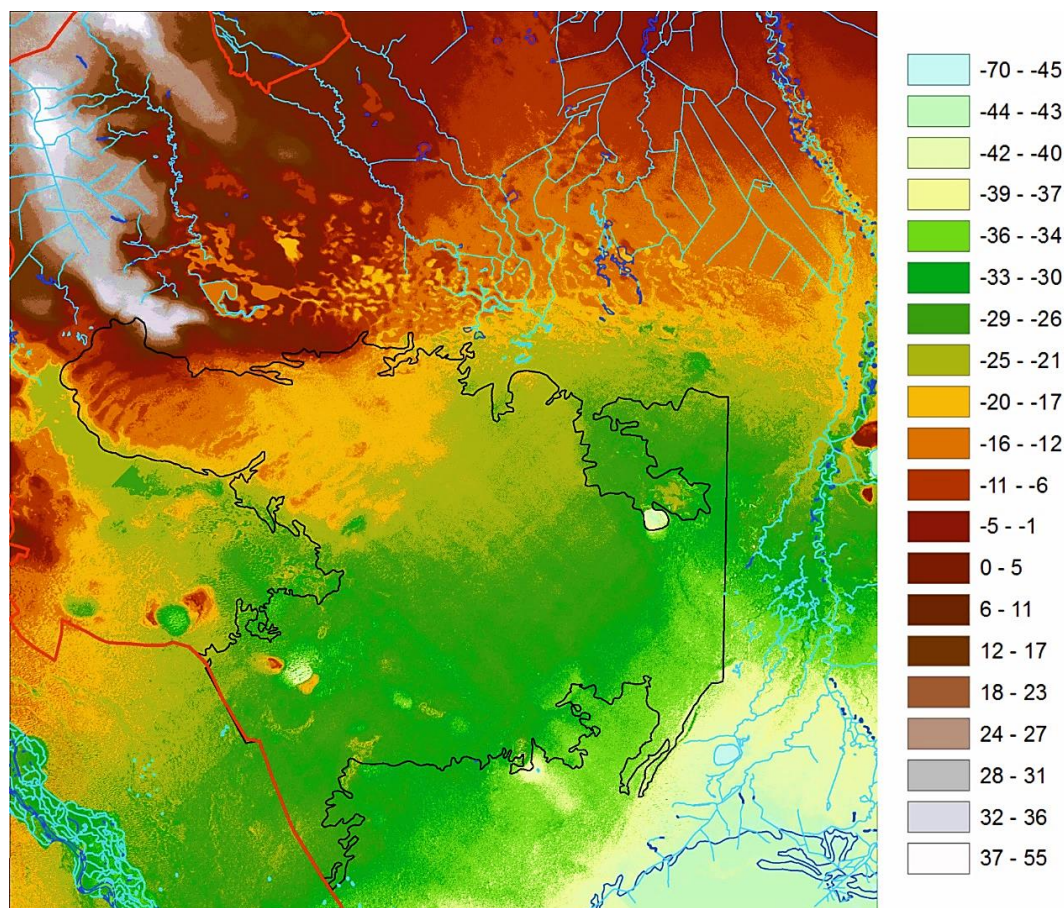


Рисунок 5.9 - Цифровая модель рельефа территории песков Нарын

Обработка данных ДЗЗ выполнена с использованием геоинформационных программ Geomatica (PCI Geomatics) [102] и ArcGIS (ESRI) [103].

5.2 Индексный анализ VNIR-диапазонов

Обработка спектральной информации и операции со значениями яркостей в каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, позволяют рассчитать «спектральные индексы», тем самым создавая новое «индексное изображение», соответствующее значениям индекса в каждом пикселе. Спектральные индексы, используемые для изучения состояния растительности, имеют общепринятое название - вегетационные индексы (ВИ) [104-106]. Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная

отражательная способность, характеризующаяся различиями в отражении излучения длин волн в красной и инфракрасной частях спектра.

Наличие растительности на территории исследования детектировано на основе вегетационных индексов. Построение индексных изображений выполнено в программном обеспечении Geomatica по формулам 1-8. Классификация и построение результирующих картосхем проведено в ArcGIS.

ВИ [107-114], рассчитанные в процессе исследований представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Вегетационные индексы

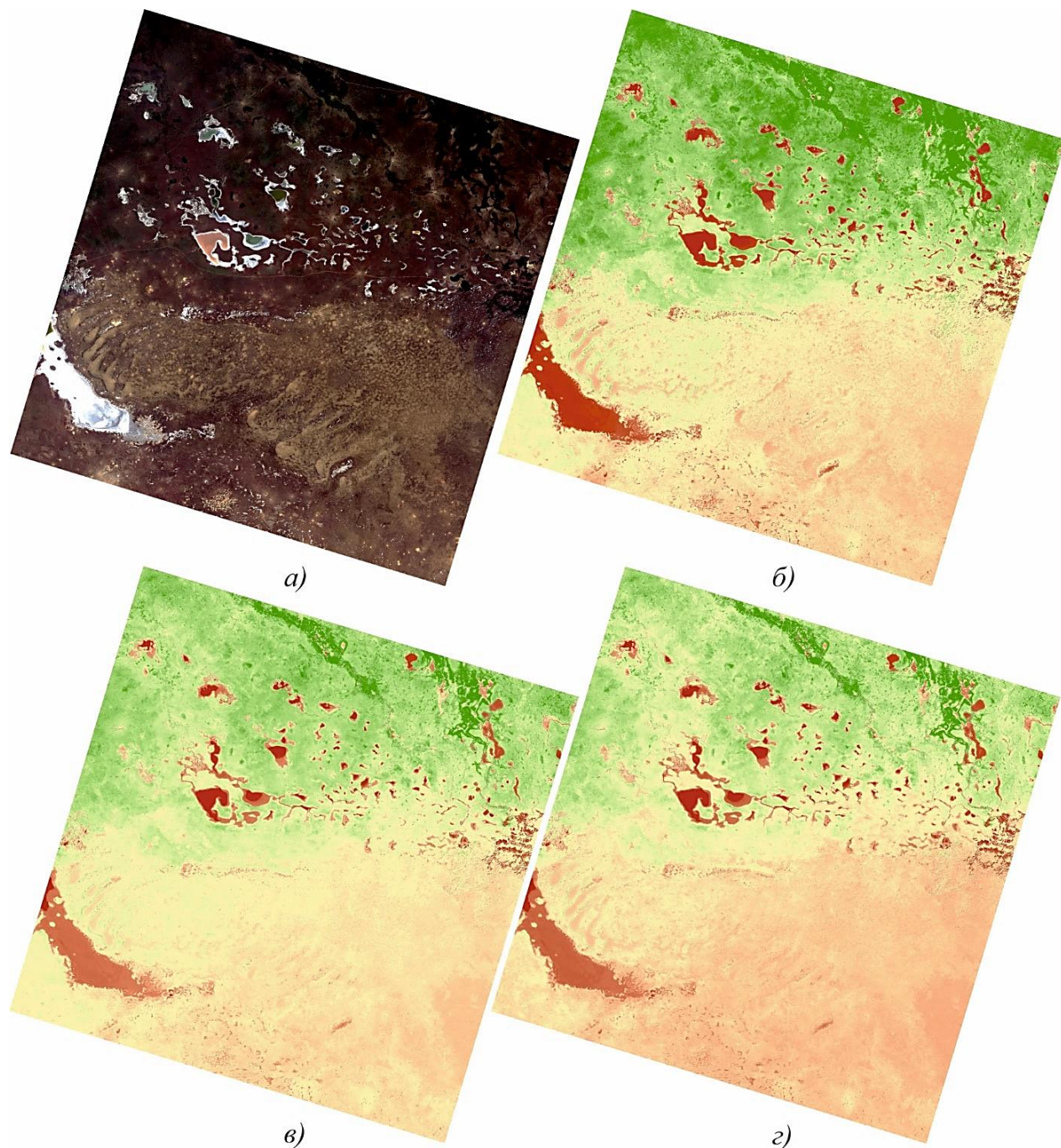
Название	Формула
Инфракрасный ВИ (Infrared Percentage VI)	$IPVI = \frac{NIR}{NIR + Red}$
Нормализованный Разностный ВИ (Normalized Difference VI)	$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
Преобразованный Относительный ВИ (Transformed Difference VI)	$TDVI = 1,5 \left[\frac{(NIR - Red)}{\sqrt{NIR^2 + Red + 0,5}} \right]$
Почвенный ВИ (Soil Adjusted VI)	$SAVI = (1 + L) \left[\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} \right]$ где: $L = [0;1]$
Модифицированный почвенный ВИ (Modified Soil Adjusted VI - 2)	$MSAVI_2 = \frac{2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - Red)}}{2}$
Индекс Глобального Мониторинга Окружающей среды (Global Environmental Monitoring Index)	$GEMI = \eta(1 - 0,25\eta) - \frac{(Red - 0,125)}{1 - Red}$ где: $\eta = \frac{2(NIR^2 - Red^2) + 1,5NIR + 0,5Red}{NIR + Red + 0,5}$
Модифицированный Триангулярный ВИ (Modified Triangular VI)	$MTVI = 1,2 \left[1,2(NIR - Green) - 2,5(Red - Green) \right]$
ВИ устойчивый ко влиянию атмосферы (Atmospherically resistant VI)	$ARVI = \frac{NIR - Rb}{NIR + Rb}$ где: $Rb = Red - a(Red - Blue)$ при малом покрытии растительности $a=0,5$

Наиболее информативными для территории песков Нарын оказались NDVI, SAVI, MSAVI₂ (рисунок 5.10).

Отношение разности значений красного и инфракрасного диапазонов к их сумме исключает вклад атмосферы в результирующее изображение, тем самым отпадает необходимость проведения такой трудоемкой операции, как атмосферная коррекция, т.е. при расчете NDVI вклад атмосферы в числителе компенсируется вкладом атмосферы в знаменателе.

Поэтому для комплексного анализа долговременного ряда данных использовался нормализованный ВИ.

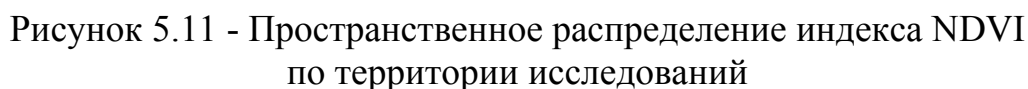
NDVI - нормализованный разностный индекс растительности впервые был описан Rouse B.J. в 1973 г. - как простой количественный показатель фотосинтетически активной биомассы. В настоящее время этот индекс является одним из самых распространенных и используемых индексов для решения задач по количественной оценке растительного покрова [115].



а) снимок в «натуральных» цветах, комбинация каналов 4;3;2,
б) ВИ NDVI, в) ВИ SAVI, г) ВИ MSAVI₂

Рисунок 5.10 - Сравнение результата вегетационных индексов
на примере космоснимка Landsat-8

Картосхемы с рассчитанным NDVI по территории песков Нарын представлены на рисунках 5.11 и 5.12.



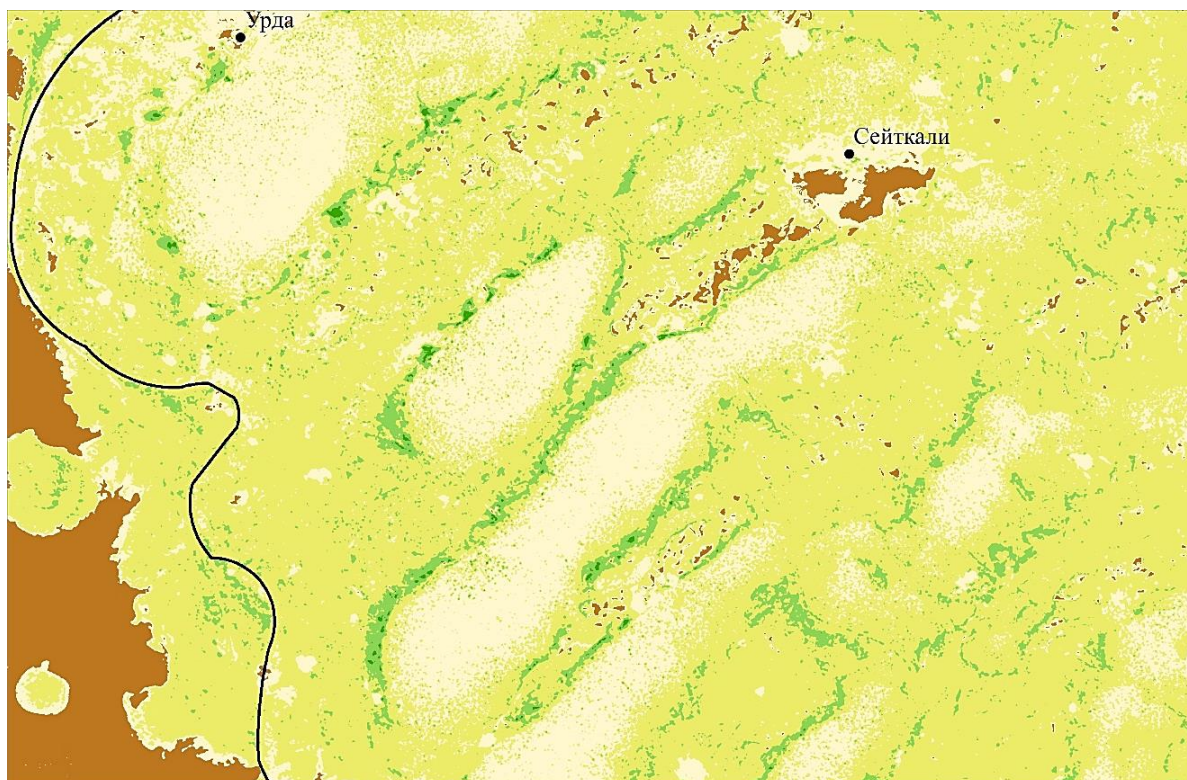


Рисунок 5.12 - Фрагмент индексного изображения NDVI
в районе с. Орда, Landsat-8, 17.05.2014г.

Полученное индексное изображение классифицировано с выделением 5 классов ВИ, как представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Классификация значений NDVI

Класс	Вегетационный индекс NDVI	Тип поверхности
1	0,51 - 0,8	Зеленая растительность разной степени плотности
2	0,36 - 0,50	Разреженная или невысокая растительность
3	0,26 - 0,35	
4	0,16 - 0,25	Почва, сухая растительность
5	-0,28 - 0,15	Соры, вода

Распространение растительности зависит от микроклимата и имеет тесную связь со среднегодовыми суммами осадков. Используя данные о среднегодовом количестве осадков по метеостанциям на территории ЗКО и Атырауской области построен график зависимости выпадающих осадков от значений рассчитанного NDVI (рисунок 5.13). Как видно на графике, значения ВИ NDVI коррелируют с количеством атмосферных осадков и увеличиваются в северо-западном направлении от Каспийского моря.

По рассчитанному NDVI согласно выбранной классификации на территории песков Нарын - 0,18 % составляют соры и открытые водоемы с наиболее низкими значения NDVI; большая часть территории - 68,53 %,

представлена сухой растительностью, а также открытой почвой; густая зеленая растительность на территории исследований отсутствует. Засушливый климат и малое выпадение осадков на песчаной территории не позволяет образовывать густой, сомкнутый растительный покров.

Так как в песках растительности немного, то наибольший интерес для данной работы представляют диапазоны со средним индексом NDVI от 0,25 до 0,50. Значения, которые попадают в этот диапазон, охватывают северо-западную часть песков и соответствует разряженной и невысокой растительности, что составляет 31,29 % от всей территории песков (таблица 5.5).

Таблица 5.5 - Распределение площадей состояния растительного покрова по рассчитанному NDVI

Вегетационный индекс NDVI	Состояние растительности	Площадь, км ²
0,51 - 1,0	Высокая степень развития растительности, хорошее	—
0,36 - 0,50	Средняя степень развития растительности, удовлетворительное состояние	60,3
0,26 - 0,35	Низкая степень развития растительности, угнетенное состояние	9940,3
0,16 - 0,25	Почва, сухая растительность	21907,5
-0,28 - 0,15	Соры, водные объекты, растительность отсутствует	57,6

Большое значение в качестве индикатора имеет растительность, косвенным образом показывающая глубину и минерализацию грунтовых вод. В связи с этим, по имеющимся исходным данным из геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических карт по водопунктам, а также данных наземных маршрутных работ на территории исследований, определена зависимость (рисунок 5.14), согласно которому пресные подземные воды до 1 г/л с глубиной залегания от 1,5-2,0 м в основном сосредоточены в северной и северо-западной части песков Нарын - соответствуют значениям NDVI от 0,25 до 0,35, а слабосоленоватые воды от 1 до 3 г/л с глубиной залегания от 2-5 м сосредоточены в центральной, южной и юго-восточной части и соответствуют значениям от 0,20 до 0,25.

Проведенный анализ дистанционными методами позволил оценить растительность весьма засушливой территории Северного Прикаспия с применением данных ДЗЗ и вычисленного на их основе вегетационного индекса. Результаты анализа NDVI на территории исследований показывают, что площади со значением индекса от 0,15 до 0,25 и от 0,25 до 0,35 позволяют проследить распространение пресных и слабосоленоватых подземных вод.

Площади с NDVI < 0,15 позволяют идентифицировать нерастительные объекты - соры и водные объекты.

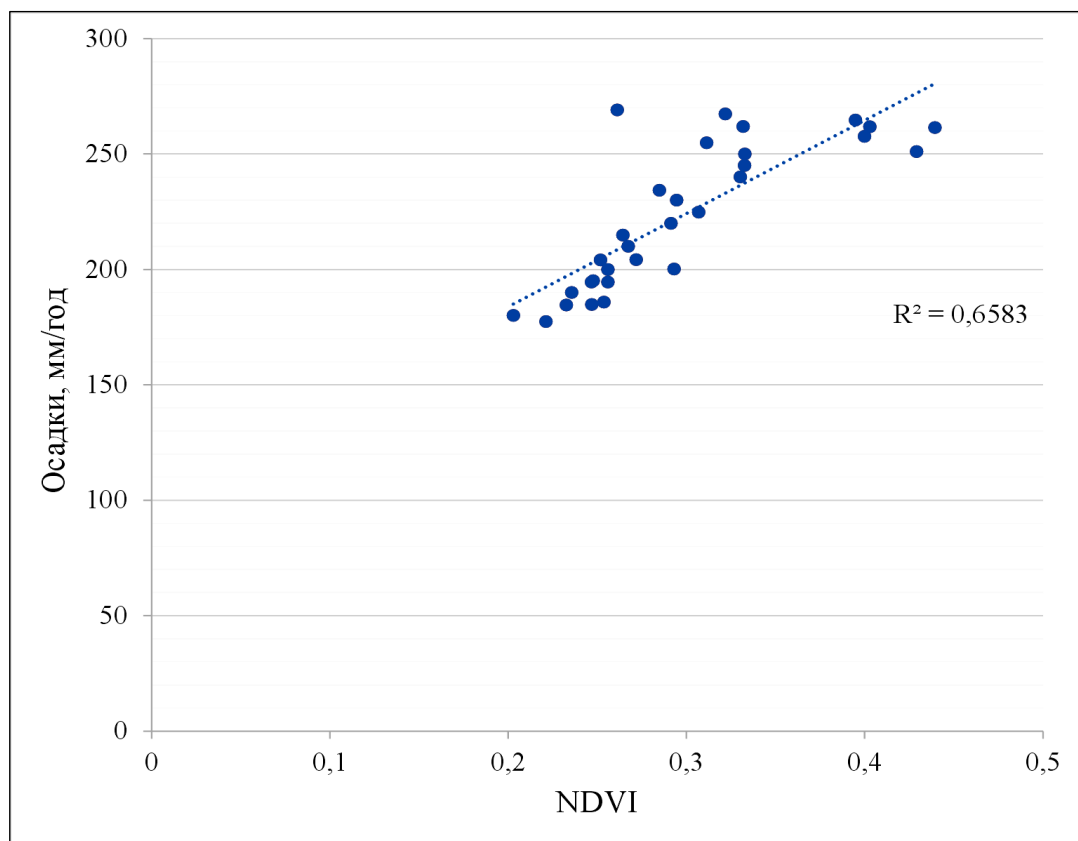


Рисунок 5.13 - График зависимости индекса NDVI от количества осадков на территории песков Нарын

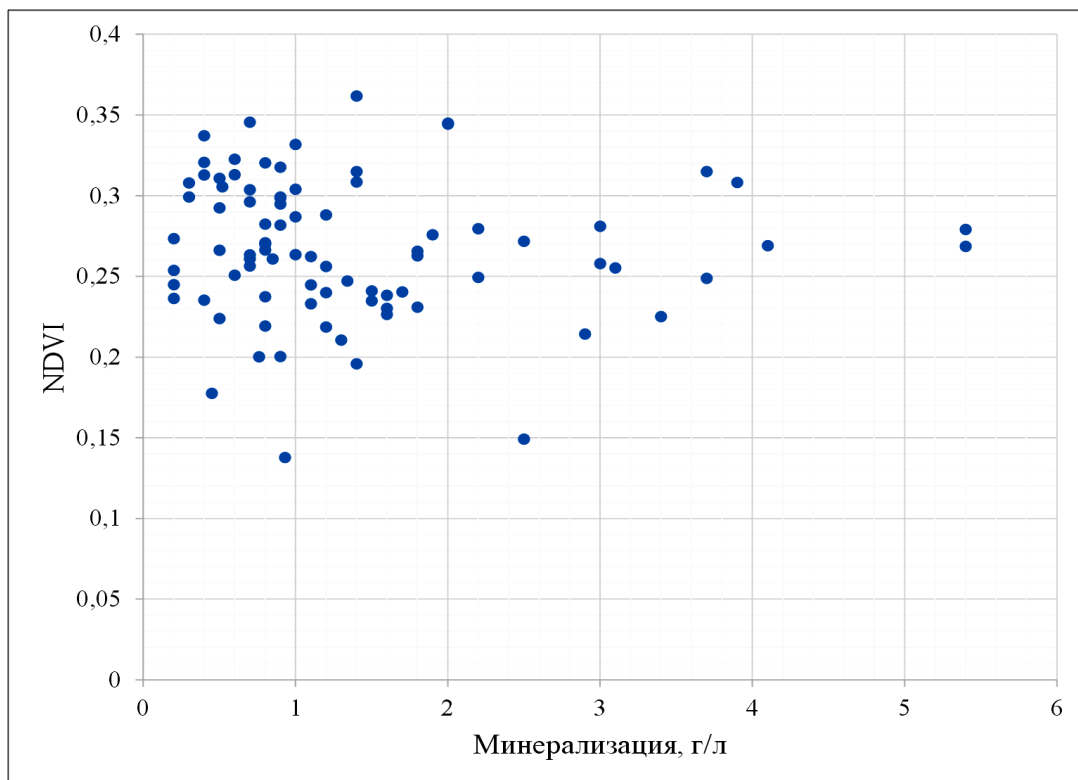


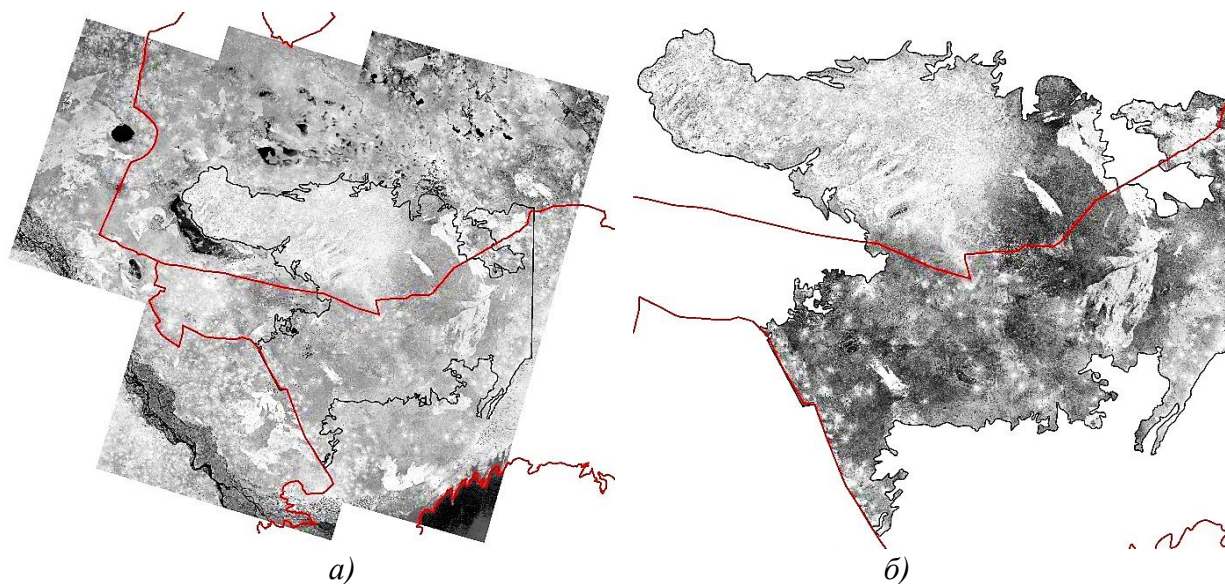
Рисунок 5.14 - Зависимость индекса NDVI и минерализации подземных вод на территории песков Нарын

5.3 Линеаментный анализ SWIR-диапазонов Landsat-8

Для проведения анализа в районе расположения песков Нарын использованы безоблачные снимки Landsat-8, указанные в таблице 5.6 и на рисунке 5.15.

Таблица 5.6 - Идентификаторы снимков Landsat-8

Год / день съемки	Путь	Ряд	Идентификатор	Спектральный канал / длина волны
2015 / 277	168	026	LC81680262015277LGN00	SWIR-2 / 2,11-2,29 мкм
2015 / 261		027	LC81680272015261LGN00	
2013 / 326	169	026	LC81690262013326LGN00	
2014 / 281		027	LC81690272014281LGN00	
2014 / 288	170	026	LC81700262014288LGN00	



а) мозаика, б) пески Нарын

Рисунок 5.15 - Ортофотомозаика Landsat-8, канал 7 (SWIR-2)

Извлечение линеаментов. Природу линеаментов, проявляющихся на космических изображениях, связывают с отражением на земной поверхности разноглубинных видимых и скрытых разломов земной коры [117]. Линия разлома визуальнo дешифрируется на космическом изображении в виде явно выраженного линеамента, интенсивность и четкость проявления которого связана с контрастностью движений по линии разлома.

Компьютерная обработка космических изображений позволяет выявить визуальнo незаметную линейно-полосчатую текстуру - линеаменты. Степень видимости (различимости) линеаментов на космических изображениях зависит, прежде всего, от характера напряженно-деформированного состояния земной коры и связанной с ним проницаемостью земной коры, что обуславливается выраженностью в ландшафтах и физико-химических свойствах поверхности

Земли, за счет изменения влажности, температуры, степени окисленности, выщелоченности, выветриваемости и других свойств почво-грунтов и горных пород и растительного покрова.

Линеаментный анализ территории Северного Прикаспия применен для выделения перспективных водоносных зон песчаных массивов, детальное изучение которых требует привлечения наземных гидрогеологических и геофизических методов.

Учитывая, что линеаменты могут указывать на перспективные водоносные зоны [118-120], а также погребенные долины и эрозионные врезы, применена процедура *Lineament Extraction* (модуль LINE) на программном комплексе Geomatica (таблица 5.7) [121-124].

Инструмент LINE извлекает линейные функции из изображения и записывает полилинии в векторном слое.

Параметры, которые заданы для обработки снимка [125]:

- *RADI* (радиус фильтра в пикселях) определяет размер Гауссовского ядра, используемого в качестве фильтра во время обнаружения границ. Чем больше значение *RADI*, тем меньше шума и детальнее результаты.

- Значение для порогового значения градиентного изображения определяется параметром *GTHR* (пороговое значение для граничного градиента). Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 255. Можно проверить различные значения и выбрать наиболее подходящее.

- *LTHR* (пороговое значение для длины кривой) определяет минимальную длину кривой (в пикселях), которая должна рассматриваться как линеамент.

- *FTHR* (пороговое значение для установки линии) определяет допуск для объединения сегментов линии к (изогнутому) линеаменту. Это значение указывается в количестве пикселей. Более низкое значение приводит к появлению большого количества коротких сегментов линии, которые лучше приближены к линеаментам; высокое значение коэффициента обеспечивает лучшее шумоподавление, что приводит к более длинным прямым линеаментам. Как правило, значение от 2 до 3 идеально.

- *ATHR* (пороговое значение угловой разности) определяет максимальный угол (в градусах) между двумя векторами для их объединения.

- *DTHR* (пороговое значение расстояния связывания) определяет максимальное расстояние (в пикселях) между двумя векторами для их связи.

Таблица 5.7 - Используемые параметры для модуля LINE

Параметры	Значение
RADI (Filter Radius)	20
GTHR (Edge Gradient Threshold)	20
LTHR (Curve Length Threshold)	30
FTHR (Line Fitting Threshold)	3
ATHR (Angular Difference Threshold)	30
DTHR (Linking Distance Threshold)	20

В рельефе линеаменты выражаются закономерно ориентированными зонами, образованными прямолинейными границами или спрямленными участками текстуры изображения.

Для исключения из процесса дешифрирования дорог, которые представляют собой явные линейные участки, выполнена генерализация космоснимков. Результирующая схема построенных локальных линеаментов исследуемой территории представлена на рисунках 5.16 и 5.17.

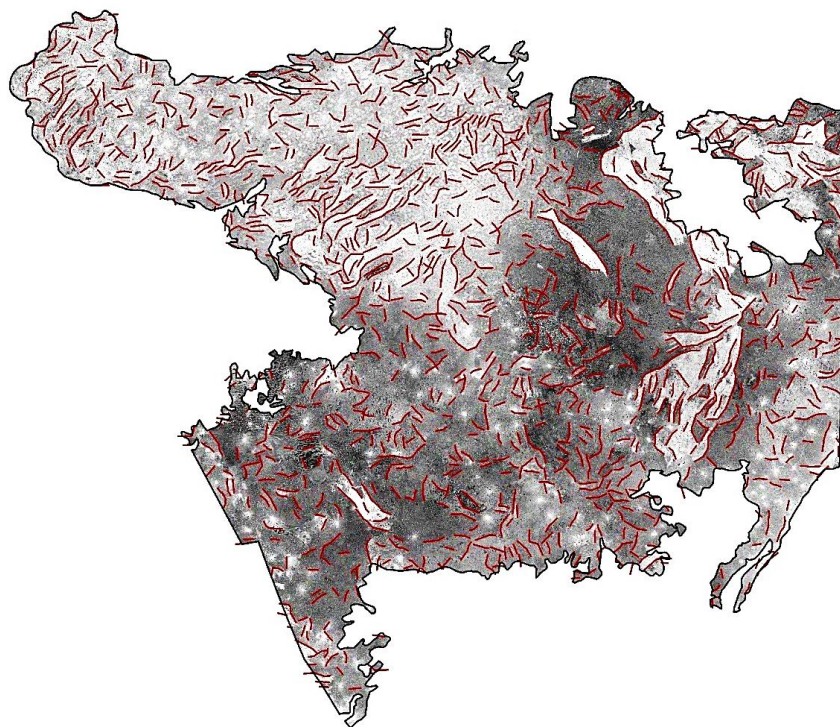


Рисунок 5.16 - Извлеченные линеаменты на территории песков Нарын

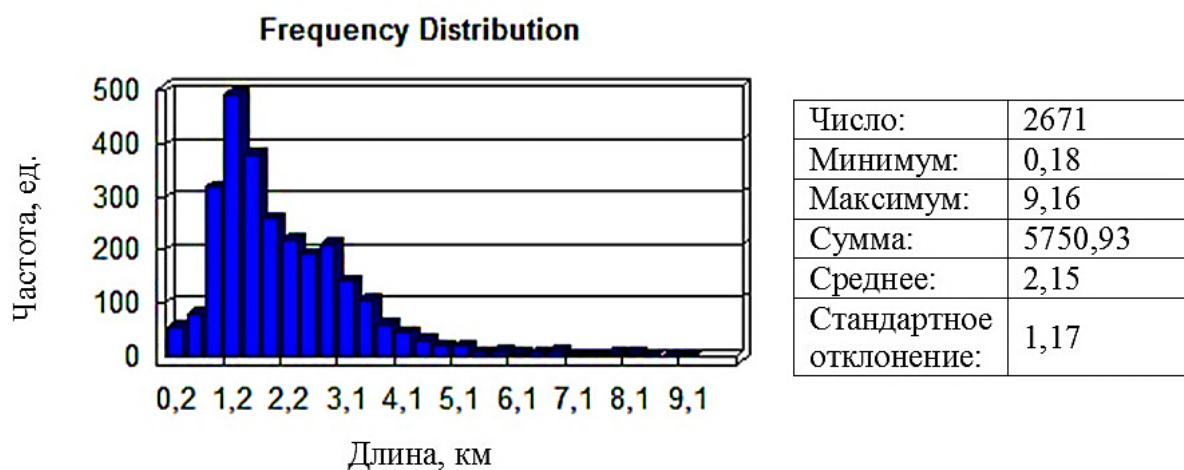


Рисунок 5.17 - Статистика частоты распределения линеаментов

Методологический подход основан на сочетании экспертных и автоматизированных методов оценки информации. Одним из наиболее распространенных является распознавание линейных и площадных аномалий

методами статистического анализа поля фототона. Таким образом, выделенные аномалии разделены на две группы:

- площадные - отражающие блоковые структуры;
- линейные - интерпретируемые как возможные эрозионные врезы или погребенные долины.

При выделении площадных структур проведен анализ характеристик пространственного распределения пикселей изображения (фототон, структура, текстура, форма и т.д.) с применением методов классификации, которые использованы в дальнейшем при районировании территории.

В процессе дешифрирования данных ДЗЗ с применением линеаментного анализа:

- установлены взаимосвязи между ландшафтами и геологическими процессами на исследуемой территории и определены ландшафтные индикаторы искомых геологических объектов (т.е. признаки проявления этих объектов в изображении ландшафта);

- выделены на изображениях аномалии фототона и их ландшафтные интерпретации;

- для линеаментного анализа использовался показатель линейной плотности линеаментов (L_m). Линейная плотность линеаментов рассчитывается как суммарная протяженность всех линеаментов в квадрате сетки (рисунок 5.18). Повышенные значения линейной плотности линеаментов рассматривался как определитель транзита подземных вод и показатель общей тектонической раздробленности территории.

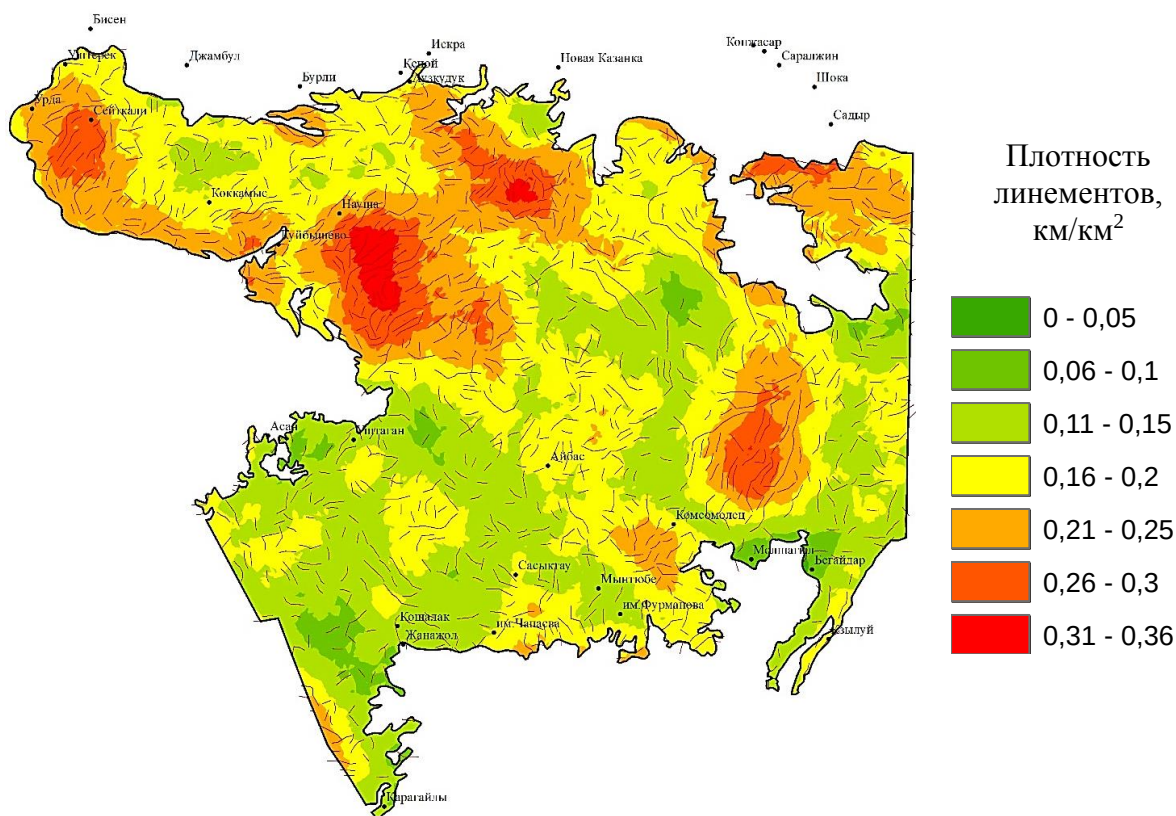
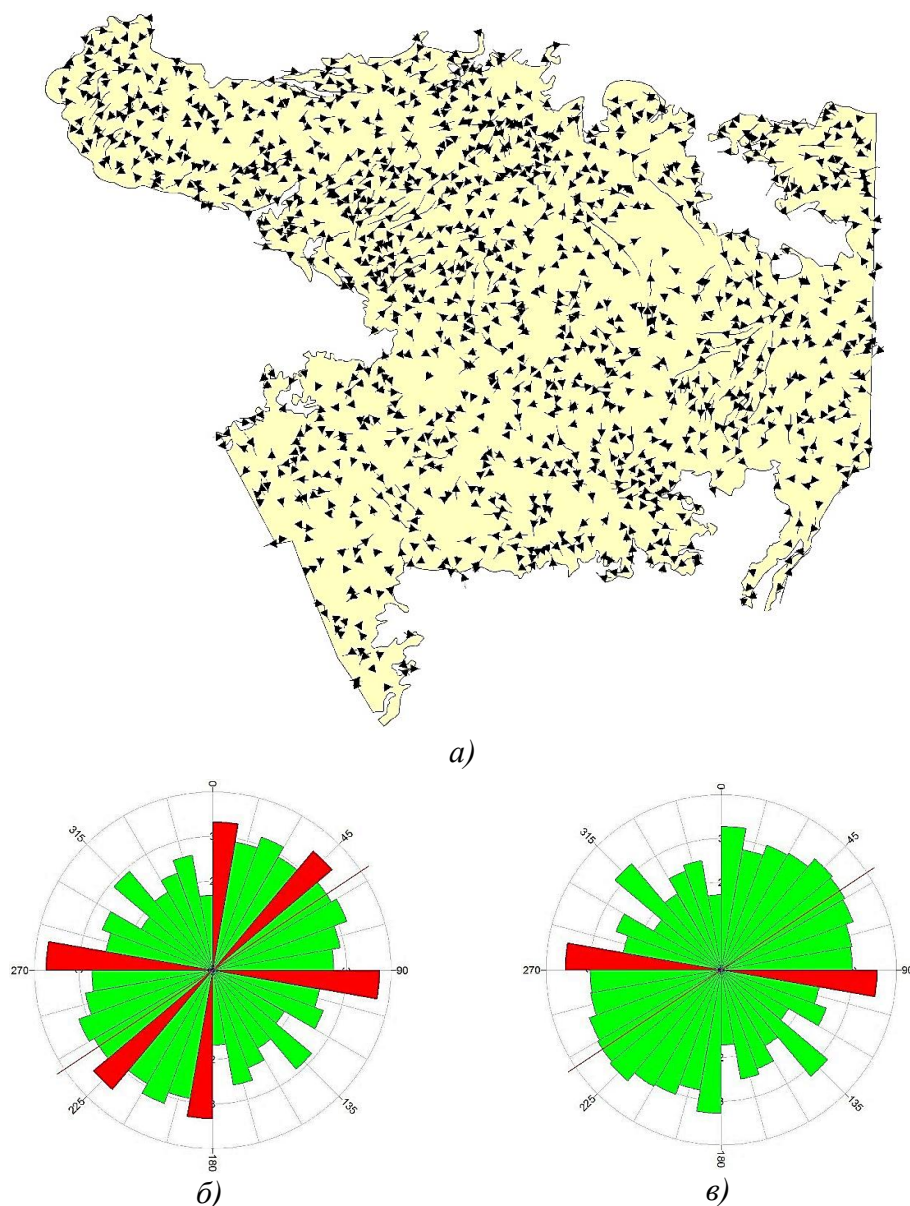


Рисунок 5.18 - Плотность линеаментов

Ориентация извлеченных линеаментов определялась роз-диаграммой, отображающую направление частоты и длины линеаментов на исследуемой территории. Азимут против часовой стрелки, от горизонтальной оси (0°), представляет собой направление, а радиус от начала координат соответствует частоте и длине линеаментов, как показано на рисунке 5.19. Максимальные тенденции сосредоточены в направлениях СВ-ЮЗ и В-З, минимальные - СЗ-ЮВ.



а) по площади; б) розы-диаграммы по частоте, в) розы-диаграммы по длине

Рисунок 5.19 - Ориентация линеаментов

Таким образом, для выделения перспективных водоносных зон на территории песков Нарын помимо традиционных методов анализа материалов геолого-гидрогеологической изученности использованы методы дешифрирования ДЗЗ с применением линеаментного анализа.

В процессе комплексного гидрогеологического и линеаментно-

геодинамического анализа с учетом параметров водоносности и водонасыщенности скорректированы границы известных водообильных зон и спрогнозированы дополнительные зоны.

5.4 Анализ цифровой модели рельефа SRTM и TIR-диапазонов MODIS

Для обработки данных ДЗЗ и проведения анализа теплового поля использованы программные комплексы, позволяющие выполнить ряд процедур от первичной до тематической обработки космоснимков и построения карт. Программное обеспечение, использованное для комплексного пространственного анализа космических и геолого-геофизических данных: Анизотропное преобразование сигналов, КАСКАД 3Д, ArcGIS и др.

Тепловые космоснимки, после применения соответствующих процедур обработки и интерпретации, являются хорошей информационной основой для изучения эндогенного геотермодинамического поля.

Метод анизотропных преобразований (МАП). Для выделения и прослеживания протяженных аномалий разработан метод анизотропных преобразований [126], основанный на фильтрации с перебором направлений, который выделяет коррелируемую составляющую обрабатываемых площадных данных. Этот метод позволяет по одним и тем же данным, в зависимости от принятых параметров обработки, выделять протяженные аномалии различных порядков. Особенностью реализованного алгоритма является возможность выделения и прослеживания аномалий, соизмеримых по амплитуде с помехами. Выделенные протяженные аномалии могут картировать различные структурные элементы (зоны разломов, зоны контактов, протяженные зоны изменений физических свойств разреза, протяженные элементы рельефа и т.п.).

Обычно выполняется три вида преобразований: выделение относительно отрицательных аномалий, выделение относительно положительных аномалий и выделение зон высоких градиентов.

Протяженные относительно отрицательные аномалии характеризуют области с пониженными значениями физических свойств пород разреза. Для теплового поля это зоны залегания пород с низкими теплофизическими свойствами, либо обводненные зоны, для рельефа - отрицательные формы (гидросеть на дневной поверхности, унаследованные структуры от погребенных речных долин). Протяженные относительно положительные аномалии характеризуют области с повышенными значениями физических свойств пород разреза. Для теплового поля это зоны залегания пород с высокими теплофизическими свойствами, либо зоны разгрузки эндогенного тепла, для рельефа - положительные формы (хребты, гряды).

Протяженные аномалии высоких градиентов характеризуют зоны возможного размещения тектонических нарушений, либо сочленения областей с резкой сменой физических свойств.

Для анализа с применением МАП использовались данные радарной интерферометрической съемки SRTM и тепловые (TIR-диапазоны) космоснимки Terra/MODIS.

Анализ цифровой модели рельефа. Рельеф является индикатором новейших, и в особенности современных тектонических движений. Это позволяет выявлять глубинные ослабленные зоны в рельефе в виде эрозионных ложбин разной масштабности, например, зоны повышенной трещиноватости, которые подвергаются эрозии в первую очередь, и вследствие чего на которых укрепляется гидросеть. Анализ пространственного сочетания форм рельефа разного генезиса иногда позволяет выявлять локальные неотектонические структуры. При этом особенно важно, что совокупность форм рельефа может индицировать не только приповерхностные, но и глубинные структуры.

Такой анализ особенно актуален при гидрогеологических исследованиях, где отрицательные локальные структуры могут рассматриваться как индикаторы погребенных речных долин.

При анализе выявленных протяженных аномалий рельефа (рисунок 5.20), наибольший интерес представляют аномалии, которые имеют юго-восточное направление, так как в структуре элементов рельефа северной и северо-западной части территории исследований, эрозионная сеть отчетливо прослеживается высокими значениями аномалий, и имеет преимущественно такое же направление, в сторону Каспийского моря.

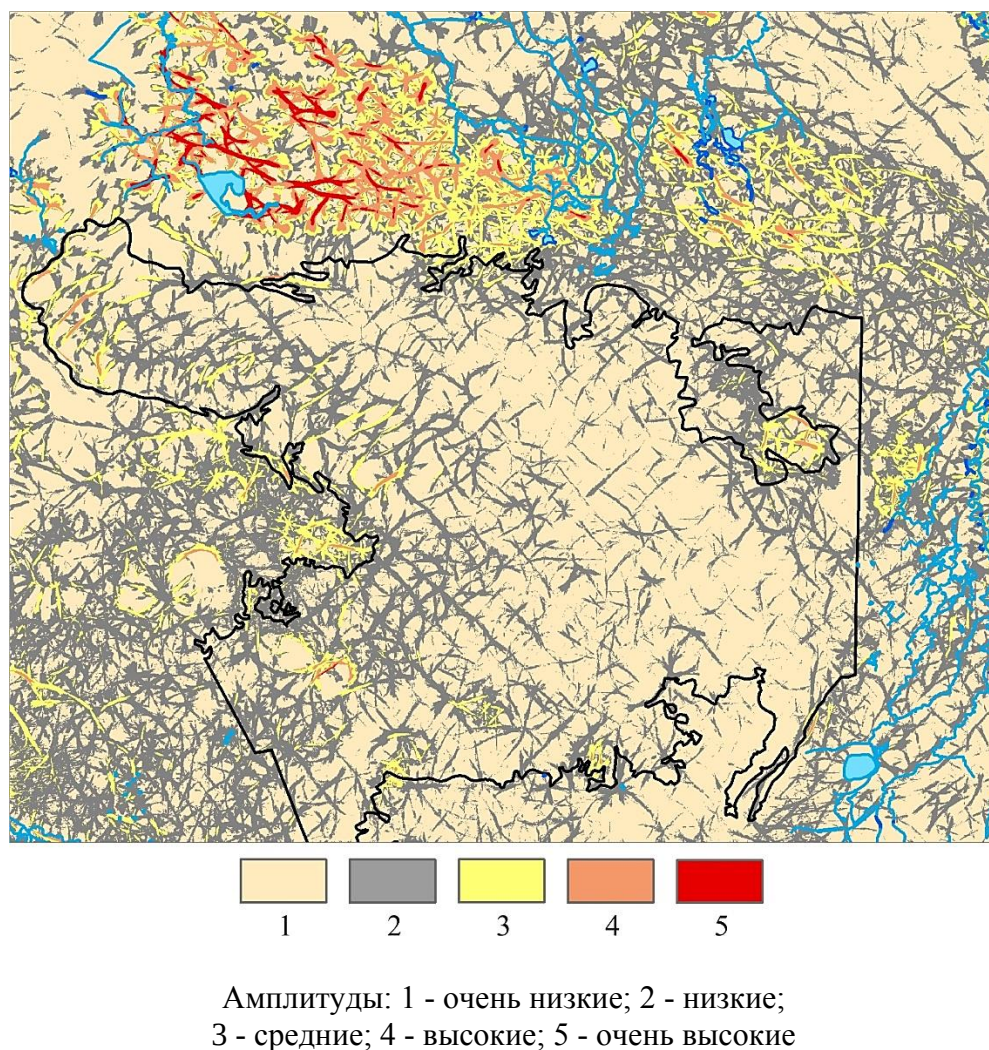


Рисунок 5.20 - Протяженные аномалии рельефа по данным SRTM

Анализ теплового поля. Для картирования особенностей погребенного рельефа и тектонических элементов разного порядка на территории исследований эффективно использовались тепловые космоснимки, результаты обработки которых с помощью современных технологий дают новую, ранее недоступную информацию.

Потенциал эндогенной энергии проявляется в виде регионального теплового потока, распределение которого при выходе на поверхность подчинено факторам геологического строения.

Проявления тепловых аномалий связаны с региональными и локальными поисковыми признаками погребенных долин, возможным выявлением путей миграции флюидов в связи с геодинамическими активными зонами. Внутреннее тепло недр легче всего разгружается через ослабленные (трещиноватые) зоны, насыщенные флюидами, создавая тепловые аномалии, контролируемые эти зоны. Аномалиями проявляются объекты с различными теплофизическими свойствами, аккумулирующими эндогенное и экзогенное тепло.

В данном исследовании использованы TIR-диапазоны снимков MODIS для единовременного охвата всей территории песков Нарын (рисунок 5.3), выполненных в ночное время, чтобы анализировать собственное тепловое излучение объектов. В это время суток практически исключается солнечно-тепловая инерционная составляющая и сильнее проявляются собственные излучения геологических объектов.

Данные MODIS из долговременного ряда выбраны таким образом, чтобы исследуемая территория была максимально свободна от облачного, растительного и снежного покровов, а траектория пролета спутника была приближена к надирному расположению. Для выполнения исследований пересчитаны значения TIR-каналов MODIS в физические значения *radiance* и в *LST* (Land Surface Temperature) (рисунок 5.21).

Построение маски *LST* по данным MODIS основана на «Generalized split-window *LST*» алгоритме, где в качестве входных значений используются значения излучения, регистрируемые в 31 и 32 каналах, пересчитанные в соответствующие значения температур, значение широты для начального приближения температуры и влажности воздуха, зенитный угол сенсора. Для пикселей недоступных типов поверхности используется среднее значение эмиссий (за исключением пикселей определенных, как имеющих снежный покров, для них используется свои собственные значения).

Последовательными итерациями находятся приближенные значения температуры (7 диапазонов) и влажности (column water vapor, 11 диапазонов) воздуха. На основании этих значений, типа поверхности и интерполированного значения зенитного угла сенсора относительно обрабатываемого пикселя через таблицы перекодировки вычисляются коэффициенты для выражения (5.1) и итоговое значение температуры.

$$T_s = \left(A_1 + A_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + A_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right) \frac{T_{31} + T_{32}}{2} + \left(B_1 + B_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + B_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right) (T_{31} - T_{32}) + C \quad (5.1)$$

В случае неудачной корректировки (результатирующая температура меньше соответствующей рассчитанной в 31 канале), результатом является температура, рассчитанная из 31 канала.

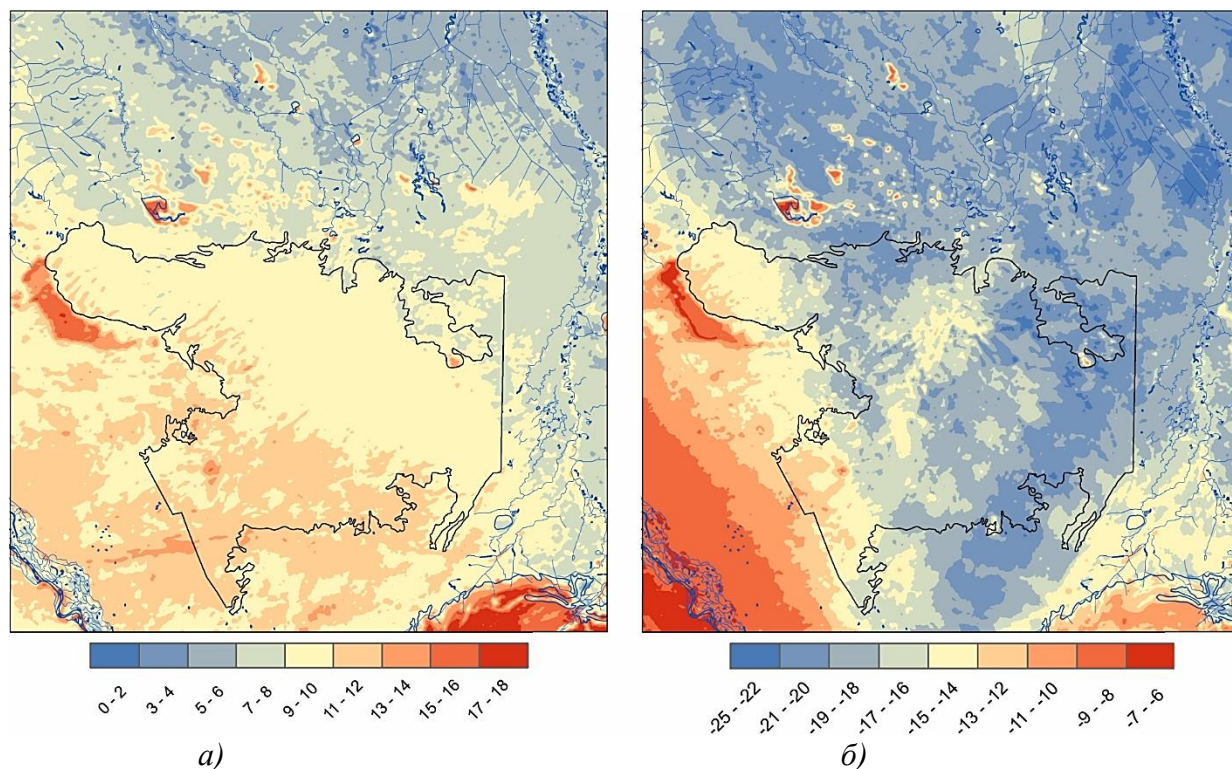


Рисунок 5.21 - Температура земной поверхности (LST) по данным Terra/MODIS, градус °C

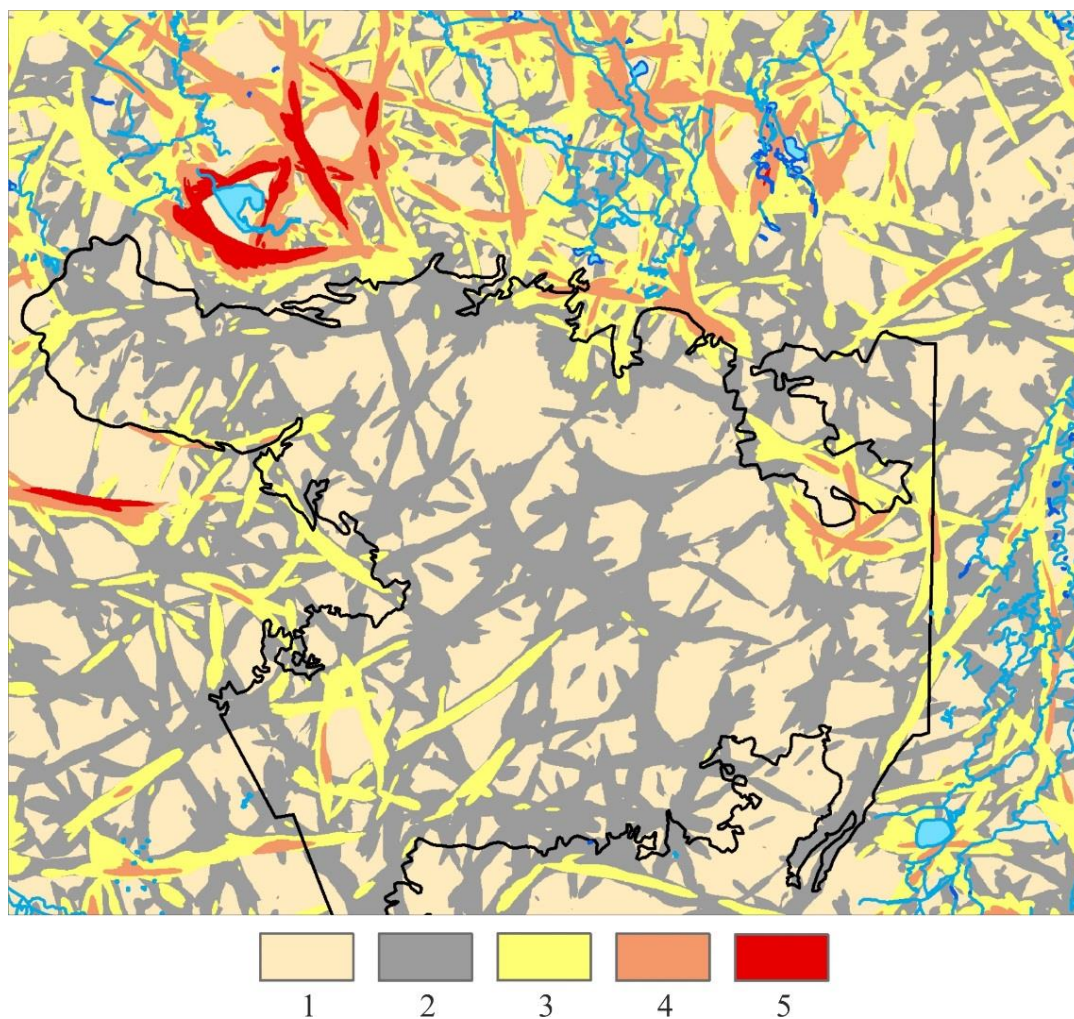
Слабые, зачастую соизмеримые с аппаратными и природными помехами, аномалии теплового потока и температуры, связанные с геологическими объектами, тектоническими нарушениями и геодинамическими зонами, традиционными визуальными способами выделяются с трудом (рисунок 5.20). Для выделения тепловых аномалий используются методы фильтрации, пересчета в нижнее полупространство, осреднение и др.

Для выделения и прослеживания протяженных аномалий использовался МАП, основанный на фильтрации с перебором направлений, который выделяет коррелируемую составляющую теплового поля. Этот метод позволяет по данным теплового космоснимка в зависимости от заданных параметров обработки выделять протяженные аномалии различных порядков [127].

Для характеристики особенностей теплового поля важное значение имеет выполненный анализ взаимосвязи между генерализированным расположением тепловых аномалий в мелких масштабах до их детализации в более крупных масштабах. Исследования тепловых полей и аномалий проводилось для разных уровней генерализации и выбран более информативный.

Относительно отрицательные аномальные значения теплового поля

(рисунок 5.22), исходя из анализа имеющегося материала, обусловлены в основном насыщенными водой погребенными речными долинами, проявляющиеся на поверхности в виде аномалий.



Амплитуды: 1 - очень низкие; 2 - низкие;
3 - средние; 4 - высокие; 5 - очень высокие

Рисунок 5.22 - Протяженные тепловые аномалии, предположительно обусловленные погребенными речными долинами

Сеть выделенных аномалий имеет в основном юго-восточное и юго-западное направление, причем, как указывалось выше, аномалии юго-восточного направления имеют заметно более высокие значения амплитуд.

Результаты анализа цифровой модели рельефа и теплового поля были сопоставлены с имеющимися фактическими данными по водопунктам для оценки достоверности (рисунок 5.23). Порядка 77 % от общего числа водопунктов соответствуют низким (преобладающее количество), средним и высоким значениям амплитуд отрицательных аномалий рельефа, 79 % - значениям отрицательных аномалий теплового поля.

Достаточно высокие значения сходимости позволяют утверждать о перспективности использования данного метода.

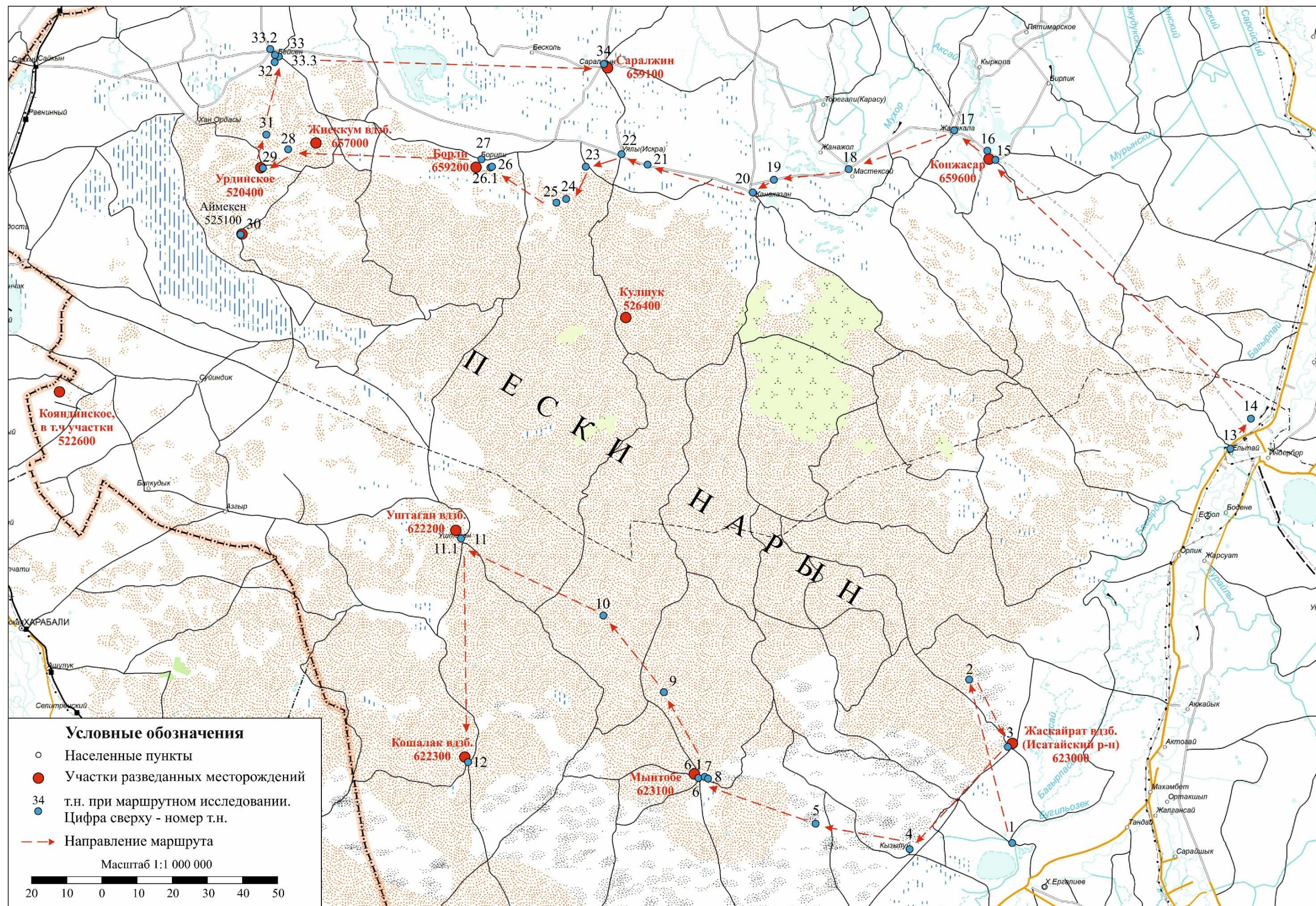


Рисунок 5.24 - Схема маршрута

По Атырауской области маршруты протяженностью 660 км проведены в западном и северном направлении, охватывая пески Нарын и населенные пункты. Всего 14 точек наблюдений.

Описание водопунктов осуществлялось с определением:

1) географического положения и абсолютной отметки высоты описываемого водопункта, а также краткое описание местности, почвенного покрова и состояния растительности (рисунок 5.25);



Рисунок 5.25 - Фото автора - Описание точек наблюдения

2) дебита (Q) водопункта (замер дебита источника производилось объемным способом или с помощью водослива, а колодца и скважины - при помощи пробной откачки (рисунок 5.26); если откачку провести не представлялось возможным, то примерная производительность водопункта устанавливалась на основании опроса местных жителей);



Рисунок 5.26 - Фото автора - Проведение откачек

- 3) физических свойств воды (температура, вкус, запах, цвет, прозрачность);
- 4) режима водопункта (по опросным данным);
- 5) химического состава, минерализации (из наиболее типичных, а также и

из особенно отличающихся водопунктов отбирались пробы воды (рисунок 5.27) на химический анализ (СХА - 0,5 л, ПХА - 1 л)).



Рисунок 5.27 - Фото автора - Отбор проб воды на химический анализ

При изучении и описании колодцев и скважин:

- измерялась глубина до дна и до поверхности воды (рисунок 5.28);
- определялись размеры их сечения, тип каптажа (деревянный сруб, бетонные кольца, металлические обсадные трубы и т.п. (рисунок 5.29-5.31));
- описывались водоподъемные средства;
- определялась максимальная производительность колодца или скважины и устанавливалось понижение уровня (S) воды при этом.

Для эксплуатируемых скважин, в которых проводились опытно-фильтрационные работы, собирались сведения об их результатах, данные о фильтрационных параметрах эксплуатируемых водоносных горизонтов.



Рисунок 5.28 - Фото автора - Определение гидрогеологических параметров



Рисунок 5.29 - Фото автора - Типы каптажных сооружений (деревянные) на территории песков Нарын



Рисунок 5.30 - Фото автора - Типы каптажных сооружений (бетонные кольца) на территории песков Нарын



Рисунок 5.31 - Фото автора - Типы каптажных сооружений (скважины) на территории песков Нарын

Результаты наземных маршрутных исследований представлены в Приложении А, результаты химических анализов проб воды - в Приложении Б.

По результатам наземных маршрутных исследований отмечается следующее:

1) пресные подземные воды с минерализацией до 1 г/л составляют 58 % от отобранных вод. Состав их от гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного до треанионного с преобладанием катионов натрия, жесткость в пределах 2-10 мг-экв/дм³, рН 6,9-8,2 (воды от нейтральных до слабо щелочных);

2) подземные воды с минерализацией более 1 г/л имеют хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный натриевый, натриево-магниевый химический состав, с жесткостью более 10,0 мг-экв/дм³ и слабощелочной реакцией;

3) подземные воды песчаных эоловых отложений в пределах песков Нарын каптируются в основном колодцами, выкопанными и оборудованными вручную. Пресные подземные воды используются для децентрализованного питьевого водоснабжения животноводческих хозяйств и мелких населенных пунктов, а также водопоя скота. Более минерализованные подземные воды отбираются для водопоя скота на специально оборудованных площадках (вручную или насосами, емкости для питья и пр.);

4) разведанные месторождения подземных вод эоловых отложений не эксплуатируются. Раннее пробуренные скважины законсервированы;

5) результаты маршрутных исследований подтверждают наличие пресных подземных вод в четвертичных эоловых отложениях как в виде линз, так и водоносных горизонтов, перспективных для освоения в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Наземные данные и результаты контактных наблюдений также использованы для распознавания образов наземных объектов на космических снимках и при дешифрировании данных ДЗЗ. Данные представлены в виде дополнительных тематических слоев ГИС территории в векторном или растровом формате геоинформационной модели песков Нарын.

5.6 Геоинформационная модель песков Нарын

Для объективной оценки исследуемой территории и выявления перспективных водоносных площадей, проведен совместный анализ данных, полученных посредством наземных контактных и дистанционных спутниковых измерений, а также созданная геоинформационная модель территории песков Нарын.

Модели служат основой при обработке информации в информационных технологиях и системах. Моделирование создает возможность замены эксперимента математическими или информационными манипуляциями и переноса результатов моделирования на объект исследования. Это прикладное значение моделирования. Одной из таких обобщенных технологий моделирования является геоинформационное моделирование.

В основе большинства используемых методов обработки в информационных технологиях лежит понятие информационной модели -

некоторого целенаправленного формализованного отображения существующей системы информации с дополнением определенных элементов, характеризующих систему управления и управляемый объект. В основе большинства методов обработки пространственной информации лежит понятие геоинформационной модели и геоинформационного моделирования [132-134].

Геоинформационное моделирование обеспечивает представление (алгебраическое, графическое и др.) используемых данных и их взаимосвязей. Геоинформационная модель гидрогеологических условий песков Нарын, построена на основе материалов ранее проведенных исследований (фактический материал), результатов анализа данных ДЗЗ и наземных маршрутных исследований.

Функции трехмерного и перспективного отображения, моделирования и анализа геоинформационной модели производились с помощью дополнительного модуля ArcGIS 3D Analyst (приложение ArcScene). Модуль включает в себя возможности создания и работы с триангуляционными нерегулярными сетями (TIN). Программное обеспечение имеет полностью итерированные функции анализа данных GRID-формата и создания трехмерных моделей, интерполируя координату Z (*Z-factor*) с данных поверхностей.

Приложение ArcScene позволяет совмещать множество слоев данных в 3D среде. Для размещения пространственных объектов 3D, использованы данные о высоте объекта, полученные из его геометрии, атрибутов объекта, свойства слоя или заданной 3D поверхности. Каждый слой 3D изображения обрабатывался отдельно от других. Данные, имеющие различную пространственную привязку, перепроецированы и отображены в системе координат UTM [135].

Использованы многочисленные аналитические инструменты и функции геобработки. 3D визуализация цифровой модели рельефа SRTM по территории песков Нарын представлена на рисунке 5.32.

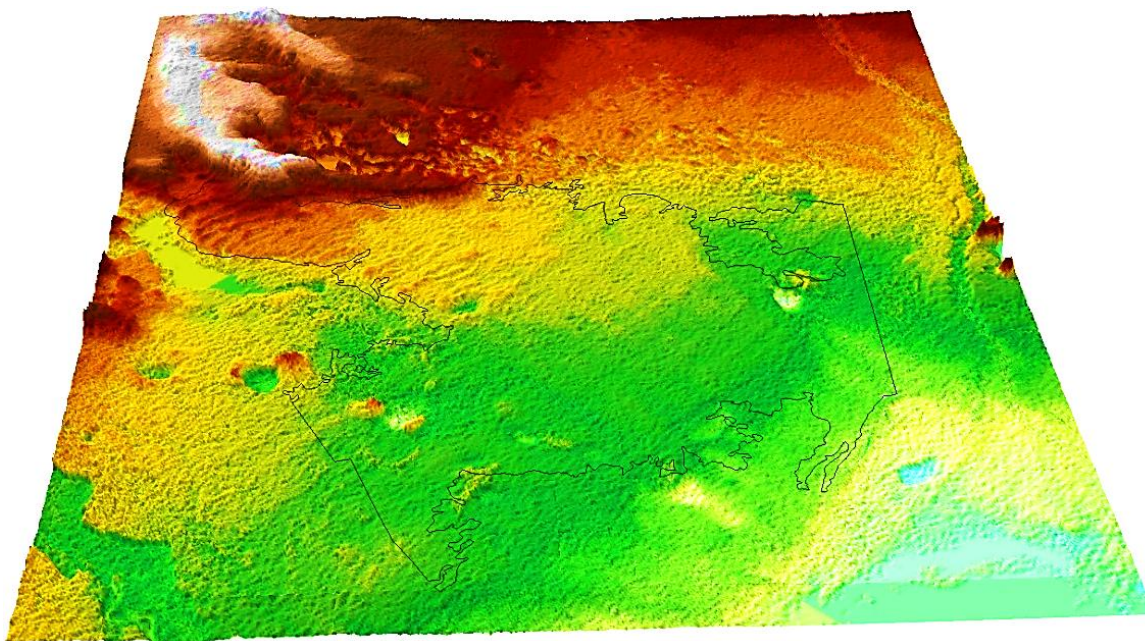


Рисунок 5.32 - 3D модель рельефа песков Нарын

Моделирование базируется на создании многослойных растровых и векторных данных, отражающие качественные и количественные характеристики территории песков Нарын (рисунок 5.33), в которых опорными слоями являются фактические данные, материалы тематической обработки данных ДЗЗ и ЦМР, а именно:

- 1) Космические снимки (Landsat-8, Terra/MODIS);
- 2) Цифровая модель рельефа (SRTM);
- 3) Гидрогеологическая карта;
- 4) Вегетационный индекс (Landsat-8, Terra/MODIS);
- 5) Извлеченные линеаменты (Landsat-8);
- 6) Плотность линеаментов;
- 7) Протяженные аномалии рельефа (SRTM);
- 8) Протяженные аномалии тепловых полей (Terra/MODIS);
- 9) Водопункты (скважины, колодцы);
- 10) Мощность водоносного горизонта;
- 11) Минерализация подземных вод;
- 12) Среднегодовое количество осадков.

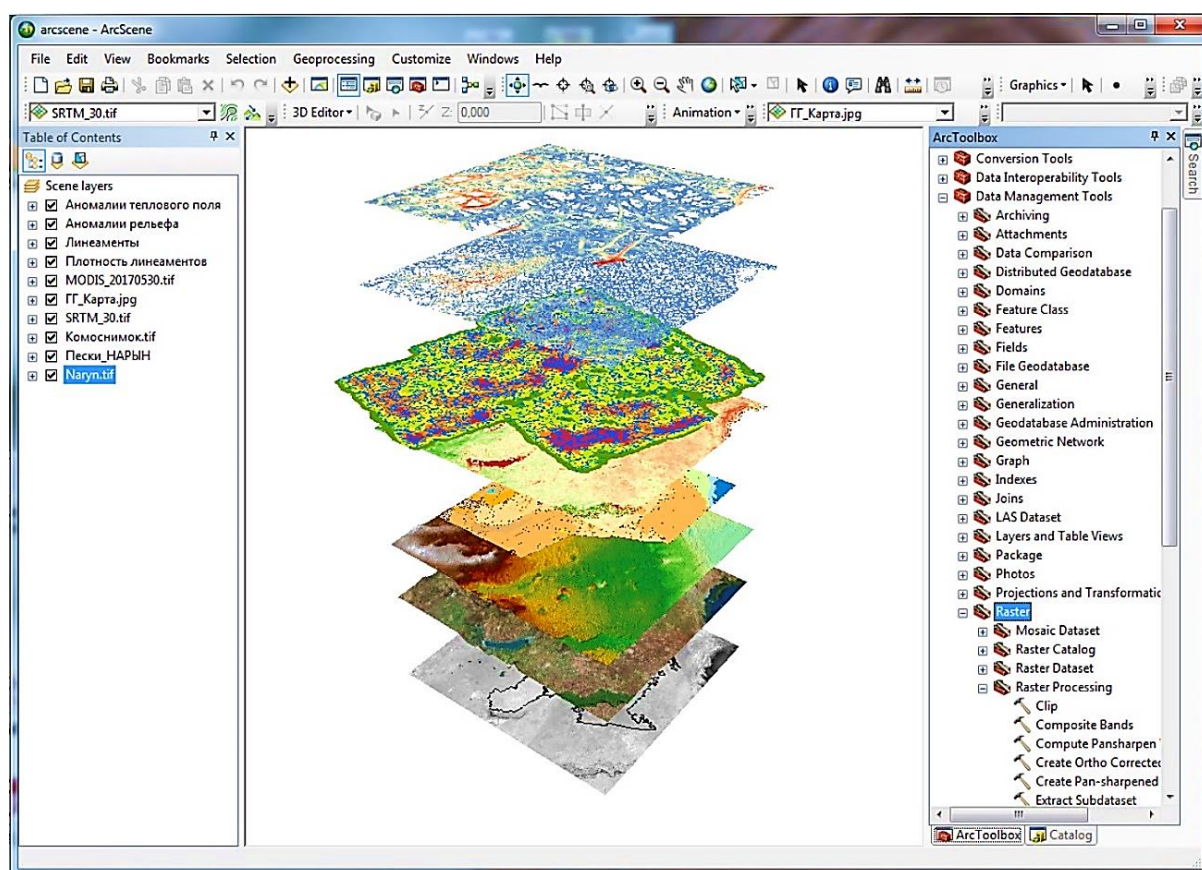


Рисунок 5.33 - Геоинформационная модель песков Нарын

Каждому пространственному объекту соответствует запись в базе данных с набором атрибутивной информации. ГИС хранит информацию в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе географического положения в соответствии с месторасположением песков Нарын (WGS 84 / UTM zone 39N).

Инструменты ГИС-технологий дают возможность идентифицировать наборы данных. При помощи операторов и отображения путем наложения (комбинирования) слоев, содержащих различные виды данных, и сравнение их друг с другом на основе расположения объектов осуществляется пространственный анализ и моделирование.

Прогноз перспективных площадей. Геоинформационная модель песков Нарын на основе сопоставления полученных результатов проведенных анализов позволяет выделить перспективные площади для проведения более детальных гидрогеологических поисково-разведочных работ для выявления месторождений подземных вод.

Входные растровые данные были приведены к одинаковому разрешению и экстенду (пески Нарын) при помощи инструментов «Data Management Tools». Все входные данные классифицированы методом «Natural Breaks (Jenks)». Классы Natural Breaks основаны на естественных группировках, присущих данным. Разрывы классов идентифицируют, что наилучшие групповые аналогичные значения и максимизируют различия между классами. Функции делятся на классы, границы которых заданы там, где имеются относительно большие различия в значениях данных [136].

Классифицированные растры переклассифицированы с помощью инструмента «Reclassify» для возможности разбивки их на 5 категорий перспективных площадей по возрастанию (таблица 5.8).

Таблица 5.8 - Растровые данные для прогноза перспективных площадей

Название параметра	Классификация	Категории перспективности
1	2	3
Вегетационный индекс NDVI	–0,21 - 0,19	1
	0,2 - 0,24	2
	0,25 - 0,26	3
	0,27 - 0,3	4
	0,31 - 0,45	5
Плотность линеаментов, км/км ²	0,04 - 0,13	1
	0,14 - 0,16	2
	0,17 - 0,2	3
	0,21 - 0,25	4
	0,26 - 0,35	5
Амплитуды протяженных аномалий ЦМР SRTM	Очень низкие	1
	Низкие	2
	Средние	3
	Высокие	4
	Очень высокие	5
Амплитуды протяженных аномалий теплового поля	Очень низкие	1
	Низкие	2
	Средние	3
	Высокие	4
	Очень высокие	5

Продолжение таблицы 5.8

1	2	3
Среднегодовое количество осадков, мм/год	158 - 190	1
	191 - 204	2
	205 - 220	3
	221 - 242	4
	243 - 271	5
Мощность водоносного горизонта, м	3 - 5	1
	6 - 10	2
	11 - 12	3
	13 - 16	4
	16 - 20	5
Минерализация подземных, г/л	4,1 - 5,0	1
	3,1 - 4,0	2
	2,1 - 3,0	3
	1,1 - 2,0	4
	0 - 1,0	5

С помощью калькулятора растров в «Spatial Analyst Tools» данные просуммированы для определения высоких значений категорий в каждом сходящемся пикселе растровых данных. Эти высокие значения позволили выявить наиболее вероятные перспективные площади для проведения детальных гидрогеологических исследований на территории песков Нарын. Итоговая карта представляет собой растр, в котором выделены пять категорий, характеризующие перспективность территории исследований (рисунок 5.34).

Таким образом, перспективность территории исследований оценивалась в площади 31,7 тыс. км², из них наиболее перспективные площади составили 2849 км² (9 %), перспективные - 5859 км² (18 %), менее перспективные - 7540 км² (24 %), слабо перспективные - 9039 км² (29 %), неперспективные - 6402 км² (20 %).

Основной принципиальный вывод по поисковому значению выявленных в результате интерпретации аномалий и геоинформационному моделированию на основе данным ДЗЗ:

- в пределах, выявленных протяженных линейных тепловых аномалий, а также аномалий рельефа в первую очередь будут обнаружены признаки, указывающие на наличие погребенных речных долин;

- создание и применение геоинформационной модели на основе сопоставления полученных результатов проведенных анализов позволяет выделить перспективные площади и дать прогноз для проведения более детальных гидрогеологических поисково-разведочных работ для выявления месторождений подземных вод.

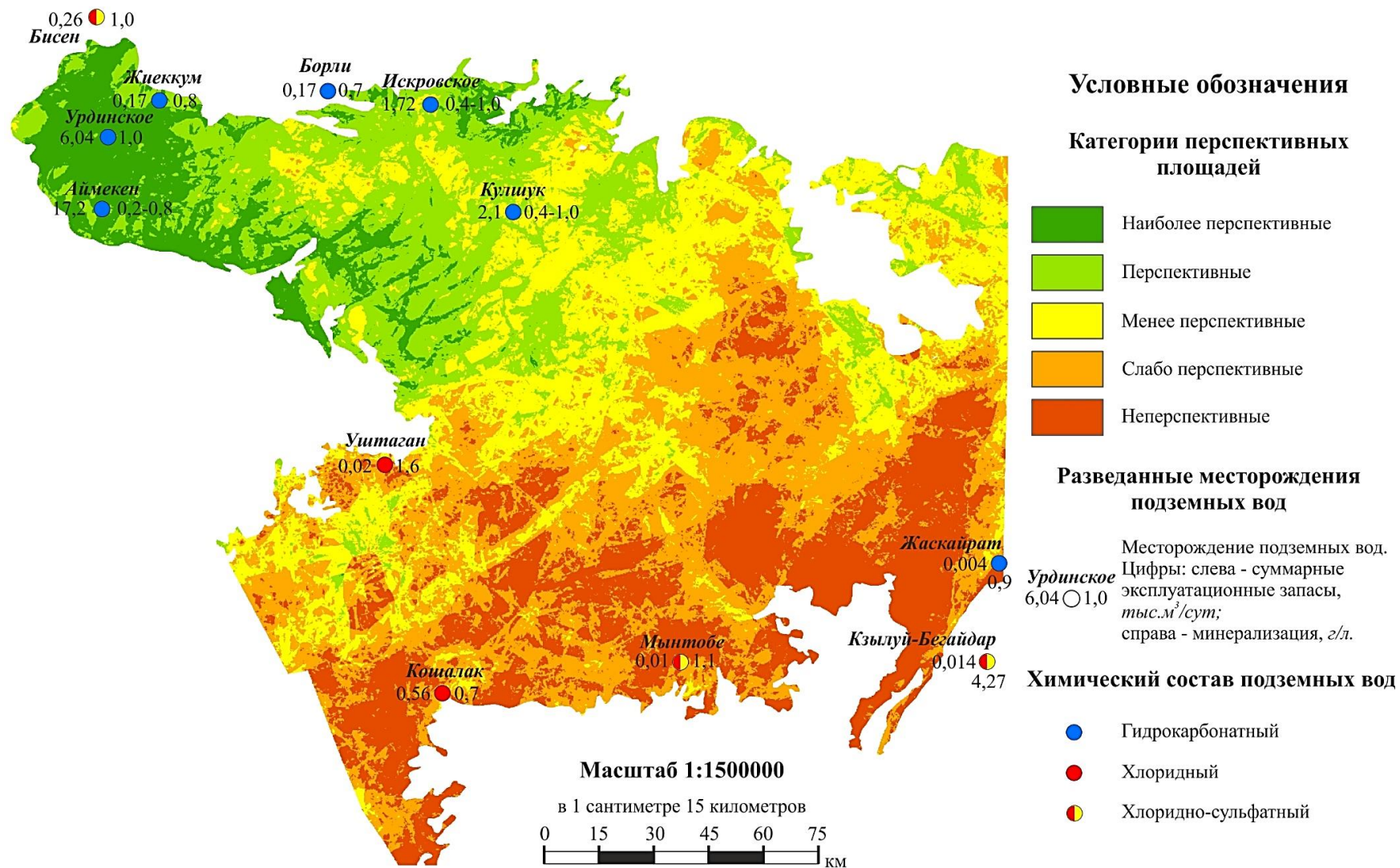


Рисунок 5.34 - Карта перспективных площадей для поиска месторождений подземных вод

Выводы по 5 разделу:

– Системы дистанционного зондирования Земли позволили выполнить комплексную интерпретацию геолого-геофизических, гидрогеологических материалов, осуществить исследования с применением анализа данных ДЗЗ, интерпретации космоснимков различного разрешения и спектральных характеристик. Территория ПВ полностью покрыта космосъемкой с различных спутниковых аппаратов. Наиболее распространенными и доступными для решения поставленных задач, связанных с геолого-гидрогеологическими исследованиями, являются космоснимки со спутников Terra, Aqua, Landsat, Sentinel-1 и др., а также цифровая модель рельефа (ЦМР) на основе данных SRTM.

– По данным ДЗЗ проведен анализ вегетационного индекса, цифровой модели рельефа песков Нарын. Учитывая, что величина вегетационного индекса (NDVI) косвенно определяет глубину распространения и минерализаций подземных вод, построен график зависимого NDVI от глубины и минерализаций вод. Из графика видно подземные воды с минерализацией до 1 г/л с глубиной залегания 1,5-20 м имеют индекс NDVI от 0,25 до 0,35, а слабосоленоватая вода от 1 до 3 г/л с глубиной 2-5 м индекс NDVI равен 0,20-0,25. Таким образом, на основании дешифрирования космоснимком установлено: подземные воды с минерализацией до 1 г/л и глубиной залегания 1,5-2 м распространены на севере и в северо-западной части песков Нарын, а слабосоленоватая вода (1-3 г/л) при глубине 2-5 м сосредоточен в центральной, южной и юго-восточной части обследуемого региона.

– В процессе комплексных исследований гидрогеологических условий, распространения тепловых полей и линеаментно-гидродинамического анализа с учетом водоносности и водонасыщенности пород уточнены границы известных водоносных зон, спрогнозированы дополнительные водоносные зоны, выделены возможные структуры, связанные с погребенными долинами.

– Наземные маршрутные исследования позволили оценить качество используемых водных ресурсов. Пресные подземные воды с минерализацией до 1 г/л составляют 58 % от отобранных вод. Состав их от гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного с преобладанием катионов натрия, жесткость в пределах 2-10 мг-экв/дм³, рН 6,9-8,2 (воды от нейтральных до слабо щелочных). Подземные воды с минерализацией более 1 г/л имеют хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный натриевый, натриево-магниевый химический состав, с жесткостью более 10,0 мг-экв/дм³ и слабощелочной реакцией. Результаты маршрутных исследований подтверждают наличие пресных подземных вод в четвертичных эоловых отложениях как в виде линз, так и водоносных горизонтов, перспективных для освоения в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения.

– Для обработки обширной геолого-гидрогеологической, геофизической, геоморфологической, ландшафтно-климатической информации, а также для анализа материалов ДЗЗ и наземных маршрутных исследований проведено геоинформационное моделирование, что позволило всю имеющуюся информацию рассматривать во взаимосвязи. Проведенное моделирование на

основе многослойных растровых и векторных данных, отражающие качественные и количественные характеристики подземных вод исследуемой территории, в которых опорными слоями являются фактические данные, материалы тематической обработки ДЗЗ (космоснимки, цифровые модели рельефа, вегетационный индекс, гидрогеологическая карта и т.д.), позволило выделить перспективные площади для поиска месторождений подземных вод. Оценка перспективности проведена на площади 31,7 тыс. км², из них наиболее перспективными являются 2849 км² (9 %), перспективные - 5859 км² (18 %), менее перспективные - 7540 км² (24 %), слабо перспективные - 9039 км² (29 %) и неперспективные - 6402 км² (20 %).

6 ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПЕСКОВ НАРЫН

Территория исследований характеризуется относительно хорошей гидрогеологической изученностью с помощью средне- и крупномасштабных гидрогеологических съемок, разведки подземных вод для различных целей и других работ гидрогеологического направления, выполненных в предшествующие годы [54-92].

Границы территории исследований с целью оценки ресурсов подземных вод определены по гидрогеологическим картам масштаба 1:200000 и 1:500000 (М-39-В, L-39-А) и скорректированы с использованием ДЗЗ [137-140]. Общая площадь территории оценки, в пределах песков Нарын составила - 30,5 тыс. км². Учитывая природные условия территории, повлекшие за собой разнообразие форм накопления, циркуляции и разгрузки подземных вод, первостепенное значение приобретает изучение современного состояния поверхностных и подземных вод, а также гидрогеологическое районирование территории, предопределяющее выделение районов со сходной гидрогеологической обстановкой.

6.1 Гидрогеологическое районирование

Гидрогеологическое районирование территории исследований выполнено для последующей оценки прогнозных ресурсов подземных вод и основано на геолого-гидрогеологических представлениях, результатах региональных исследований.

Районирование выполнено с учетом следующих характеристик водоносных горизонтов: контур распространения перспективного водоносного горизонта; глубина залегания подземных вод; мощность водоносного горизонта; минерализация подземных вод.

Результаты районирования представлены в таблице 6.1 и на рисунке 6.1.

Таблица 6.1 - Гидрогеологическое районирование песков Нарын

По минерализации подземных вод				
Территория исследований	Площади распространения подземных вод (км ²) с минерализацией, г/л			
	до 1,0	1,0-3,0	более 3,0	Всего
Пески Нарын	12115	16295	2089	30499
По мощности водоносного горизонта				
Территория исследований	Площади распространения водоносных горизонтов (км ²) с мощностью, м			
	менее 5,0	5,0-10,0	более 10,0	Всего
Пески Нарын	3876	14539	12084	30499

Площадь распространения пресных подземных вод с минерализацией до 1 г/л оценена в 12,1 тыс. км² или 39,7 % от площади оценки (30,5 тыс. км²), а соленоватых подземных вод с минерализацией 1-3 г/л - 16,29 тыс. км² или

53,4 %. По мощности водоносного горизонта преобладающей по площади является значение от 5,0-10,0 м (14,5 тыс. км² или 47,6 %). Территория с мощностью водоносного горизонта более 10,0 м оценивается в 12,0 тыс. км² или 39,6 %.

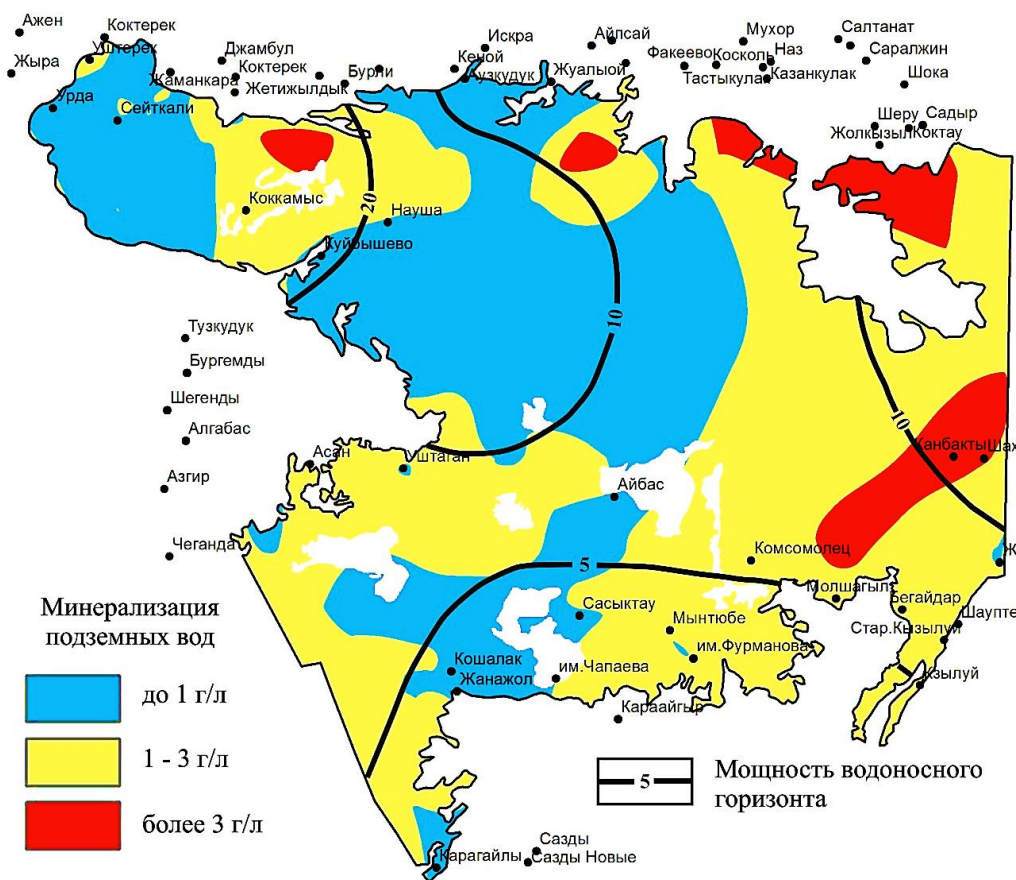


Рисунок 6.1 - Карта-схема районирования территории песков Нарын

6.2 Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод

6.2.1 Основные понятия о запасах и ресурсах подземных вод

У.М. Ахмедсафин [141] выделяет следующие виды естественных ресурсов безнапорных подземных вод.

Многолетние региональные ресурсы - объем гравитационной воды, формировавшейся в порах и пустотах пород средней емкости в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение многих лет и десятилетий (небольшие артезианские бассейны, грунтовые потоки долин рек и т.д.).

Ежегодно возобновляемые (восполняемые) региональные ресурсы - часть естественных вековых или многолетних, которая формируется в порах и пустотах пород в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение одного гидрологического года в основном в результате инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков, фильтрации снеготалых и ледниковых вод, потери воды из рек, озер и отчасти подземного стока.

По классификации Н.Н. Биндемана [142], которая в практике

гидрогеологических исследований получила наибольшее применение, выделяются:

Естественные запасы (V_e) - масса гравитационной воды в пласте в естественных условиях. Для безнапорных вод выделяются *емкостные запасы* - объем воды, высвобождающийся из пласта при его осушении.

Естественные ресурсы (Q_e) - величина питания подземных вод в естественных условиях. Естественные ресурсы равны сумме всех природных элементов баланса данного горизонта (перетекание из смежных горизонтов, инфильтрация атмосферных осадков, фильтрация из рек и водоемов).

В приведенной классификации в самостоятельный вид выделяются *эксплуатационные запасы (ресурсы) подземных вод* (Q_3). Это количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления. Количество воды, о котором идет речь в приведенном выше определении, рекомендуется выражать расходом воды.

Эксплуатационные запасы (ресурсы) подземных вод связаны с другими видами запасов и ресурсов следующим балансовым уравнением:

$$Q_3 = a_1 Q_e + a_2 \frac{V_e}{t}, \quad (6.1)$$

где: Q_3 – эксплуатационные запасы (ресурсы);

Q_e – естественные ресурсы;

V_e – естественные запасы;

t – время эксплуатации;

a_1, a_2 – коэффициенты использования, соответственно естественных ресурсов и естественных запасов, искусственных запасов, искусственных ресурсов.

Под *эксплуатационными запасами (ресурсами)* предлагается понимать средний за расчетный период расход подземных вод, который может быть получен на месторождении (участке) с помощью геолого-экономически обоснованных водозаборных сооружений при заданных режиме, условиях эксплуатации и качестве, удовлетворяющем требованиям целевого использования подземных вод в народном хозяйстве с учетом природоохранных ограничений,

Практически не отличается от приведенной выше формулировка понятия «*эксплуатационные запасы подземных вод*», изложенная в «Классификации эксплуатационных запасов и ресурсов подземных вод», которая утверждена приказом министра энергетики и природных ресурсов Республики Казахстан 13 августа 1997 г.: «Под эксплуатационными запасами понимается количество подземных вод, которое может быть получено на месторождении (участке) с помощью геолого-технически обоснованных водозаборных сооружений при заданном режиме и условиях эксплуатации, а также качестве воды,

удовлетворяющем требованиям целевого использования в течение расчетного срока водопотребления с учетом природоохранных ограничений».

Одной из важнейших проблем является прогноз перспектив использования ресурсов подземных вод для водоснабжения, орошения и обводнения. Этот прогноз должен быть гидрогеологически обоснованным. Гидрогеологическое обоснование прогноза целесообразного использования подземных вод заключается в *оценке их прогнозных эксплуатационных ресурсов*. В «Классификации эксплуатационных запасов и ресурсов подземных вод Республики Казахстан» [143] под *прогнозными ресурсами* понимается, количество подземных вод определенного качества и целевого назначения, которое может быть получено в границах оцениваемого продуктивного горизонта, перспективного для дальнейшего хозяйственного использования, и характеризует потенциальные возможности использования подземных вод, в том числе применительно к существующей проектной или условной схемам расположения водопотребителей. Они являются основой для постановки поисковых и разведочных работ на территориях, перспективных для выявления месторождений подземных вод, а также для составления схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, водохозяйственных балансов.

Прогнозные ресурсы оцениваются по результатам региональных геолого-гидрогеологических, гидрологических, воднобалансовых, гидрохимических и геофизических исследований преимущественно на основе общих теоретических представлений об условиях их формирования.

При оценке прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод песков Нарын важно определить основные источники их формирования: естественные (емкостные) запасы, естественные (возобновляемые) ресурсы [144, 145].

6.2.2 Условия формирования ресурсов подземных вод

В современную эпоху аридного климата наиболее благоприятные условия для формирования ресурсов пресных вод имеют площади непосредственного выхода водоносных горизонтов на дневную поверхность или же неглубокого их залегания под слоем проницаемых образований. Территория песков Нарын служит зонами и областями питания и отчасти разгрузки безнапорных подземных вод.

Грунтовые (безнапорные) воды Северного Прикаспия связаны с различными по литолого-фациальному составу и генезису породами четвертичного возраста, залегающими неглубоко от дневной поверхности и доступными прямому воздействию климатических и гидрологических факторов [146-149]. Основным источником восполнения ресурсов грунтовых вод почти всюду являются атмосферные осадки и лишь на приустьевых участках рек и их притоков - поверхностные воды (паводковый сток).

На территории Северного Прикаспия благоприятные условия питания и формирования ресурсов грунтовых вод за счет атмосферных осадков наблюдаются на площадях развития эоловых образований песчаных массивов. В устьевой части долин рек Сарыозен и Караозен также отмечаются

благоприятные условия для формирования подземных вод не только за счет атмосферных осадков, но и фильтрации речных паводковых вод. Такие условия питания подземных вод на площадях распространения эоловых песков способствуют формированию основных запасов пресных грунтовых вод.

В целом, ранее проведенными исследованиями на территории песков Нарын выявлены пресные грунтовые воды. Подземные воды здесь опреснены на полную мощность водовмещающих песков. Объясняется это тем, что наряду с благоприятными условиями питания, водоносные горизонты имеют мощный очаг разгрузки - сор Хаки, простирающиеся с северо-запада на юго-восток в виде слабо выгнутой подковы и врезаемый в окружающую равнину на 10-25 м.

Для описываемой территории характерно также наличие линз, формирующихся за счет инфильтрации атмосферных осадков (подпесчаные, подлиманые, линзы под оврагами и балками). В период паводков и таяния снегов, способствующих интенсивной инфильтрации, происходит заметное опреснение подземных вод, и минерализация их падает на 0,5-0,7 г/л с одновременным снижением в воде ионов хлора и натрия.

Разгрузка грунтового потока происходит в чаще Каспийского моря, а также путем испарения при неглубоком ее залегании, локальными очагами разгрузки служат врезы и понижения в рельефе.

Режим подземных вод находится в тесной связи с гидрометеорологическими факторами и уровнем Каспийского моря (в прибрежной полосе). В ходе колебаний уровня подземных вод наблюдается обычный годовой цикл с подъемом в весенний период и спадом в осенне-зимний. В центральной части песчаных массивов подъем уровня воды происходит медленнее так как одновременно с инфильтрацией происходит отток подземных вод к пониженным участкам рельефа. В прибрежной полосе Каспийского моря подъем и спад уровня подземных вод синхронен колебаниям уровня Каспийского моря. Амплитуда колебаний уровня воды по скважинам составляет 0,5-0,85 м, по колодцам 0,33 м, а в районе Чижино-Дюринских разливов достигает 2,2 м. Амплитуда колебаний уровня в многолетнем разрезе имеет незначительные изменения.

Естественные запасы (V_e) поровых безнапорных подземных вод песков Нарын рассчитаны по формуле:

$$V_e = \mu m F, \quad (6.2)$$

где: V_e – естественные (емкостные) запасы подземных вод, м³;

μ – коэффициент гравитационной водоотдачи, в долях единицы;

m – среднее значение мощности водоносного горизонта, м;

F – площадь распространения водоносного горизонта на расчетной территории, м².

Значения (m) и (F) приняты по карте-схеме районирования (рисунок 6.9). Значение (μ) определено по данным поисково-разведочных работ на площади песков Нарын и изменяется в пределах 0,11-0,16, при среднем значении 0,13.

Естественные запасы поровых подземных вод территории песков Нарын

оценивается в 31243,18 млн. м³, модуль естественных запасов варьирует в пределах 0,39-1,95 млн. м³/км² в зависимости от мощности водоносного горизонта, составляя в среднем по территории исследований - 1,02 млн. м³/км². Результаты расчетов представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Естественные запасы поровых подземных вод песков Нарын

Площадь распространения, км ²	Мощность (средняя), м	Коэффициент водоотдачи, доли ед.	Естественные запасы, млн. м ³	Модуль естественных запасов, млн. м ³ /км ²
3876	3,0	0,13	1511,65	0,39
14539	5,0	0,13	9450,35	0,65
8398	12,0	0,13	13100,88	1,56
3686	15,0	0,13	7187,7	1,95
Итого: 30499	7,88	0,13	31243,18	1,02

Естественные ресурсы (Q_e) поровых безнапорных подземных вод песков Нарын оценены как ежегодное питание за счет инфильтрации атмосферных осадков в естественных условиях. Для условий песчаных массивов величина инфильтрации эффективных осадков определена метеорологическим способом, в основе которого лежат многолетние наблюдения за осадками территории, используемыми при расчете инфильтрации.

Структурной основой служит уравнение вида:

$$Q_e = \frac{H_{эфф} \cdot K_{инф} \cdot F}{31,536 \cdot 10^6}, \quad (6.3)$$

где: Q_e – естественные ресурсы подземных вод, формирующиеся за счет инфильтрации атмосферных осадков, м³/с;

$H_{эфф}$ – среднегодовая сумма эффективных осадков, м;

$K_{инф}$ – коэффициент инфильтрации, принимаемый по аналогии;

F – площадь оценки, км².

Величина $K_{инф}$, определялась по аналогии, для чего привлекались результаты исследований процессов формирования подземных вод эоловых песчаных массивов в аридных регионах.

Расчетные суммы атмосферных осадков определены по данным многолетних наблюдений по сети метеостанций (таблица 6.3).

Среднегодовые суммы атмосферных осадков на территории песков Нарын представлены на рисунке 6.2.

Эффективная сумма осадков ($H_{эфф}$) холодного периода для территории исследований изменяется в пределах 35-42 %, составляя в среднем 39 % от годовых.

Таблица 6.3 - Список метеорологических станций

Метеостанция	Номер станции	Координаты	Абс. отм, м	Среднее годовое количество осадков, мм
Западно-Казахстанская область				
Казталовка	73	49° 50' 0,000" N; 8° 41' 0,000" E	4,4	265,0
Жалпактал	75	49° 40' 0,001" N; 49° 29' 0,000" E	- 6,4	262,0
Джаныбек	76	49° 24' 0,000" N; 46° 48' 0,000" E	14,6	305,0
Тайпак	77	49° 3' 0,000" N; 51° 52' 0,001" E	- 25,8	205,0
Урда	78	48° 45' 0,000" N; 47° 26' 0,000" E	- 6,0	269,0
Атырауская область				
Индерборский, АМСГ	79	48° 33' 0,000" N; 51° 46' 59,002" E	4,5	173,0
Новый Уштоган	82	47° 54' 0,000" N; 48° 48' 0,000" E	- 28,6	191,0
Махамбет	83	47° 40' 16,000" N; 51° 35' 6,000" E	- 37,4	176,0
Атырау	84	47° 7' 0,001" N; 51° 55' 0,001" E	- 38,4	189,0
Пешной	86	46° 54' 30,000" N; 51° 40' 32,000" E	- 40,9	144,0
Ганюшкино, АМСГ	87	46° 36' 0,000" N; 49° 16' 0,001" E	- 34,6	170,0

Так, комплекс режимных работ был выполнен специалистами Государственного гидрологического института (ГГИ) на Хвалынской равнине. На участке-аналоге $K_{инф}$ уменьшается с глубиной и на отметке 10-11 метров достигает значения 0,10-0,12 [150-152].

Для условий песчаных массивов Мойынкум величина питания для незакрепленных песков по данным наблюдений по лизиметрам, установленным на глубине 4,5 м, составила 0,1-0,38 от суммы эффективных осадков [153].

Кроме того, использованы результаты обзора опубликованных материалов по вопросу питания подземных вод в условиях аридного климата. В частности, сюда вошли работы Н.Н. Биндемана, Н.Б. Вольфцунга, К.Г. Ганиева, Н.С. Островского, а также результаты лабораторных исследований МГУ.

Для условий песчаных массивов Мойынкум величина питания для незакрепленных песков по данным наблюдений по лизиметрам, установленным на глубине 4,5 м, составила 0,1-0,38 от суммы эффективных осадков. Обобщенные результаты вышеперечисленных исследований приведены в таблице 6.4.

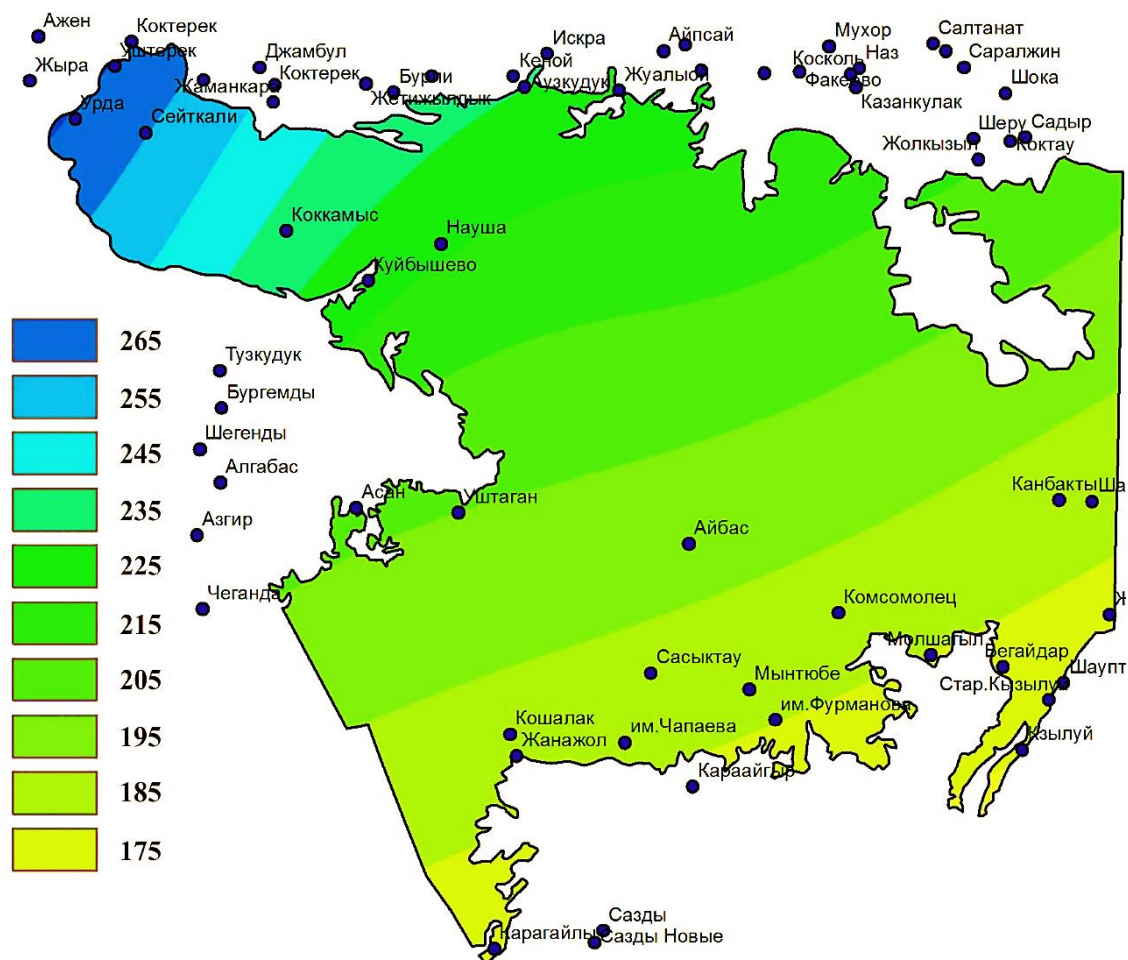


Рисунок 6.2 - Среднегодовое количество осадков (мм/год)

Таблица 6.4 - Значение коэффициентов инфильтрации

Грунты	Значение коэффициента инфильтрации при глубине подземных вод, м		Примечание
	> 10	< 10	
1	2	3	4
Аллювиально-пролювиальные отложения	0,10-0,25	0,20-0,30	Натурные балансовые измерения
тоже с суглинистым чехлом мощностью: - 1,0 м - 2,0 м	0,15 0,08-0,10	0,10-0,15 0,20-0,25	Лабораторные исследования МГУ
Песчаные массивы (эоловые отложения)	0,08-0,10	0,20-0,25	Балансовые исследования
Песчаные массивы озерного происхождения	0,20-0,30	0,30	-
Песчаники	0,22-0,30	0,22-0,30	Расчетный метод
Закарстованные известняки	0,20-0,30	0,40-0,60	Натурные измерения

Естественные ресурсы поровых подземных вод территории песков Нарын оценивается в 16,59 м³/с, а модуль естественных ресурсов варьирует в пределах 0,43-0,65 л/с*км² в зависимости от величины эффективных осадков, составляя в среднем по территории исследований - 0,54 л/с*км². Результаты расчетов представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Естественные ресурсы поровых подземных вод песков Нарын

Площадь, распространения, км ²	Среднегодовое кол-во осадков, мм		Коэффиц. инфильтр. доли един.	Естественные ресурсы, м ³ /с	Модуль естественных ресурсов, л/с*км ²
	Годовая сумма	Эфф-ные			
1851	175,0	68,25	0,2	0,80	0,43
6765	185,0	72,15	0,2	3,09	0,46
7811	195,0	76,05	0,2	3,76	0,48
4888	205,0	79,95	0,2	2,47	0,50
3475	215,0	83,85	0,2	1,84	0,53
2270	225,0	87,75	0,2	1,26	0,56
1100	235,0	91,65	0,2	0,64	0,58
791	245,0	95,55	0,2	0,48	0,60
795	255,0	99,45	0,2	0,50	0,63
750	265,0	103,35	0,2	0,49	0,65
Итого: 30496	220,0	85,8	0,2	16,59	0,54

6.2.3 Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод

Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов ($Q_э$) подземных вод выполнена с применением балансового и гидродинамического метода оценки на основе карты районирования по условиям формирования подземных вод с учетом режимобразующих факторов и модулей инфильтрационного питания [154-157].

При оценке прогнозных региональных ресурсов использована методология, разработанная учеными Института гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина, которые более 50 лет занимаются исследованиями закономерностей формирования и размещения подземных вод Казахстана. При расчете использована формула, предложенная У.М. Ахмедсафиным:

$$Q_э = \frac{V_e}{2 \cdot 100 \cdot 31,536 \cdot 10^6} + 0,7Q_e, \quad (6.4)$$

где: $Q_э$ - прогнозные региональные эксплуатационные ресурсы подземных вод, м³/с;

V_e - естественные запасы подземных вод, м³;

Q_e - естественные ресурсы подземных вод, м³/с.

Расчетная величина прогнозных региональных эксплуатационных ресурсов подземных вод песков Нарын составляет 18,36 м³/с. Данные значения представляют потенциальные эксплуатационные возможности территории исследований.

Расчетная величина прогнозных региональных эксплуатационных ресурсов подземных вод песков Нарын составляет 18,36 м³/с. Данные значения представляют потенциальные эксплуатационные возможности территории исследований.

К гидродинамическим методам оценки прогнозных ресурсов подземных вод отнесен метод расчета, применительно к условной равномерной сетки скважин [144, с. 346] по всей оцениваемой площади песков Нарын (рисунок 6.3).

Шаг сетки с учетом геолого-гидрогеологических условий и изменчивостью мощности водовмещающих отложений и минерализации подземных вод принят в 5,0 и 10,0 км. Каждый одиночный водозабор условно схематизирован как работающий в замкнутом круговом блоке с непроницаемыми границами за счет естественных запасов, заключенных в этом блоке, а также естественных ресурсов, соответствующих его площади.

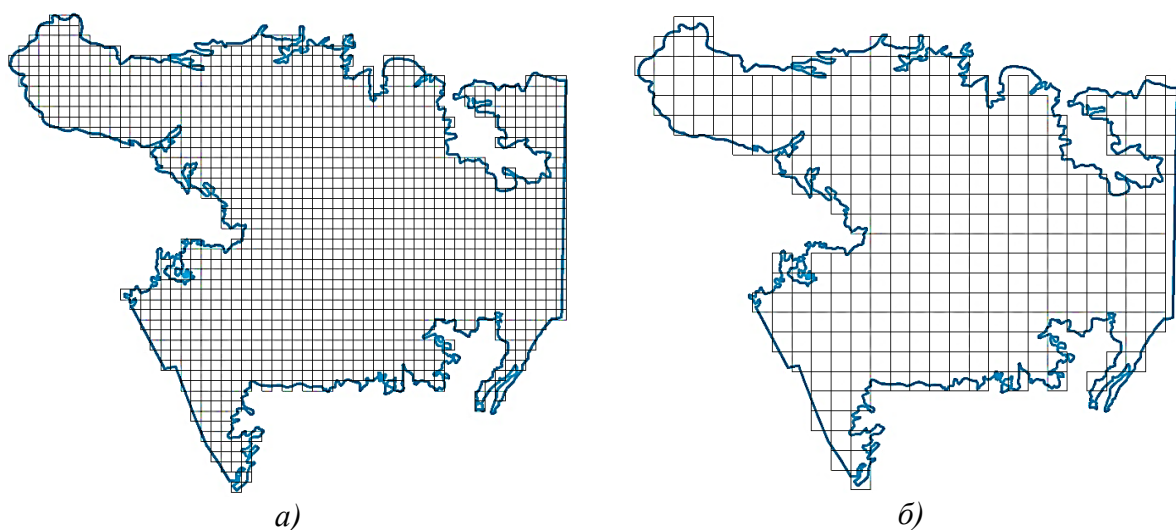


Рисунок 6.3 - Примеры модельных сеток, с размером блоков 5x5 км (а), 10x10 км (б)

Расход одиночного водозабора для безнапорных поровых вод, расположенного в центре блока, определяется по формуле:

$$Q_9 = \frac{\left[S \left(1 - \frac{S}{2m} \right) + Q_e \frac{T}{\pi \mu R_0^2} \right] \pi R_0^2}{\frac{T}{\mu} + \frac{R_0^2}{2km} \cdot \ln \frac{R_0}{r}} \quad (6.5)$$

где: Q_9 – производительность водозаборного сооружения, м³/сут;
 Q_e – дополнительное питание за счет естественных ресурсов, м³/сут;

S – допустимое понижение уровня, м;
 m – мощность водоносного горизонта, м;
 k – коэффициент фильтрации, м/сут;
 T – расчетный срок эксплуатации, сут;
 μ – коэффициент гравитационной водоотдачи, в долях единицы;
 R_0 – радиус блока, м;
 r – радиус скважины водозаборного сооружения, м.

При проведении расчетов использовались следующие исходные данные:

а) дополнительное питание, поступающее на площадь блока за счет инфильтрации атмосферных осадков, определено по модулю естественных ресурсов из выражения:

$$Q_e = 86400M_e \quad (6.6)$$

где M_e - модуль естественных ресурсов, л/с*км².

б) приведенный радиус одиночного водозабора принимается равным радиусу блока (R_0) при расчетах по равномерной сетке и составляет при шаге в 5 км и 10 км, соответственно, 2825 м и 5650 м. Радиус водозаборной скважины (r), по опыту эксплуатации - 0,1 м.

в) эксплуатационные запасы рассчитывались на 50-летний срок эксплуатации, или 18250 сут при двух вариантах.

г) величина допустимого понижения уровня определена при условии сработки естественных запасов на половину мощности водоносного горизонта ($S=0,5m$).

д) расчетные гидрогеологические параметры водоносных горизонтов определены по результатам опытных работ, выполненных ранее на участках поисков и разведки подземных вод. Значение (μ) принято 0,13. Значение (k) на площади песков Нарын изменяется в пределах 5,8-20,7 м/сут и для прогнозных расчетов составляет - 6 м/сут.

е) суммарные прогнозных эксплуатационных ресурсы подземных вод оценивались для песчаных водоносных горизонтов с минерализацией до 1 и 1-3 г/л учетом использования подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения и водопоя скота, по формуле:

$$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (6.7)$$

где: Q_i – дебит водозаборного сооружения в i -м блоке ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);
 n – число блоков на оцениваемой площади.

Результаты расчетов прогнозных эксплуатационных ресурсов аналитическим методом представлены в таблицах 6.6, 6.7.

С учетом условной равномерной сетки скважин по всей оцениваемой

площади песков Нарын с шагом в 10 км прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод приняты по 1-му варианту расчета. Величина *прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод* для оцениваемой территории песков Нарын составляет 7,2 м³/с, в том числе: пресных вод (до 1 г/л) - 3,74 м³/с, а слабосоленоватых (1-3 г/л) - 3,46 м³/с.

В процессе научных исследований на основе данных анализа ранее проведенных работ, материалов ДЗЗ и наземных маршрутных исследований выполнено построение региональной карты ресурсов подземных вод песков Нарын (рисунок 6.4). На карте представлены модули естественных запасов (млн. м³/км²), естественных и прогнозных эксплуатационных ресурсов (л/с*км²) подземных вод.

Выводы по 6 разделу:

– На основе геолого-гидрогеологических исследований, тематической обработки данных ДЗЗ в диссертационной работе проведено гидрогеологическое районирование исследуемой территории. При этом были использованы многослойные растровые и векторные данные геоинформационной модели песков Нарын. В частности, выделены площади распространения пресных подземных вод с минерализацией до 1 г/л, составляющая 12,11 тыс. км² или 39,7 % от площади оценки (30,5 тыс. км²) и солоноватых подземных вод с минерализацией 1-3 г/л - 16,29 тыс. км² или 53,4 %. По мощности водоносного горизонта (5-10 м), площадь распространения составил 14,53 тыс. км² или 47,6 %, а с мощностью более 10 м составила 12,0 тыс. км² или 39,6 %.

– Расчеты естественных запасов безнапорных подземных вод песков Нарын оценены в объеме - 31243,18 млн. м³, модуль естественных запасов составил в среднем - 1,02 млн. м³/км². Естественные ресурсы подземных вод песков Нарын оценивается в 16,59 м³/с, модуль естественных ресурсов в среднем - 0,54 л/с*км². Величина прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод для оцениваемой территории песков Нарын составляет 7,2 м³/с, в том числе: пресных вод (до 1 г/л) - 3,74 м³/с, а слабосоленоватых (1-3 г/л) - 3,46 м³/с.

– Большая часть ресурсов пресных и слабосоленоватых подземных вод сосредоточена в северной и северо-западной частях массива песков Нарын.

Таблица 6.6 - Прогнозные эксплуатационные ресурсы поровых подземных вод песков Нарын (при Δx - 10 км)

Минерализация подземных вод, г/л	Площадь распространения, км ²	Кол-во блоков, шт	Мощность, м	Модуль естественных ресурсов, л/с*км ²	Производительность одиночного водозабора, м ³ /сут	Прогнозные эксплуатационные ресурсы		Модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов, л/с*км ²
						тыс. м ³ /сут	м ³ /с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пресные (до 1)	747	7	20	0,65	5411,62	37,88	0,44	0,59
	757	7	20	0,63	5259,60	36,82	0,43	0,56
	570	5	20	0,6	5031,58	25,16	0,29	0,51
	183	1	15	0,58	3651,65	3,65	0,04	0,23
	130	1	20	0,56	4727,55	4,73	0,05	0,42
	417	4	15	0,56	3535,08	14,14	0,16	0,39
	468	4	8	0,56	1877,03	7,51	0,09	0,19
	1824	18	15	0,53	3360,21	60,48	0,70	0,38
	505	5	8	0,53	1780,74	8,90	0,10	0,20
	2006	20	15	0,5	3185,35	63,71	0,74	0,37
	1298	12	8	0,5	1684,45	20,21	0,23	0,18
	154	1	15	0,48	3068,77	3,07	0,04	0,23
	1869	18	8	0,48	1620,25	29,16	0,34	0,18
	122	1	3	0,48	602,94	0,60	0,01	0,06
	101	1	8	0,46	1556,06	1,56	0,02	0,18
	897	8	3	0,46	578,30	4,63	0,05	0,06
	136	1	3	0,43	541,33	0,54	0,01	0,05
Итого	12184	114				322,75	3,74	0,31
Слабосоленовые (1 - 3)	311	3	20	0,6	5031,58	15,09	0,17	0,56
	570	5	20	0,58	4879,56	24,40	0,28	0,50
	100	1	15	0,58	3651,65	3,65	0,04	0,42
	403	4	20	0,56	4727,55	18,91	0,22	0,54
	554	5	15	0,56	3535,08	17,68	0,20	0,37
	205	2	8	0,56	1877,03	3,75	0,04	0,21
	182	1	15	0,53	3360,21	3,36	0,04	0,21
	712	7	8	0,53	1780,74	12,47	0,14	0,20
	430	4	15	0,5	3185,35	12,74	0,15	0,34
	637	6	8	0,5	1684,45	10,11	0,12	0,18

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1074	10	15	0,48	3068,77	30,69	0,36	0,33
	4558	45	8	0,48	1620,25	72,92	0,84	0,19
	464	4	15	0,46	2952,20	11,81	0,14	0,29
	2451	24	8	0,46	1556,06	37,35	0,43	0,18
	1821	18	3	0,46	578,30	10,41	0,12	0,07
	794	7	8	0,43	1459,76	10,22	0,12	0,15
	872	8	3	0,43	541,33	4,33	0,05	0,06
Итого	16138	154				299,89	3,46	0,21
Всего	28322	268				622,64	7,2	0,25

Таблица 6.7 - Прогнозные эксплуатационные ресурсы поровых подземных вод песков Нарын (при Δх - 5 км)

Минерализация подземных вод, г/л	Площадь распространения, км²	Кол-во блоков, шт	Мощность, м	Модуль естественных ресурсов, л/с*км²	Производительность одиночного водозабора, м³/сут	Прогнозные эксплуатационные ресурсы		Модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов, л/с*км²
						тыс. м³/сут	м³/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пресные (до 1)	747	30	20	0,65	16775,12	503,25	5,82	7,80
	757	30	20	0,63	16270,98	488,13	5,65	7,46
	504	20	20	0,6	15514,77	310,30	3,59	7,13
	66	3	20	0,58	15010,63	45,03	0,52	7,90
	183	7	15	0,58	12064,70	84,45	0,98	5,34
	130	5	20	0,56	14506,49	72,53	0,84	6,46
	417	17	15	0,56	11656,85	198,17	2,29	5,50
	468	19	8	0,56	6920,23	131,48	1,52	3,25
	1824	73	15	0,53	11045,07	806,29	9,33	5,12
	505	20	8	0,53	6553,56	131,07	1,52	3,00
	2006	80	15	0,5	10433,29	834,66	9,66	4,82
	1298	52	8	0,5	6186,89	321,72	3,72	2,87

Продолжение таблицы 6.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	154	6	15	0,48	10025,44	60,15	0,70	4,52
	1869	75	8	0,48	5942,45	445,68	5,16	2,76
	122	5	3	0,48	2425,07	12,13	0,14	1,15
	101	4	8	0,46	5698,00	22,79	0,26	2,61
	897	36	3	0,46	2324,51	83,68	0,97	1,08
	136	5	3	0,43	2173,68	10,87	0,13	0,92
Итого	12184	487				4562,38	52,8	4,33
Слабосонозные (1 - 3)	37	1	20	0,63	16270,98	16,27	0,19	5,09
	274	11	20	0,6	15514,77	170,66	1,98	7,21
	570	23	20	0,58	15010,63	345,24	4,00	7,01
	100	4	15	0,58	12064,70	48,26	0,56	5,59
	403	16	20	0,56	14506,49	232,10	2,69	6,67
	554	22	15	0,56	11656,85	256,45	2,97	5,36
	205	8	8	0,56	6920,23	55,36	0,64	3,13
	182	7	15	0,53	11045,07	77,32	0,89	4,92
	712	28	8	0,53	6553,56	183,50	2,12	2,98
	430	17	15	0,5	10433,29	177,37	2,05	4,77
	637	25	8	0,5	6186,89	154,67	1,79	2,81
	1074	43	15	0,48	10025,44	431,09	4,99	4,65
	4558	182	8	0,48	5942,45	1081,53	12,52	2,75
	431	17	15	0,46	9617,59	163,50	1,89	4,39
	2451	98	8	0,46	5698,00	558,40	6,46	2,64
	1821	73	3	0,46	2324,51	169,69	1,96	1,08
	33	1	15	0,43	9005,81	9,01	0,10	3,16
	794	32	8	0,43	5331,33	170,60	1,97	2,49
	872	35	3	0,43	2173,68	76,08	0,88	1,01
Итого	16138	646				4377,11	50,66	3,14
Всего	28322	1133				8939,49	103,46	3,65

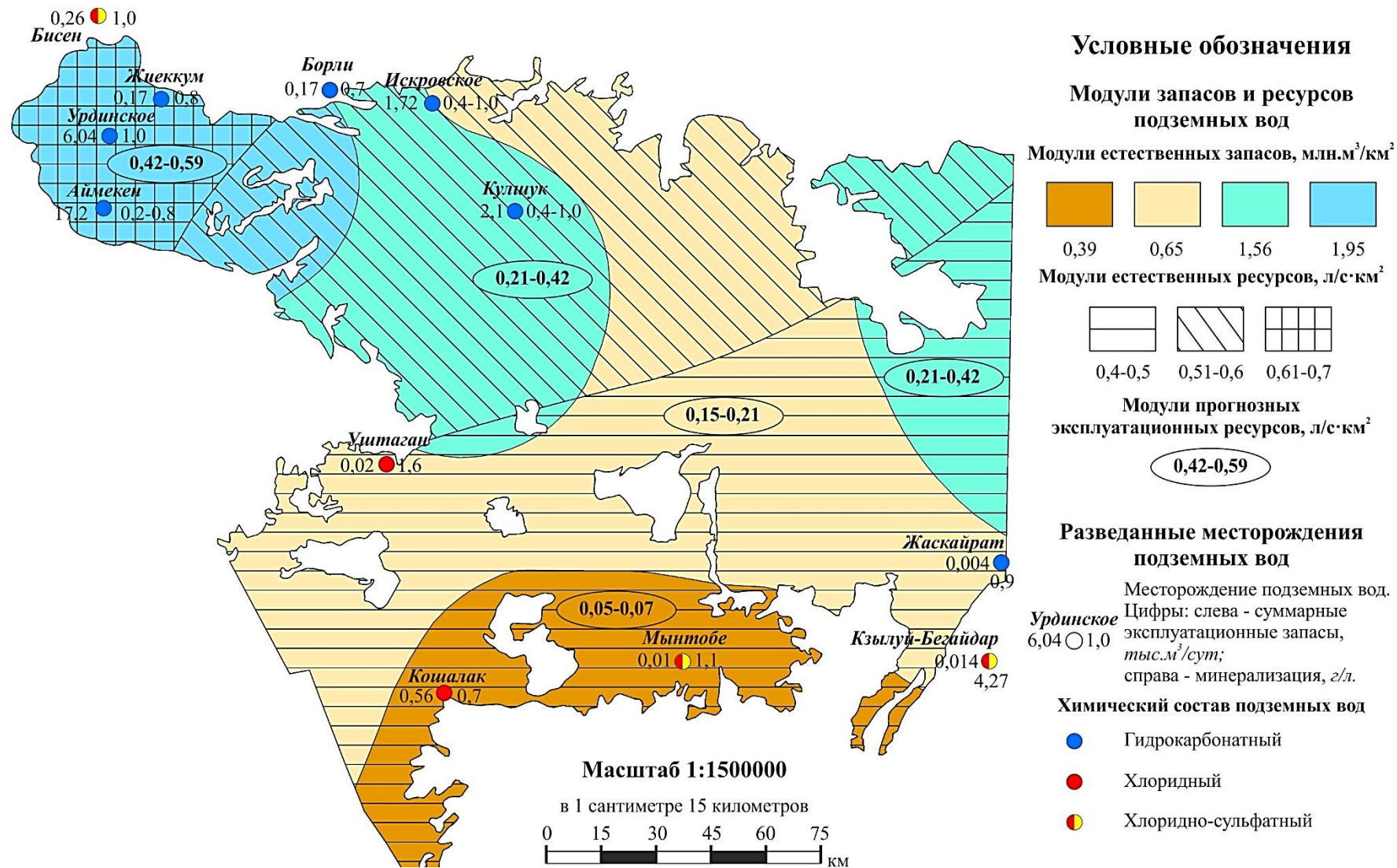


Рисунок 6.4 - Карта ресурсов подземных вод песков Нарын

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы спутниковых съемок применяются при геологическом картографировании, гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследованиях, как показано в приведенном обзоре развития дистанционных методов, прошедших путь от визуального дешифрирования изображений до компьютерного анализа цифровых данных. Для территории Западного Казахстана с целью оценки гидрогеологических условий исследуемой территории применены дистанционные методы наблюдений и наземные маршрутные исследования на ключевых участках.

Подземные воды Прикаспийской впадины отличается большим разнообразием размещения, производительности, гидродинамических и гидрохимических особенностей и условий формирования. Они обусловлены главным образом структурным и гипсометрическим положением водоносных отложений, их литолого-фациальным составом и степенью гидрогеологической закрытости. Сведения о гидрогеологических условиях по глубоким горизонтам, все еще ограничены и пополняются только лишь за счет материалов, полученных в связи с поисками нефтегазовых месторождений. В этой связи новые материалы доступны в основном в районах прибортовых частей впадины, где глубина залегания водоносных образований и мощность водовмещающих отложений сравнительно меньше.

На территории выделен гидрогеологический бассейн второго порядка: Северо-Каспийский (III-8А). Бассейн пластовых и блоково-пластовых напорных вод располагается севернее акватории Каспийского моря, занимая северо-западную часть Прикаспийской впадины. С поверхности залегают четвертичные песчано-глинистые отложения трансгрессий Каспия. Они подстилаются комплексом пород различного возраста - от неогеновых до пермо-триасовых. Характерно наличие многочисленных соляных куполов. Долины рек выполнены средне-верхнечетвертичными аллювиальными и верхнечетвертичными аллювиально-дельтовыми отложениями. Широко развиты массивы эоловых песков с грядово-барханным рельефом.

Территория песков Нарын в региональном геоморфологическом плане представляет молодую верхнеплейстоцен-голоценовую слаборасчлененную низменную аккумулятивную равнину морского генезиса, в дальнейшем в значительной мере переработанную экзогенными процессами. Основную роль в переработке сыграли эоловые процессы. Хотя на исследуемой площади и отсутствует современная речная сеть, рельеф флювиального происхождения широко распространен по всей территории. Фрагменты древних аккумулятивных, эрозионно - аккумулятивных и эрозионных долинных равнин, созданы в конце позднего плейстоцена и голоцена водными потоками, которые следовали за отступающими морскими бассейнами.

С использованием опубликованных и фондовых материалов, а также комплексными гидрогеологическими исследованиями с применением данных ДЗЗ и наземных маршрутных исследований были изучены гидрогеологические условия песков Нарын в Западном Казахстане.

Результаты проведенных исследований:

– выполнен совместный анализ данных, полученных посредством наземных контактных и дистанционных спутниковых измерений. По данным ДЗЗ проведены, индексный анализ VNIR-диапазонов спутниковых изображений, линеаментный анализ SWIR-диапазонов Landsat-8, анализ TIR-диапазонов MODIS и цифровой модели рельефа SRTM, территории расположения песков Нарын. Для выделения аномалий рельефа и теплового поля использован метод анизотропных преобразований. Выявлены протяженные аномалии для возможности картирования погребенных речных долин. Сеть выделенных аномалий имеет в основном юго-восточное и юго-западное направление в сторону Каспийского моря, аномалии юго-восточного направления имеют заметно более высокие значения амплитуд. Результаты анализа рельефа и теплового поля сопоставлены с фактическими данными по водопунктам. Порядка 77 % от общего числа водопунктов соответствуют низким (преобладающее количество), средним и высоким значениям амплитуд отрицательных аномалий рельефа, 79 % - значениям отрицательных аномалий теплового поля. Достаточно высокие значения сходимости позволяют утверждать о перспективности использования данного метода.

– по данным наземных маршрутных исследований изучены современное состояние поверхностных и подземных вод, почвы и растительности территории исследований, обследованы естественные и искусственные водопрооявления, местные источники водоснабжения, оценено качество используемых водных ресурсов на территории песков Нарын. Пресные подземные воды с минерализацией до 1 г/л составляют 58 % от отобранных проб воды. Состав их от гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного с преобладанием катионов натрия, жесткость в пределах 2-10 мг-экв/дм³, pH 6,9-8,2 (воды от нейтральных до слабо щелочных). Подземные воды с минерализацией более 1 г/л имеют хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный натриевый, натриево-магниевый химический состав, с жесткостью более 10,0 мг-экв/дм³ и слабощелочной реакцией. Результаты маршрутных исследований подтверждают наличие пресных подземных вод в четвертичных эоловых отложениях как в виде линз, так и водоносных горизонтов, перспективных для хозяйственно-питьевого водоснабжения;

– с использованием фактического материала, результатов контактных измерений и дистанционных наблюдений, представленных в виде тематических слоев ГИС территории в векторном и растровом формате, построена геоинформационная модель песков Нарын, что позволило на основе сопоставления полученных результатов и методов классификации выделить перспективные площади для гидрогеологических поисково-разведочных работ с целью выявления новых месторождений подземных вод. Входные параметры квалифицированы на 5 категорий перспективных площадей по возрастанию. По результатам анализа, составлена прогнозная карта перспективных площадей для поиска месторождений подземных вод. Перспективность территории исследований оценивалась в площади 31,7 тыс. км², из них наиболее перспективные площади составили 2849 км² (9 %), перспективные - 5859 км²

(18 %), менее перспективные - 7540 км² (24 %), слабо перспективные - 9039 км² (29 %), неперспективные - 6402 км² (20 %);

– созданная геоинформационная модель позволила провести гидрогеологическое районирование по условиям формирования ресурсов подземных вод, с целью оценки прогнозных запасов и ресурсов подземных вод. По данным районирования площадь распространения пресных подземных вод с минерализацией до 1 г/л оценена в 12,11 тыс. км² или 39,7 % от площади оценки (30,5 тыс. км²), а солончатых подземных вод с минерализацией 1-3 г/л - 16,29 тыс. км² или 53,4 %. По мощности водоносного горизонта преобладающей по площади является значение от 5,0-10,0 м (14,53 тыс. км² или 47,6 %). Территория с мощностью водоносного горизонта более 10 м оценивается в 12,0 тыс. км² или 39,6 %;

– на основе гидрогеологического районирования оценены естественные запасы и ресурсы, рассчитаны прогнозные эксплуатационные ресурсы. Естественные запасы поровых подземных вод территории песков Нарын оценивается в 31243,18 млн. м³, модуль естественных запасов варьирует в пределах 0,39-1,95 млн. м³/км² в зависимости от мощности водоносного горизонта, составляя в среднем по территории исследований - 1,02 млн. м³/км². Естественные ресурсы поровых подземных вод территории песков Нарын оценивается в 16,59 м³/с, а модуль естественных ресурсов варьирует в пределах 0,43-0,65 л/с*км² в зависимости от величины эффективных осадков, составляя в среднем по территории исследований - 0,54 л/с*км². Величина прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод для оцениваемой территории песков Нарын составляет 7,2 м³/с, в том числе: пресных вод (до 1 г/л) - 3,74 м³/с, а слабосолончатых (1-3 г/л) - 3,46 м³/с. Большая часть ресурсов пресных и слабосолончатых подземных вод сосредоточена в северной и северо-западной частях массива песков Нарын.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. - 148 с.
- 2 Губин В.Н. Дистанционные методы в геологии: учеб. пособие для студентов спец. I510101 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» - Минск: БГУ, 2004. - 138 с.
- 3 Михайлов А.Е., Рамм Н.С. Аэрометоды при геологических исследованиях. - М.: Недра, 1975. - 198 с.
- 4 Востокова Е.А., Шевченко Л.А., Сущеня В.А. и др. Картографирование по космическим снимкам и охрана окружающей среды. - М.: Недра, 1982. - 251 с.
- 5 Кац Я.Г., Рябухин А.Г. Космическая геология: кн. для учащихся. - М.: Просвещение, 1984. - 80 с.
- 6 Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. - М.: АСПЕКТ ПРЕСС, 2004. - 184 с.
- 7 Sabins F.F. Remote Sensing: Principles and Interpretation. W.H. Freeman & Co. - New York, 1986. - 494 p.
- 8 Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. - М.: Мир, 1988. - 343 с.
- 9 Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. - М.: Изд-во А и Б, 1997. - 296 с.
- 10 Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. - М.: Техносфера, 2008. - 312 с.
- 11 Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учебное пособие. - М.: Логос, 2001. - 264 с.
- 12 Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. - М.: Техносфера, 2010, - 560 с.
- 13 Новаковский Б.А. Фотограмметрия и дистанционные методы изучения Земли. - М.: МГУ, 1997. - 208 с.
- 14 Садов А.В., Ревзон А.Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. - М.: Недра, 1979. - 223 с.
- 15 Аэроландшафтно-индикационные методы при региональных инженерно-геологических исследованиях / под ред. Викторова С.В., Садова А.В. - М.: Недра, 1981. - 203 с.
- 16 Методические рекомендации по использованию материалов космофотосъемки при региональных гидрогеологических и инженерно-геологических исследований / колл. авторов. науч. ред. Садов А.В. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1982. - 83 с.
- 17 Востокова Е.А. Использование аэрокосмических фотоснимков при гидрогеологических исследованиях в пустынях. - М.: Недра, 1980. - 160 с.
- 18 Гудилин И.С., Комаров И.С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях: учебное пособие. - М.: Недра, 1978. - 319 с.
- 19 Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды.

- М.: Мысль, 1976. - 286 с.

20 Григорьев Ал. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. - М.: Изд-во ЛГУ, 1975. - 166 с.

21 Трифонов В.Г., Бызова С.Л., Ведешин А.А. и др. Вопросы методики геологического дешифрирования космических изображений Земли // Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. - М., 1973. - С. 11-69.

22 J.A.E. Allum. Photogeology and Regional Mapping // Pergamon Press. - New York, 1966. - 124 p.

23 Hansmann B.C., Meijerink A.M.J., Kodituwakku K.A.W. An Inductive Approach for Groundwater Exploration // ITC Journal. - 1992. - № 3. - P. 269-276.

24 Hengzhang L. Applications of Remote Sensing Technology to Water Resources Exploitation in Mountainous Areas in Southwest China // Remote Sensing Applications to Highland Development. Proc. Regional Seminar. - 1985. - P. 80-85.

25 Nieuwenhuis G.J.A., Thunnissen H.A.M. Application of Remote Sensing in Water Management // International Symposium Remote Sensing and Water resources, (IAH-BCRS). - Enschede, 1990. - P. 229-248.

26 Schultz G.A., Barrett E.C. Advances in Remote Sensing for Hydrology and Water Resources Management // IHP-III Project 5.1, Techn. Doc. In Hydrolody, Paris, UNESCO. - 1989, December - 18.

27 Waters P., Greenbaum D., Smart P.L. Osmaston H. Applications of Remote Sensing to Groundwater Hydrology // Remote Sensing Reviews. - 1990. - Vol. 4. - P. 223-264.

28 Bailey J.O. The Potential Value of Remotely Sensed Data in the Assessment of Evapotranspiration and Evaporation // Remote Sensing Reviews. - 1990. - Vol. 4. - P. 249-377.

29 Belward A.S. Spectral Characteristics of Vegetation, Soil and Water in the Visible, Near Infrared and Middle-Infrared Wavelengths // Remote Sensing Applications and GIS for Resources Management in Developing Countries (Eurocourses). - Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1991. - P. 31-54.

30 Lagouarde J.P., Brunet Y. A Simple Model for Estimating the Daily Upward Longwave Surface Radiation Flux from NOAA-AVHRR Data // International Journal of Remote Sensing. - 1993. - № 14. - P. 907-925.

31 Mauser W. Modelling the Spatial Variability of Soil Moisture and Evapotranspiration with Remote Sensing // Proceedings, International Symposium Remote Sensing and Water resources (IAH-BCRS). - Enschede, 1990. - P. 249-260.

32 Гидрогеологические исследования за рубежом / под ред. Н.А. Маринова. - М.: Недра, 1982. - 428 с.

33 Barrett E.C., Curtis L.F. Introduction to environmental remote sensing. - London-N.Y., 1976. - 336 p.

34 Викторов С.В. Ландшафтные индикаторы гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районах орошения и обводнения пустынь. - М.: Недра, 1976. - 56 с.

35 Востокова Е.А. Геоботанические методы поисков подземных вод в засушливых областях Советского Союза. - М.: Госгеолтехиздат, 1961. - 88 с.

- 36 Jones K.E. Calculation of evapotranspiration using colour infrared photography // Geological Survey professional paper. - 1977. - № 655. - P. 1-4.
- 37 Gerlach V.C. Satellitenbilddauswertung zur Verstellung von Trinkwasserreserven in Rheinischen Schiefergebirge // Geol. Rundschau. - 1977. - Vol. 66, № 3. - P. 850-866.
- 38 Vuillaume G. Utilisation des images de teledetection multispectrale en hydrogeology // J. etude teledetection. - Lyon, 1978. - P. 9-12
- 39 Carter V., Anderson R. R. Coastal wetland mapping in the central Atlantic region // Geol. Surv. Prof. Paper. - 1976. - № 929. - P. 277-279.
- 40 Estes J.E., Simonett D.S. Remote sensing detection of perched water tables / Water Resources Center Contrib., University of California. - 1978. - № 175.
- 41 Сыдыков Ж.С. Подземные воды Каспийского нефтегазоносного региона (формирование, ресурсы и использование). - Алматы: КазгосИНТИ, 2001. - 386 с.
- 42 Кунаев А.М. Атлас Казахской ССР. - М.: ГУГК, 1982 - Т.1. - 81 с.
- 43 Ахмедсафин У.М. Подземные воды Западного Казахстана // Вестник АН КазССР. - А-Ата, 1949. - № 2. - С. 58-66.
- 44 Климат Казахстана. - Л., 1969. - 358 с.
- 45 Справочник по климату Казахстана. Многолетние данные 1971-2000 гг. / РГП «Казгидромет». - Алматы, 2004.
- 46 Карта месторождений подземных вод Республики Казахстан (по состоянию на 01.01.2010 г.). Масштаб 1:7800000. Генеральная схема комплексного использования подземных вод и охраны водных ресурсов РК / Институт «Казгипроводхоз». - 2010.
- 47 Геологическое строение (Пояснительная записка к карте м-ба 1:1000000). Г.Р. Бекжанов, В.Я. Кошкин, И.И. Никитченко, Л.И. Скринник и др. / Академия Минеральных ресурсов РК. - Алматы, 2000. - 396 с.
- 48 Неволин Н.В. Общие черты глубинного геологического строения Западного Казахстана. - М.: Недра, 1965. - 131 с.
- 49 Геология СССР. Западный Казахстан. Геологическое описание. - М.: Недра, 1970. - Книга 1. - Т. 21, ч. 1. - 880 с.
- 50 Геология СССР, Западный Казахстан. Геологическое строение. - М.: Недра, 1970. - Книга 2. - Т. 21, ч. 1. - 344 с.
- 51 Антипов М.П., Волож Ю.А. Геологические события и изменения уровня Каспийского моря // Геоэкология. - 1996. - № 3. - С. 38-51.
- 52 Абдулин А.А. Геология и минеральные ресурсы Казахстана. - Алматы, 1994. - 398 с.
- 53 Геологическая карта СССР, масштаб 1:200000, 6 листов пояснительные записки. Серия Прикаспийская. - М.: Недра, 1960-1976.
- 54 Гидрогеология СССР. Западный Казахстан. Актюбинская гидрогеологическая экспедиция / ред. А.В. Сотников. - М.: Недра, 1971. - Т. 35. - 522 с.
- 55 Ахмедсафин У.М. Подземные воды Западного Казахстана // Вестник АН КазССР. - 1949. - № 2. - С. 61-71.
- 56 Ахмедсафин У.М. Подземные воды Казахстана // Очерки по физической

географии Казахстана, - Алматы: изд-во АН КазССР, 1952. - С. 128-154.

57 Ахмедсафин У.М. Карта прогноза артезианских бассейнов Казахстана // Вестник АН КазССР, - 1959. - № 11. - С. 31-40.

58 Ахмедсафин У.М. Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана. - Алматы: АН КазССР, 1961. - 108 с.

59 Ахмедсафин У.М., Сыдыков Ж.С. Сток подземных вод Казахстана. - Алма-Ата, 1964. - 86 с.

60 Бочкарева В.А. Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений. - Алматы: Наука, 1973. - 228 с.

61 Бочкарева В.А., Сыдыков Ж.С. и др. Подземные воды пастбищных территорий Актюбинской области // Подземные воды пастбищных территорий Казахстана. - Алматы: Наука, 1969. - С. 151-163.

62 Бочкарева В.А., Мухамеджанов М.А. Гидродинамические условия Кенкиякской нефтегазоносной зоны структур восточного борта Прикаспийской впадины // Тр. Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР. - 1971. - Т. 4. - С. 124-133.

63 Джангирьянц Д.А., Аязбаева Г.Х., Юдина Н.И. Состав газов и закономерности распределения их в мезозойских отложениях Эмбенского района // Геология нефти и газа. - 1968. - № 5. - С. 30-33.

64 Зорькин Л.М. Геохимия газов пластовых вод нефтегазоносных бассейнов. - М.: Недра, 1973. - 224 с.

65 Зорькин Л.М., Стадник Е.В. Газоносность пластовых вод подсолевого палеозоя Прикаспийской впадины и ближайших обрамлений // Доклады АН СССР. - 1971. - Т. 197, № 2. - С. 412-421.

66 Зорькин Л.М., Стадник Е.В., Козлов В.Г. Состав газов надкунгурских отложений Прикаспийской впадины // Бюлл. МОИП, отд. геол. - 1971. - № 6. - С. 102-112.

67 Зорькин Л.М., Стадник Е.В. Газовый и солевой состав и возраст подземных вод Прикаспийской впадины // Доклады АН СССР. - 1970. - Т. 195, № 5. - С. 1187-1189.

68 Зорькин Л.М., Козлов В.Г., Юрин Г.А. Солевой и газовый состав пластовых вод альб-сеноманских отложений Прикаспийской впадины // Геол. иссл. на нефть и газ, серия Нефтегаз. геол. и геофиз. - 1965. - № 6. - С. 16-19.

69 Каменский Г.Н. Гидрогеохимическая зональность в распределении подземных вод // Тр. МГРИ. - 1954. - Т. 26. - С. 65-74.

70 Каменский Г.Н., Гармонов И.В. и др. Грунтовые воды Прикаспийской низменности и их режим в пределах Волго-Уральского междуречья / под ред. Г.Н. Каменского. - М.: АН СССР, 1960. - 182 с.

71 Славянова Л.В., Голицын М.С. Микрокомпоненты в подземных водах Прикаспийской впадины и прилегающих к ней районов юго-востока Русской платформы. - М.: Недра, 1970. - 172 с.

72 Сыдыков Ж.С. О принципах структурно-гидрогеологического районирования территории Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. - 1972. - №1. - С. 44-51.

73 Сыдыков Ж.С. Подземные воды Мугоджар и Примугоджарских равнин.

- Алматы, 1966. - 415 с.

74 Сыдыков Ж.С. Структурно-гидрогеологическое районирование территории Западного Казахстана // Проблемы геологии Западного Казахстана. - Алматы, 1971. - С. 27-40.

75 Торгованова В.Б. Аномалии в химическом составе вод и газов надсолевой толщи Прикаспийского артезианского бассейна и их роль в оценке перспектив нефтегазоносности // Тр. ин-та ВНИГРИ. Геол.сборник 8. - 1963. - Вып. 220. - С. 239-245.

76 Торгованова В.Б. Динамика подземных вод надсолевой толщи Прикаспийской впадины // Формирование подземных вод Казахстана // Тр. ин-та ИЕН АН КазССР. - 1965. - Т. 14. - С. 38-45.

77 Якуцени В.П. Гидрогеология юго-востока Прикаспийской впадины в связи с нефтегазоносностью // Тр. ин-та ВНИГРИ. - Л., 1961. - Вып. 167. - 264 с.

78 Дальян И.Б. Подземные воды подсолевых нефтегазоносных комплексов восточной окраины Прикаспийской впадины / Сов. Геол. - 1987. - № 8. - С. 109-113.

79 Дальян И.Б., Сыдыков Ж.С. Подземные воды верхнепалеозойских нефтегазоносных отложений Актюбинского Приуралья // Изв. АН КазССР. Серия геол. - 1960. - № 1. - С. 74-89.

80 Мухамеджанов М.А., Антипов С.М. Гидрогеология подсолевых отложений восточной части Прикаспийской впадины. - Алматы, 1990. - 180 с.

81 Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Дальян И.Б. Подземные воды подсолевых нефтегазоносных отложений восточной части прикаспийской впадины // Изв. АН КазССР, сер. геол. - 1982. - № 2. - С. 44-48.

82 Журавлев В.С. Основные черты глубинной тектоники Прикаспийской синеклизы // Тр. ГИН АН СССР. - М.: изд-во АН СССР, 1960. - Вып. 242. - 272 с.

83 Сулин В.А. Гидрогеология нефтяных месторождений. - М., 1948. - 479 с.

84 Кукабаев Б.И. Подземные воды нефтяных месторождений юго-западной части Урало - Эмбенского района // Гидрохимия и гидротермия подземных вод Казахстана. - Алматы, 1969. - С. 28-75.

85 Кукабаев Б.И., Сыдыков Ж.С. Гидрохимия подземных вод пермтриасовых отложений юго-западной части междуречья рек Урала и Эмбы // Изв. АН КазССР. Сер. геол. - 1962. - № 4. - С. 58-67.

86 Подземные минеральные воды Казахстана. - Алматы, 1974. - 232 с.

87 Сыдыков Ж.С., Дальян И.Б. Подземные воды верхнепермских и нижнетриасовых отложений восточной окраины Прикаспийской впадины // Изв. АН КазССР. Сер. геол. - 1971. - № 3. - С. 23-36.

88 Алексеев Ф.А., Готтих Р.П., Сааков С.А. и др. Радиохимические и изотопные методы исследования подземных вод нефтегазоносных областей СССР. - М., 1975. - 271 с.

89 Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Куандыков Б.М. Каспийское море и его прибрежная зона (природные условия и экологическое состояние). - Алматы: Олке, 1995. - 211 с.

90 Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря / АН СССР. - М., 1957. - 298 с.

- 91 Каменский Г.Н., Толстихина М.М., Толстихин Н.И. Гидрогеология СССР. - М., 1959. - 353 с.
- 92 Веселов В.В. Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана. - Алматы, 2002. - 438 с.
- 93 MODIS Web. - URL: <http://modis.gsfc.nasa.gov>. 01.06.2017.
- 94 ДЦ ФГБУ «НИЦ «ПЛАНЕТА». Данные дистанционного зондирования со спутников TERRA, AQUA (Modis). - URL: <http://www.dvrcpod.ru/Modis.php>. 01.06.2017.
- 95 MODIS Web. - URL: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>. 01.06.2017.
- 96 Сканирующий спектрорадиометр MODIS. - URL: <http://loi.sccc.ru/bdm/sputn/modis.htm>. 05.04.2018.
- 97 USGS.gov. Path/Row Shapefiles. - URL: <https://landsat.usgs.gov/pathrow-shapefiles>. 10.09.2016.
- 98 GIS-Lab. - URL: Схема разграфки систем WRS-1,2 для данных Landsat. <http://gis-lab.info/qa/17pathrowmap.html>. 10.09.2016.
- 99 USGS.gov. - URL: <https://earthexplorer.usgs.gov>. 10.09.2016.
- 100 Farr Tom G., Hensley Scott, Rodriguez Ernesto, Martin Jan, Kobrick Mike. The Shuttle Radar Topography Mission // CEOS SAR Workshop. - Noordwijk, 2000. - С. 361-363.
- 101 CGIAR - Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI). - URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. 10.09.2016.
- 102 PCI Geomatics. - URL: <http://www.pcigeomatics.com>. 03.04.2018.
- 103 Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Platform. - URL: <https://www.esri.com/ru-ru/home>. 05.11.2016.
- 104 Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. - 2009. - № 3. - С. 28-32.
- 105 Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. - М.: Техносфера, 2010. - 582 с.
- 106 Meijerink A.M.J. Remote Sensing Applications to Groundwater // IHP-VI, Series on Groundwater, UNESCO. - 2007 - № 16. - 304 p.
- 107 Crippen R.E. Calculating the Vegetation Index Faster // Remote Sensing of Environment. - 1990. - Vol. 34. - P. 71-73.
- 108 Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A. and Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS // Third ERTS Symposium, NASA SP-351. - 1973. - Vol. 1. - P. 309-317.
- 109 Bannari A., Asalhi H., and Teillet P. Transformed Difference Vegetation Index (TDVI) for Vegetation Cover Mapping // Proceedings of the Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '02, IEEE International. - 2002. - Vol. 5. - P. 3053-3055.
- 110 Huete A. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) // Remote Sensing of Environment. - 1988. - Vol. 25. - P. 295-309.
- 111 Qi J. et al. A modified soil vegetation adjusted index // Remote Sensing of Environment. - 1994. - Vol. 48. - № 2. - P. 119-126.
- 112 Pinty B., Verstraete M. GEMI: A Non-Linear Index to Monitor Global

Vegetation from Satellites // Vegetation. - 1992. - Vol. 101. - P. 15-20.

113 Haboudane D. et al. Hyperspectral Vegetation Indices and Novel Algorithms for Predicting Green LAI of Crop Canopies: Modeling and Validation in the Context of Precision Agriculture // Remote Sensing of Environment. - 2004. - Vol. 90. - P. 337-352.

114 Kaufman Y.J., Tanre D. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. - 1992. - Vol. 30. - № 2. - P. 261-270.

115 GIS-Lab. NDVI - теория и практика. - URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>. 03.04.2018.

116 Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System (LAADS) DAAC. - URL: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>. 03.04.2018.

117 Космическая информация в геологии / отв. ред.: Трифонов В.Г., Макаров В.И., Сафонов Ю.Г., Флоренский П.В. - М.: Наука, 1983. - 370 с.

118 Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеamentно-геодинамического анализа. - URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf>. 08.05.2018.

119 Umikaltuma Ibrahim, Felix Mutua. Lineament Extraction using Landsat 8 (OLI) in Gedo, Somalia // International Journal of Science and Research (IJSR). - 2014. - Vol. 3. - Iss. 9. - P. 291-296. ISSN: 2319-7064.

120 Курлович Д.М., Барковец М.А. Автоматизированный линеamentный анализ территории Беларуси по материалам радарной топографической съемки // Структура и морфогенез почвенного покрова в условиях антропогенного воздействия: материалы Междунар. науч.-практ. конф. - Минск: Изд. центр БГУ, 2013. - С. 128-131.

121 Intehaa Abd-Allah Muhammad. Lineament Extraction Using Remote Sensing Data mid Iraq // Journal of Babylon University. Pure and Applied Sciences. - 2017. - Vol. 25. - № 2. - P. 582-597.

122 Christopher Oche Albert, Alaga Abayomi Taofeek. Geological Lineament Extraction Using Landsat 8 (OLI) in Parts of Osun State, Southwestern Nigeria // International Journal of Science and Research (IJSR). - 2016. - Vol. 5. - Iss 8. - P. 9-12. ISSN: 2319-7064.

123 Mustafa Ali Hassan, Safaa Sabah Adhab. Lineament automatic extraction analysis for Galal Badra river basin using Landsat 8 satellite image // Iraqi Journal of Physics. - 2014. - Vol. 12. - № 25. - P. 44-55.

124 El-Sawy El-Sawy K., Atef Ibrahim M., Mohamed El-Bastawesy A., Waleed El-Saud A. Automated, manual lineaments extraction and geospatial analysis for Cairo-Suez district (Northeastern Cairo-Egypt), using remote sensing and GIS // IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology. - 2016. - Vol. 3 - Iss. 5. - P. 491-500. ISSN 2348 - 7968.

125 Geomatics, P.C.I., 2016. Geomatica Online Help. - URL: <http://www.pcigeomatics.com/geomatica-help>. 01.04.2018

126 Петровский В.Б. Опыт применения новых технологий обработки данных дистанционного зондирования Земли в комплексе с геофизическими методами при решении задач нефтегазовой геологии // В кн: Нефтегазовые

бассейны Казахстана и перспективы их освоения. - Алматы: ОО «Казахстанское общество Нефтяников-Геологов», 2015. - 476 с.

127 Карелин В.Г., Петровский В.Б. Возможности применения данных ДЗЗ при поисках урановых месторождений гидрогенного типа в Казахстане // В кн.: Науки о земле в Казахстане. - Алматы: ОО «Казахстанское геологическое общество «КазГЕО»», 2016. - 498 с.

128 Справочник гидрогеолога / под общ. ред. М.Е. Альтовского. - М.: Госгеолиздат, 1962. - 616 с.

129 Максимов В.М., Кирюхин В.А., Боровский Б.В. и др. Справочное руководство гидрогеолога / под ред. Максимова В.М. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Недра, 1979. - Т. 2 - 296 с.

130 Канафин К.М. Использование данных спутника LANDSAT-8 при региональных гидрогеологических исследованиях Северного Прикаспия // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». - М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. - Т. 2. - 506 с.

131 Канафин К.М., Шагарова Л.В. Применение вегетационного индекса при гидрогеологических исследованиях песчаного массива «Нарын» // ВЕСТНИК КазНУТУ. - 2018. - № 3. - С. 10-17.

132 Розенберг И.Н. Геоинформационное моделирование как фундаментальный метод познания // Международный электронный научный журнал «Перспективы науки и образования». - 2016. - № 3 (21). - С. 12-15.

133 Цветков В.Я. Геоинформационное моделирование // Информационные технологии. - 1999. - № 3. - С. 23-27.

134 Розенберг И.Н., Духин С.В. Геоинформационные технологии - важная составляющая современных информационных систем // Автоматика, связь, информатика. - 2005. - № 7. - С. 8-12.

135 ArcGIS Desktop (ESRI). 3D Analyst и ArcScene. - URL: <https://desktop.arcgis.com/ru>. 10.09.2018.

136 ArcGIS Desktop (ESRI). Classifying numerical fields for graduated symbology. - URL: <http://desktop.arcgis.com/en>. 10.09.2018.

137 Канафин К.М., Шагарова Л.В. Методы дистанционного зондирования в региональных гидрогеологических исследованиях на примере Западного Казахстана // Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции «Наука сегодня: постулаты прошлого и современные теории как механизм эффективного развития в условиях кризиса». - СПб.: Изд-во «КультИнформПресс», 2016. - С. 14-20.

138 Канафин К.М., Ибраимов В.М. Дешифрирование космоснимков с применением ГИС в гидрогеологических исследованиях // BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. - 2016. - Vol. 6. - Iss. 364. - P. 27-33. ISSN 1991-3494.

139 Ибраимов В.М., Канафин К.М., Сотников Е.В. Обработка данных дистанционного зондирования с применением ГИС при проектировании гидрогеологических работ» // BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. - 2017. - Vol. 2, Iss. 366. - P. 87-94. ISSN 1991-3494.

- 140 Remote sensing applications to groundwater // IHP-VI, Series on Groundwater, UNESCO. - 2007. - Vol. 16. - 304 p.
- 141 Ахмедсафин У.М. Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1964. - 309 с.
- 142 Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. - М.: Недра, 1970. - 216 с.
- 143 Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод: утв. Приказом Заместителя Премьер-Министра Республики Казахстан - Министра индустрии и новых технологий Республики Казахстан от 28 марта 2013 года, № 89//online.zakon.kz.
- 144 Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: головное изд-во «Выща школа», 1989. - 407 с.
- 145 Groundwater Studies. An international guide for hydrogeological investigations // IHP-VI, Series on groundwater, UNESCO. - 2004. - № 3. - 430 p.
- 146 Веселов В.В., Сыдыков Ж.С. Гидрогеология Казахстана. - Алматы, 2004. - 484 с.
- 147 Сатпаев А.Г., Кугешев А.К. О изучении гидрогеологических условий Прикаспия с использованием новейших аэрокосмических съемок // Известия НАН РК. Серия геологическая. - 2008. - № 2. - С. 62-65.
- 148 Веселов В.В., Махмутов Т.Т. и др. Месторождения подземных вод Казахстана. Западный и Южный Казахстан: справочник. - Алматы, 1999. - Т. I. - 290 с.
- 149 Сыдыков Ж.С. Подземные воды Каспийского нефтегазоносного региона (формирование, ресурсы и использование). - Алматы: КазгосИНТИ, 2001. - 368 с.
- 150 Методы изучения и расчета водного баланса. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 398 с.
- 151 Островский В.Н. Подземные воды пустынь и экосистемы. - М.: Недра, 1991. - 188 с.
- 152 Чубаров В.Н. Питание грунтовых вод песчаной пустыни через зону аэрации. - М.: Недра, 1972. - 136 с.
- 153 Джакелов А.К. Формирование подземных вод Чу-Сарысуйского артезианского бассейна. - Алматы: Гылым, 1993. - 294 с.
- 154 Ахмедсафин У.М. Региональные ресурсы подземных вод Казахстана. - Алма-Ата, 1983. - 175 с.
- 155 Ахмедсафин У.М. Прогнозная карта региональной водообеспеченности Казахстана ресурсами подземных вод масштаба 1:2500000. - Алма-Ата, 1983.
- 156 Kanafin K.M., Assoc. Prof. Dr. Olga Korobova, Prof. Dr. Malis Absametov, Prof. Dr. Aleksandr Khaustov, Assoc. Prof. Murtazin Ye.Zh. Assessment of the hydrogeological conditions of Naryn sand massifs (Western Kazakhstan) using remote sensing data // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, Vienna GREEN Conference Proceedings, - 2017. - Vol. 17. - Iss. 33.

- P. 67-74. ISBN 978-619-7408-27-0 / ISSN 1314-2704.

157 Kanafin K.M., Rakhmetov I.K. Estimate of forecast resources of underground water in Naryn sandy area // NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. - 2018. - Vol. 3. - Iss. 430. - P. 132-144. ISSN 2224-5278.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты наземных маршрутных исследований песков Нарын

№№ пп	№№ точки набл.	Район	Месторасположение и описание точек наблюдений	Координаты		Название объекта	Фотоматериал
				Широта	Долгота		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	Исатайский	Точка наблюдения находится на расстоянии 13 км к северо - востоку от села Кызылуй. Район водной преграды в виде канала. Растительность обильная, в водоеме обитают лебеди, вода в канале без запаха, прозрачная и слабосоленоватая. Отобрана проба воды № 1.	47° 27' 18,3"	051° 05' 47,6"	Канал (озеро)	
2	2	Исатайский	Т.н находится к северу и северу – востоку на расстоянии 22 км. от поселка Жаскайрат. В районе преобладают барханы, растительности почти нет. Вода в колодце без запаха прозрачная, слабосоленоватая. Нст - 3,03 м; глубина кол. - 3,85 м. Отобрана проба воды № 2.	47° 50' 30,8"	050° 48' 31,7"	Ферма Бархан	
3	3	Исатайский	Проба №3 была отобрана в окрестностях с. Жаскайрат, из питьевого колодца. Нст - 2,10 м; глубина кол - 2,50 м. Колодец огорожен, вода прозрачная, без запаха, без привкуса и пресная. Растительность не начительная, имеются барханы.	47° 41' 37,9"	051° 00' 23,5"	с. Жаскайрат	

1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	Исатайский	Проба № 4 отобрана, для дальнейшего изучения, в районе села Кызылуй, местами имеется растительность, пески не закреплены, есть барханы. Вода из колодца пресная, без привкуса и запаха, Нст - 2,05 м; глубина кол - 3,15 м. Колодец эксплуатируется для ХПН. Колодец № 2, пользуется для водопоя скота, вода прозрачная без запаха. Нст - 2,30 м; глубина кол. - 3,90 м.	47° 23' 08,7"	050° 43' 15,1"	с. Кызылуй	
5	5	Исатайский	Рядом с селом Бекайдар поверхность ровная, имеется растительность. Пески полу закреплены, светло-коричневые, мелко и тонко зернистые. Из колодца для питьевой воды отобрана проба № 5. Вода без привкуса, без запаха и пресная. Нст - 1,90 м; глубина кол. - 2,45 м.	47° 23' 08,6"	050° 43' 15,2"	с. Бекайдар	
6	6	Исатайский	У центра бывшего села Мынтобе (ранее было около 100-150 домов, ныне не осталось даже следов домов, многие перекрыты песками), поверхность ровная местами не высокие барханы, растительность редкая. Вода в колодце слабосоленоватая, без запаха. Нст - 2 м; глубина кол - 2,90 м, эксплуатируется для водопоя скота. Дебит колодца 3 л/сек, колодец водообильный, за 10 мин - 5 см понижения.	47° 26' 56,5"	049° 52' 59,5"	с. Мынтобе	

1	2	3	4	5	6	7	8
7	6.1	Исатайский	Данные 2-го колодца: Нст - 2,15 м; глубина кол. - 3 м.	47° 26' 56,6"	049° 52' 58,1"	с. Мынтобе	
8	7	Исатайский	Т.н находится на расстоянии около 2 км к востоку от села Мынтобе, поверхность ровная песчаная, растительность редкая. Воды в питьевом колодце без запаха, без примесей, прозрачная и пресная. Нст - 1,32 м; глубина кол - 2,02 м Колодец относительно водообильный, отобраны пробы воды № 6	47° 27' 14,6"	49° 54' 16,2"	с. Мынтобе	
10	8	Исатайский	Т.н находится к востоку на расстоянии около 3 км от села Мынтобе. Почвенно- растительный слой почти отсутствует (голые пески) барханы, песок коричневый темно желтого цвета, мелко и тонко зернистый. Колодец для водопоя скота Нст - 2,15 м; глубина кол. - 4,15 м. Колодец довольно водообильный, Вода без запаха, прозрачная и слабосоленая.	47° 27' 08,9"	049° 55' 09,7"	-	

1	2	3	4	5	6	7	8
11	9	Исатайский	Рельеф холмистый, песчаный, слабо распространён растительный слой. Вода в питьевом колодце прозрачная, слабо с серным запахом(болотным), низко соленая. Нст - 1,95 м; глубина кол. - 2,05 м, колодец низко водообильный, отобраны пробы № 7.	47° 38' 37,5"	049° 41' 02,2"	с. Идран	
12	10	Курмангазинский	В близи села Нистбай, местность ровная, местами не высокие барханы, занос песка в поселок из песчаных массивов, растительность редкая. Колодец для питьевой воды с глубиной 1,95 м; Нст - 1,85 м. Вода в колодце слабосоленая, прозрачная, без запаха, без привкуса. Отобрана проба воды № 8.	47° 47' 59,0"	049° 23' 37,3"	зим. Нистбай	
13	11	Курмангазинский	На местности преобладают барханы, песок не закреплен, растительности почти нет. Рельеф равнинный слабо холмистый. Вода в питьевом колодце прозрачная, слабосоленая. Нст - 1,45 м; глубина скважины - 1,75 м Отобрана проба воды № 9.	47° 54' 31,6"	048° 47' 53,0"	с. Новый Уштоган	

1	2	3	4	5	6	7	8
14	11.1	Курмангазинский	Рядом пробурена гидрогеологическая скважина (5-6 летней давности).	47° 54' 30,9"	048° 47' 48,4"	с. Новый Уштоган	
15	12	Курмангазинский	Рельеф равнинный не холмистый, барханы отсутствуют, колодец для питьевой воды находится в северной окраине села, единственный колодец для питьевой воды в поселке. Колодец водообильный, Нст - 4,25 м; глубина кол. - 5,40 м; вода прозрачная, без привкуса, без запаха, пресная. Отобрана проба воды № 10.	47° 21' 22,6"	049° 0'1 12,9"	с. Кошалак	
16	13	Индерский	На окраине села Елтай проходит канал Багырлай, сельчани используют питьевую воду через очистительное сооружение из реки Ак жайык. Рельеф пески, совмещенные с растительностью.	48° 33' 16,1"	051° 36' 51,4"	Канал – Багырлай (с. Елтай)	
17	14	Индерский	Точка наблюдения находится к северу на расстоянии 11 км от села Елтай, Колодец для питьевой воды глубиной 2,10 м; Нст - 1,5 м. Колодец водообильный, вода прозрачная, без вкуса, без запаха и пресная. Рельеф довольно богатый, растительность трава и местами пески. Отобрана проба воды № 11.	48° 38' 25,8"	051° 40' 05,9"	В районе с. Елтай	

1	2	3	4	5	6	7	8
18	15	Жангалинский с. Уштас находится на расстоянии 3 км от с. Копжасар. Шахтный (бетонно - кольцевой)	Колодец для питьевой воды находится в восточной части села около 500 м. Колодец очень водообильный, Нст - 4,40 м; глубина кол. - 6,30 м. Вода используется как для питьевых нужд, так и водопоя скота с помощью бетонного лотка. Рельеф равнинный травянистый.	49° 09' 18,1"	050° 29' 21,3"	с. Уштас, (в районе с. Копжасар).	
19	16	Жангалинский	Село Копжасар находится к юго- востоку на расстоянии 12 км, от города Жанакала, Жители села Копжасар используют воду через водопровод от г. Жанкала Рельеф равнинный, многочисленные временные озера, богатый растительный слой.	49° 10' 27,4"	050° 27' 01,4"	с. Копжасар	
20	17	Жангалинский	Жители города Жанакала используют воду через очистительное сооружение в окраине города. Рельеф равнинный, многочисленные временные озера, богатый растительный слой, в озерах обитаю птицы.	49° 12' 27,2"	050° 18' 26,7"	г. Жанакала	 

1	2	3	4	5	6	7	8
21	18	Жангалинский	Рельеф равнинный, богатый растительный слой, на западной части села течет река Улкен Озен (Караозен). Жители пьют воду из колодца, который находится около реки.	49° 03' 07,4"	049° 56' 10,2"	с. Мастексай	
22	19	Жангалинский	Наблюдательная точка находится на расстоянии 59 км к югу от села Жанаказан. Рельеф равнинный, травянистый, на берегу реки растет высокий камыш. Отобрана проба воды из реки № 13.	48° 58' 59,7"	049° 39' 37,7"	р. Кишиозен (Сарыозен)	
23	20	Жангалинский	Рельеф равнинный, травянистый, на берегу оз. растет высокий камыш. На окраине села находится оз. Айдын, которое пополняет р. Киши Озен (Сарыозен). Жители Жанаказана используют воду от озера через очистительное сооружение.	48° 56' 23,9"	049° 35' 27,8"	с. Жанаказан	 

1	2	3	4	5	6	7	8
24	21	Жангалинский	М/у Жанаказан и Искра (на 12 км от села Жанаказан), находится шахтный колодец. Рядом находятся два ручных колодца. Глубина шахтного колодца - 6,60 м; Нст - 5,90 м. Отобрана проба воды № 14 Рельеф равнинный, пески чередуются с растительным покровом.	48° 56' 54,7"	049° 09' 59,7"	м/у п. Жанаказан и с. Искра	
25	22	Бокей - Ординский	Рельеф равнинный, песок коричневый мелко и тонко зернистый. Водозабор Искровский (Акместеп) находится к юго - западу на расстоянии 20 км от села Уялы. Жители села используют воду через водопровод от водозабора села Акместеп.	48° 57' 32,8"	049° 03' 29,3"	с. Уялы	
26	23	Бокей - Ординский	Рельеф мелко холмистый, бедный растительный слой, коричневый мелко и тонко зернистый. В южной части села находится 4 колодца, один колодец для питьевой воды, остальные для водопоя скота. Уровень воды питьевого колодца 7,8 м, глубина колодца 8,10 м. Вода в колодце прозрачная, без привкуса, без запаха и пресная. Колодец относительно водообильный. Отобрана проба воды № 15.	48° 54' 23,6"	048° 56' 07,4"	с. Кеной	

1	2	3	4	5	6	7	8
27	24	Бокей - Ординский	Водозабор Акмектеп (поселок Ибис или Искровское) Рельеф слабо холмистый, с растительностью. В водозаборе находится несколько скважин с глубиной около 23 м. Разморе ЗСО около 40*40, построены в хорошем состоянии с колючей проволокой.	48° 48' 55,6"	048° 53' 20,8"	Акмектеп (Ибис) (Искровское)	
28	25	Бокей - Ординский	Бывшее село Акмектеп (Ибис) следы домов не осталось, кроме дома оператора водозабора. Скважина находится к юго-западу 3 км, от водозабора. Нст - 1,95 м; глубина скв. - 18 м. Отобрана проба воды № 16.	48° 48' 00,4"	48° 51' 15,3"	В районе с. Искра	
29	26	Бокей - Ординский	Т.н находится на расстоянии 3 км к юго - востоку от с. Акборли. Вода в колодце используется для водопоя скота. Нст - 6,4 м; глубина кол. - 6,90 м.	48° 51' 05,1"	048° 34' 42,3"	зим. Кумыскай	

1	2	3	4	5	6	7	8
30	26.1	Бокей - Ординский	Колодец для питьевой воды находится к юга- востоку на расстоянии 2,5 км от с. Борли (Темирмасин). Нст - 4,9 м; глубина кол. - 6,10 м. Вода в колодце прозрачная, без привкуса, без запаха и пресная. Отобрана проба воды № 17.	48° 50' 51,9"	048° 34' 25,7"	-	
31	27	Бокей – Ординский.	Село Борли (Ак борли) или Темирмасин. Рельеф: золотистый мелко зернистые пески, растительности мало. В южной части села находится 3 колодца для питьевой воды. Нст - 5,6 м; глубина кол. - 9,2 м; колодец водообильный. Вода в колодце прозрачная, без привкуса, без запаха и пресная. Отобрана проба воды № 18	48° 51' 46,9"	048° 31' 55,8"	с. Борли (Акборли)	
32	28	Бокей - Ординский	Т.н. находится на расстоянии 9км к северо-востоку от с. Орда. Рельеф: золотистый мелко зернистые пески, растительности мало. В юго-западной части села находится колодец для питьевой воды. Нст - 1,6 м; глубина кол. - 2,40 м; колодец водообильный. Вода в колодце прозрачная, без привкуса, без запаха и пресная. Отобрана проба воды № 19.	48° 46' 08,4"	047° 47' 36,3"	зим. Кырыкуй	

1	2	3	4	5	6	7	8
33	29	Бокей - Ординский	Колодец питьевой воды (бывший военный колодец). Нст - 1,7 м; глубина кол. - 2,9 м. Рельеф холмистый, с коричневыми песками и богатой растительной почвой с деревьями. Вода в колодце прозрачная, без привкуса, без запаха и пресная. Отобрана проба воды № 20.	48° 42' 26,0"	047° 42' 56,0"	с. Орда (Водозабор Ординский)	
34	30	Бокей - Ординский	Водозабор с.Аймекен находится на расстоянии 33 км к юго-востоку от с. Орда. Рельеф: слабо холмистый, пески коричневые, мелко зернистые. Вода пресная, прозрачная.	48° 31' 42,9"	047° 41' 43,3"	с. Аймекен (в районе с. Орда)	
35	31	Бокей - Ординский	На расстоянии 19 км к востоку от с. Орда находится питьевой колодец. Нст - 1,40 м; глубина кол. - 3,80 м. Вода в колодце прозрачная, без привкуса, без запаха и пресная. Отобрана проба воды № 21.	48° 47' 32,0"	047° 41' 47,8"	зим. Алтыауыл	
36	32	Бокей - Ординский	Т.н. находится к югу на расстоянии 1,5 км от с. Бисен. Рельеф: Равнинный, слабо холмистый, богатый травянистой почвой и деревьями, местами барханные пески. Нст - 3,4 м; глубина кол. - 4,40 м. Колодец водообильный, вода без привкуса, без запаха и пресная. Отобрана проба воды № 22.	48° 58' 40,5"	047° 39' 29,4"	зим. Алтыауыл (с. Курман-казы)	

1	2	3	4	5	6	7	8
37	33	Бокей - Ординский	Рельеф: Равнинный, слабо холмистый, богатый травянистой почвой и деревьями, местами барханные пески. Центральный шахтный колодец, местные жители используют колодец более 30 лет, Нст - 5,5 м; глубина кол. - 6,10 м. Колодец водообильный, вода без привкуса, без запаха и пресная. Отобрана проба воды № 23.	48° 59' 38,3"	047° 39' 28,8"	с. Бисен (центр. колодец)	
38	33.1	Бокей - Ординский	Водобашня находится в северо-западном направлении с. Бисен. Отобрана проба воды № 24	48° 59' 42,2"	047° 39' 11,8"	Водонапор. башня	
39	33.2	Бокей - Ординский	Водозабор находится к северо-западу на расстоянии 2,5 км от села, в водозаборе находится 2 скважины глубиной около 65 м, водозабор и водобашня соединены трубопроводом.	49° 00' 22,9"	047° 37' 43,9"	с. Бисен (центральный водозабор)	

1	2	3	4	5	6	7	8
40	33.3	Бокей - Ординский	Старый водозабор находится в восточной части села, скважина пробурена глубиной 63 м, Нст - 14,8 м; Вода в скважине прозрачная, без привкуса, без запаха и слабосоленоватая. Отобрана проба воды № 25.	48° 59' 35,9"	047° 40' 04,1"	с. Бисен (старый водозабор (скв.))	
41	34	Бокей - Ординский	Рельеф равнинный, пески с растительной травой. Жители используют воду из водозабора Акмектеп. Отобрана проба воды № 26.	49° 10' 26,4"	48° 54' 37,3"	с. Курман- газы (Саралжин)	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Каталог гидрохимических анализов проб воды

№ пп	№ т.н.	Дата отбора	Гидрохимические показатели, мг/дм³ / мг-экв/дм³ / %-экв/дм³															Жесткость общая/карбо- натная, мг- экв/дм³	pH	Минерализа- ция/Сухой остаток, мг/дм³	Формула солевого состава	№ и дата анализа
			Na	K	Ca	Mg	NH₄	Fe₂	Fe₃	CO₃	HCO₃	Cl	SO₄	NO₃	NO₂	F	SiO₂					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	т.н. 1 канал	30.09. 2016	126,0	7,8	28,1	31,6	0,1	<0,1	0,10	<8,0	152,5	152,5	142,4	<0,2	0,10	0,43	0,17	4,00	7,80	642	M 0,64 <u>Cl 44 SO₄ 30 HCO₃ 26</u> Na 57 Mg 27 Ca 14 pH 7,80	215-1 от 26.10.16
			5,48	0,20	1,40	2,60	0,01	-	0,01	-	2,5	4,3	2,97	-	0,002	0,02	-	2,50				
			56,5	2,1	14,4	26,8	0,06	-	0,1	-	25,5	43,9	30,3	-	0,022	0,23	-					
2	т.н. 2 зим. «Баркан»	30.09. 2016	1800,0	12,4	76,2	260,2	0,2	0,20	0,10	<8,0	408,8	2606,1	833,1	177,0	5,00	2,76	7,45	25,20	7,30	6189	M 6,2 <u>Cl 73 SO₄ 28</u> Na 75 Mg 21 pH 7,30	215-2 от 26.10.16
			78,26	0,32	3,80	21,40	0,01	0,01	0,01	-	6,7	73,5	17,34	2,85	0,109	0,15	-	6,70				
			75,4	0,3	3,7	20,6	0,01	0,0	0,0	-	6,7	73,0	17,2	2,8	0,108	0,14	-					
3	т.н. 3 с. Жаскайрат	30.09. 2016	270,0	4,6	4,0	5,5	0,1	<0,1	<0,1	27,0	238,0	141,8	56,0	125,5	<0,01	3,46	11,78	0,65	8,75	888	M 0,89 <u>(CO3+HCO3) 39 Cl 33 SO₄ 10</u> Na 94 pH 8,75	215-3 от 26.10.16
			11,74	0,12	0,20	0,45	0,01	-	-	0,9	3,9	4,0	1,17	2,02	-	0,18	-	0,65				
			93,8	0,9	1,6	3,6	0,04	-	-	7,4	32,0	32,9	9,6	16,6	-	1,50	-					
4	т.н. 4 с. Жаскайрат (Кызылуй)	30.09. 2016	670,0	8,6	66,1	69,3	0,3	<0,1	<0,1	<8,0	347,8	673,7	573,8	77,6	1,00	4,50	9,42	9,00	6,90	2502	M 2,5 <u>Cl 50 SO₂ 31 HCO3 15</u> Na 76 Mg 15 pH 6,90	215-4 от 26.10.16
			29,13	0,22	3,30	5,70	0,02	-	-	-	5,7	19,0	11,95	1,25	0,022	0,24	-	5,70				
			75,9	0,6	8,6	14,9	0,04	-	-	-	14,9	49,8	31,3	3,3	0,057	0,62	-					
5	т.н. 5 зим. «Бекайдар»	30.09. 2016	445,0	8,0	38,1	80,3	0,2	<0,1	<0,1	<8,0	314,2	627,6	149,8	41,7	0,05	1,20	11,78	8,50	7,25	1718	M 1,7 <u>Cl 66 HCO3 19 SO₂ 12</u> Na 69 Mg 24 pH 7,25	215-5 от 26.10.16
			19,35	0,20	1,90	6,60	0,01	-	-	-	5,2	17,7	3,12	0,67	0,001	0,06	-	5,15				
			68,9	0,7	6,8	23,5	0,04	-	-	-	19,3	66,3	11,7	2,5	0,004	0,24	-					
6	т.н. 7 с. Мынтобе	01.10. 2016	320,0	9,9	18,0	30,4	0,3	<0,1	<0,1	<8,0	494,3	226,9	136,7	27,5	1,50	2,65	12,57	3,40	7,45	1281	M 1,3 <u>HCO3 45 Cl 36 SO₄ 16</u> Na 79 Mg 14 pH 7,45	215-6 от 26.10.16
			13,91	0,25	0,90	2,50	0,02	-	-	-	8,1	6,4	2,85	0,44	0,033	0,14	-	3,40				
			79,1	1,4	5,1	14,2	0,09	-	-	-	45,1	35,6	15,8	2,5	0,182	0,7	-					
7	т.н. 9 зим. «Идран»	01.10. 2016	330,0	12,4	22,0	29,2	<0,05	<0,1	<0,1	<8,0	256,3	340,4	92,2	145,0	<0,01	2,65	14,93	3,50	8,00	1245	M 1,2 <u>Cl 52 HCO3 23 NO3 13 SO₄ 10</u> Na 79 Mg 13 pH 8,00	215-7 от 26.10.16
			14,35	0,32	1,10	2,40	-	-	-	-	4,2	9,6	1,92	2,34	-	0,14	-	3,50				
			79,0	1,7	6,1	13,2	-	-	-	-	22,8	52,2	10,4	12,7	-	0,76	-					
8	т.н. 10 зим. «Нистыбай»	01.10. 2016	180,0	5,3	8,0	15,8	<0,05	0,20	1,00	<8,0	402,7	46,1	56,8	32,8	<0,01	2,56	9,81	1,70	8,20	761	M 0,76 <u>HCO3 66 Cl 13 SO₄ 12</u> Na 81 Mg 13 pH 8,20	215-8 от 26.10.16
			7,83	0,13	0,40	1,30	-	0,01	0,05	-	6,6	1,3	1,18	0,53	-	0,13	-	1,70				
			80,5	1,4	4,1	13,4	-	0,1	0,6	-	66,4	13,1	11,9	5,3	-	1,35	-					
9	т.н. 11 с. Нов.Уштоган	01.10. 2016	173,0	8,1	42,1	40,1	<0,05	0,25	0,75	<8,0	213,6	166,6	128,4	145,0	<0,01	1,40	13,75	5,40	7,55	933	M 0,93 <u>Cl 35 HCO3 26 SO₂ 20</u> Na 57 Mg 25 Ca 16 pH 7,55	215-9 от 26.10.16
			7,52	0,21	2,10	3,30	-	0,01	0,04	-	3,5	4,7	2,67	2,34	-	0,07	-	3,50				
			57,1	1,6	15,9	25,0	-	0,1	0,3	-	26,3	35,4	20,1	17,6	-	0,55	-					
10	т.н. 12 с. Кошалак	01.10. 2016	48,7	11,1	40,1	31,6	<0,05	0,40	2,60	<8,0	305,1	35,5	37,9	35,5	<0,01	0,71	12,17	4,60	7,40	561	M 0,56 <u>HCO3 68 Cl 14 SO₄ 11</u> Mg 36 Na 30 Ca 28 pH 7,40	215-10 от 26.10.16
			2,12	0,28	2,00	2,60	-	0,01	0,14	-	5,0	1,0	0,79	0,57	-	0,04	-	4,60				
			29,6	4,0	28,0	36,3	-	0,2	2,0	-	67,6	13,5	10,7	7,7	-	0,51	-					
11	т.н. 14 в районе с. Елтай	03.10. 2016	111,0	13,0	22,0	21,9	0,4	0,25	<0,1	<8,0	311,2	78,0	29,6	10,2	<0,01	0,59	18,87	2,90	7,25	617	M 0,62 <u>HCO3 63 Cl 27</u> Na 60 Mg 22 Ca 14 pH 7,25	215-11 от 26.10.16
			4,83	0,33	1,10	1,80	0,02	0,01	-	-	5,1	2,2	0,62	0,16	-	0,03	-	2,90				
			59,6	4,1	13,6	22,2	0,27	0,1	-	-	62,9	27,1	7,6	2,0	-	0,38	-					
12	т.н.15 в районе с. Копжасар	03.10. 2016	80,0	18,8	198,4	26,8	<0,05	<0,1	<0,1	<8,0	262,4	241,1	76,1	209,0	<0,01	0,14	13,75	12,10	7,25	1126	M 1,1 <u>Cl 42 HCO3 27 SO4 10</u> Ca 62 Na 22 Mg 14 pH 7,25	215-12 от 26.10.16
			3,48	0,48	9,90	2,20	-	-	-	-	4,3	6,8	1,59	3,37	-	0,01	-	4,30				
			21,7	3,0	61,6	13,7	-	-	-	-	26,8	42,3	9,9	21,0	-	0,05	-					
13	т.н. 19 р. Кишиозен	04.10. 2016	590,0	20,5	110,2	144,7	0,3	<0,1	<0,1	<8,0	274,6	1170,1	273,3	<0,2	0,70	0,31	9,81	17,40	7,30	2594	M 2,6 <u>Cl 76 SO4 13 HCO3 10</u> Na 59 Mg 27 Ca 13 pH 7,30	215-13 от 26.10.16
			25,65	0,52	5,50	11,90	0,02	-	-	-	4,5	33,0	5,69	-	0,015	0,02	-	4,50				
			58,8	1,2	12,6	27,3	0,04	-	-	-	10,4	76,4	13,2	-	0,035	0,04	-					
14	т.н.21 м/у с.Жанаказан и с.Искра	04.10. 2016	71,9	25,2	76,2	21,9	0,1	<0,1	0,20	<8,0	323,4	46,1	51,4	133,0	0,05	0,28	13,75	5,60	7,90	763	M 0,76 <u>HCO3 54 NO3 22 Cl 13 SO4 11</u> Ca 41 Na 33 Mg 19 pH 7,90	215-14 от 26.10.16
			3,13	0,65	3,80	1,80	0,01	-	0,01	-	5,3	1,3	1,07	2,14	0,001	0,01	-	5,30				
			33,3	6,9	40,5	19,2	0,06	-	0,1	-	53,9	13,2	10,9	21,8	0,011	0,15	-					
15	т.н. 23 с. Кеной	04.10. 2016	11,2	1,3	52,1	24,3	<0,05	<0,1	<0,1	<8,0	250,2	14,2	30,5	12,6	<0,01	0,45	14,54	4,60	7,55	411	M 0,41 <u>HCO3 77 SO4 12</u> Ca 51 Mg 39 Na 10 pH 7,55	215-15 от 26.10.16
			0,49	0,03	2,60	2,00		-	-	-	4,1	0,4	0,63	0,20	-	0,02	-	4,10				
			9,5	0,7	50,8	39,1		-	-	-	76,5	7,5	11,8	3,8	-	0,44	-					
16	т.н. 25 в районе с. Искра	05.10. 2016	90,0	12,9	54,1	48,6	<0,05	<0,1	0,20	<8,0	268,5	63,8	84,4	209,0	0,10	0,59	16,5	6,70	7,60	849	M 0,85 <u>HCO3 39 NO3 30 Cl 16 SO4 16</u> Mg 37 Na 36 Ca 25 pH 7,60	215-16 от 26.10.16
			3,91	0,33	2,70	4,00	-	-	0,01	-	4,4	1,8	1,76	3,37	0,002	0,03	-	4,40				
			35,7	0,3	24,6	36,5	-	-	0,01	-	38,7	15,8	15,5	29,7	0,019	0,27	-					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
17	т.н. 26 зим. «Кумыской»	05.10. 2016	12,4	22,8	66,1	13,4	<0,05	0,20	0,45	<8,0	262,4	21,3	36,6	11,8	<0,01	0,09	11,78	4,40	7,25	459	M 0,46 <u>HCO3 73 SO4 13 C1 10</u> pH Ca 59 Mg 20 Na 10 7,25	215-17 от 26.10.16
			0,54	0,59	3,30	1,10	-	0,01	0,02	-	4,3	0,6	0,76	0,19	-	0,00	-	4,30		326		
			9,7	10,5	59,4	19,8	-	0,1	0,4	-	73,4	10,2	13,0	3,2	-	0,08	-					
18	т.н. 27 с. Борли	05.10. 2016	76,7	2,5	84,2	43,8	<0,05	0,20	0,45	<8,0	335,6	49,6	169,6	76,7	<0,01	0,83	15,72	7,80	7,40	856	M 0,86 <u>HCO3 47 SO4 30 C1 12 N03 11</u> pH Ca 37 Mg 32 Na 30 7,40	215-18 от 26.10.16
			3,33	0,06	4,20	3,60	-	0,01	0,02	-	5,5	1,4	3,53	1,24	-	0,04	-	5,50		686		
			29,7	0,6	37,4	32,1	-	0,1	0,2	-	47,0	12,0	30,1	10,6	-	0,37	-					
19	т.н. 28 зим. «Кырыкуй»	05.10. 2016	115,0	28,0	120,2	66,9	<0,05	<0,1	0,30	<8,0	421,0	106,4	118,5	209,0	0,08	0,66	20,44	11,50	6,90	1206	M 1,2 <u>HC03 44 N03 21 C1 19 S04 16</u> pH Ca 35 Mg 32 Na 29 6,90	215-19 от 26.10.16
			5,00	0,72	6,00	5,50	-	-	0,02	-	6,9	3,0	2,47	3,37	0,002	0,03	-	6,90		928		
			29,0	4,2	34,8	31,9	-	-	0,01	-	43,7	19,0	15,6	21,4	0,011	0,22	-					
20	т.н. 29 с. Орда	05.10. 2016	40,0	3,4	60,1	17,0	<0,05	<0,1	<0,1	<8,0	183,1	24,8	77,8	88,7	<0,01	0,28	21,23	4,40	7,40	516	M 0,52 <u>HCO3 44 N03 21 S04 24 C1 10</u> pH Ca 48 Na 28 Mg 23 7,40	215-20 от 26.10.16
			1,74	0,09	3,00	1,40	-	-	-	-	3,0	0,7	1,62	1,43	-	0,01	-	3,00		402		
			27,9	1,4	48,2	22,5	-	-	-	-	44,4	10,3	23,9	21,1	-	0,22	-					
21	т.н. 30 в районе с. Орда	05.10. 2016	110,0	70,8	114,2	85,1	<0,05	<0,1	<0,1	30,0	384,4	92,2	246,1	225,0	0,07	2,20	16,51	12,70	8,20	1377	M 1,4 <u>(CO3+HCO3) 39 SO4 27 N03 19 Cl 14</u> pH Mg 36 Ca 30 Na 25 8,20	215-21 от 26.10.16
			4,78	1,82	5,70	7,00	-	-	-	1,0	6,3	2,6	5,12	3,63	0,002	0,12	-	7,30		1146		
			24,8	9,4	29,5	36,3	-	-	-	5,3	33,6	13,9	27,3	19,3	0,008	0,62	-					
22	т.н. 31 зим. «Алтыауыл»	06.10. 2016	20,0	7,0	320,6	41,3	<0,05	<0,1	<0,1	<8,0	225,8	205,7	542,9	15,3	<0,01	0,18	13,75	19,40	7,40	1393	M 1,4 <u>S04 54 C1 28 HC03 18</u> pH Ca 78 Mg 17 7,40	215-22 от 26.10.16
			0,87	0,18	16,00	3,40	-	-	-	-	3,7	5,8	11,30	0,25	-	0,01	-	3,70		1324		
			4,3	0,9	78,2	16,6	-	-	-	-	17,6	27,5	53,7	1,2	-	0,04	-					
23	т.н. 33 с. Бисен	06.10. 2016	12,9	3,8	104,2	21,9	<0,05	<0,1	0,65	<8,0	244,1	49,6	73,7	57,7	0,07	0,20	13,75	7,00	7,50	583	M 0,58 <u>HCO3 51 SO4 20 C1 18 N03 12</u> pH Ca 68 Mg 23 7,50	215-23 от 26.10.16
			0,56	0,10	5,20	1,80	-	-	0,03	-	4,0	1,4	1,53	0,93	0,002	0,01	-	4,00		462		
			7,3	1,3	67,6	23,4	-	-	0,5	-	50,8	17,8	19,5	11,8	0,019	0,13	-					
24	т.н. 33.2 с. Бисен (центр. водозаб)	06.10. 2016	550,0	2,7	10,0	13,4	<0,05	<0,1	0,50	<8,0	506,5	145,4	644,2	<0,2	<0,01	2,20	11,0	1,60	7,95	1886	M 1,9 <u>S04 52 HC03 32 C1 16</u> pH Na 93 7,95	215-24 от 26.10.16
			23,91	0,07	0,50	1,10	-	-	0,03	-	8,3	4,1	13,41	-	-	0,12	-	1,60		1572		
			93,4	0,3	2,0	4,3	-	-	0,1	-	32,0	15,8	51,7	-	-	0,45	-					
25	т.н. 33.3 с. Бисен, скважина	06.10. 2016	165,0	0,9	6,0	3,6	<0,05	<0,1	0,25	12,0	360,0	24,8	38,7	<0,2	<0,01	1,07	12,96	0,60	8,30	625	M 0,63 <u>(CO3+HCO3) 80 SO4 10</u> pH Na 92 8,30	215-25 от 26.10.16
			7,17	0,02	0,30	0,30	-	-	0,01	0,4	5,9	0,7	0,81	-	-	0,06	-	0,60		420		
			91,9	0,3	3,8	3,8	-	-	0,2	5,1	75,0	8,9	10,2	-	-	0,72	-					
26	т.н. 34 с. Саралжын	06.10. 2016	15,9	1,9	34,1	24,3	<0,05	<0,1	<0,1	<8,0	201,4	21,3	25,1	7,4	<0,01	0,54	17,29	3,70	7,80	394	M 0,35 <u>HCO3 72 C1 13 SO4 11</u> pH Mg 45 Ca 38 Na 16 7,80	215-26 от 26.10.16
			0,69	0,05	1,70	2,00	-	-	-	-	3,3	0,6	0,52	0,12	-	0,03	-	3,30		244		
			15,6	1,1	38,3	45,0	-	-	-	-	72,2	13,1	11,4	2,6	-	0,62	-					