ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

О.А. Серебрякова, А.О. Серебряков

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ДОННЫХ ПОРОД-ГРУНТОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Монография

Издательский дом «Астраханский университет» 2010

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Астраханского государственного университета

Рецензенты: доктор геолого-минералогических наук, профессор ВолгоградНИПИморнефть *А.В. Бочкарев;* доктор геолого-минералогисеских наук, профессор *В.Н. Синяков*

Серебрякова, О. А. Геологическое строение, инженерно-геологические свойства и нефтегазоносность донных пород-грунтов Каспийского моря [Текст] : монография / О. А. Серебрякова, А. О. Серебряков. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – 126, [2] с.

Впервые исследованы инженерно-геологические особенности состава и строения донных грунтов Российского сектора Каспийского моря с целью обоснования перспектив нефтегазоносности исследуемой территории; представлены результаты инженерногеологического районирования донного рельефа Российского сектора морской акватории для прогнозирования места заложения геологоразведочных и эксплуатационных морских буровых установок. С использованием математических методов предложена концепция морского инженерно-геологического мониторинга поисков и разведки, эксплуатации, добычи и транспортировки нефти и газа в Российском секторе Каспийского моря.

Предназначена для

ISBN 978-5-9926-0389-7

© Издательский дом
«Астраханский университет», 2010
© О. А. Серебрякова, А. О. Серебряков, 2010
© В. Б. Свиридов, дизайн обложки, 2010

оглавление

ВВЕДЕНИЕ
Глава 1. Инженерно-геологические особенности
гидроаэросиноптических условий Каспийского моря
Глава 2. Особенности геотехнологии морских
инженерно-геологических полевых исследований11
Глава 3. Инженерно-геологические особенности
морских донных грунтов
3.1. Стратификация морских грунтов 13
3.2. Инженерио-геологическая характеристика
морских грунтов
Глава 4. Инженерно-минералогический состав грунтов
Глава 5. Инженерно-геологическое районирование
донных грунтов
Глава 6. Инженерно-геологический мониторинг
разведки и добычи углеводородов в морской акватории
Глава 7. Инженерно-геологическое обоснование оптимизации
морских геологоразведочных работ на нефть и газ
ЗАКЛЮЧЕНИЕ117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

введение

Северная часть Каспийского моря представляет собой особый объект природопользования; его геологические проблемы предопределены предстоящим крупномасштабным освоением Российского сектора акватории. При благоприятном инвестиционном климате в течение ближайших 10–15 лет Российский сектор Каспийского моря может занять одно из первых мест в России по объёмам добычи нефти и газа. Разведанные запасы позволяют начать добычу углеводородов в 2010–2015 гг. и поддерживать ее на уровне 100 млрд м³ газа и 50 млн т нефти в год на протяжении 25–30 лет. С учетом прогнозной оценки и реализации в полном объеме программы геологоразведочных работ в 2015–2018 гг. прогнозируется расширить добычу на более чем 50 млн т нефтяного эквивалента в год.

Анализ инженерно-геологических условий Каспийской акватории свидетельствует о том, что в качестве ограничивающих факторов освоения морских природных ресурсов в регионе необходимо рассматривать инженерно-геологические, гидроаэросиноптические, геологические и военнополитические условия. В составе Каспийского единого природного комплекса морской геосистемы наиболее сильному и первоочередному воздействию подвергаются донные грунтовые геологические породы, процессы в которых взаимозависимы и взаимообусловлены техногенезом морской среды. Суровые природные условия северной части моря при его биоразнообразии, играющем главную роль в экогеобиологических процессах, а также сильная уязвимость окружающей морской среды в условиях мелководья могут привести к необратимым последствиям в уникальной экогеосистеме региона и за её пределами, так как поражения отдельных звеньев трофической цепи, потери растительной кормовой базы и популяции животных трудновосполнимы.

Вследствие этого необходима организация единой системы инженерно-геологического мониторинга разведки и разработки углеводородного сырья. Осуществить это возможно только при научно обоснованном вовлечении грунтовых донных звеньев морской геосистемы в процессы освоения морских природных сырьевых ресурсов на базе изучения инженерно-геологических особенностей донных грунтов.

Задачи работы заключаются в изучении инженерно-геологического состава и строения донных грунтов и донной структуры северного (Российского) сектора Каспийского моря, являющихся геотехническими основаниями морских геологоразведочных установок и оказывающих интегральное влияние на экологически и технологически безопасное функционирование таких геологотехнических систем. Исследования инженерногеологических особенностей донных грунтов необходимы для обоснования оптимального направления геологоразведочных работ и выбора места стационарной установки морского бурового оборудования. Объектом исследований являются донные грунтовые отложения, инженерно-геологические особенности их состава и строения, а также геопромышленные структуры и функции литологического разреза донных отложений.

Исходными материалами служат результаты комплексных инженерно-геологических, геологоразведочных, литологических, геохимических, сейсморазведочных и других морских исследований различных организаций в Каспийской акватории и прибрежных регионах, а также фондовые и литературные материалы, в обобщении и обработке которых принимали участие авторы. Работа основана на научном анализе обобщённого и систематизированного материала, на результатах научных исследований и разработок российских и зарубежных учёных и специалистов, занимающихся геологоразведочными проблемами Каспийского моря и смежных регионов, а также на сопоставлении новейших данных, полученных при выполнении НИР в Астраханском государственном университете, с результатами морских геологоразведочных работ.

Практическое значение работы состоит в использовании ее результатов при производстве морских поисковоразведочных и эксплуатационных работ, добыче и транспортировке нефти и газа, в разработке рекомендаций для оптимального выбора участков расположения стационарных морских буровых установок, направления геологических работ, а также минимизации техногенного воздейсвия на морскую окружающую геоэкосистему при проведении поисков, разведки, добычи и транспортировки углеводородного сырья в акватории Каспийского моря.

ГЛАВА 1

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОАЭРОСИНОПТИЧЕСКИХУСЛОВИЙ КАСПИЙ-СКОГО МОРЯ

В соответствии с международным правом, Каспийское море является объектом совместного использования всех Прикаспийских государств. В настоящее время заключены акты об установлении и закреплении границ морского недропользования между Российской Федерацией и сопредельными с ней государствами – Казахстаном и Азербайджаном (рис. 1).

При современном расположении в пределах Евразийского континента его крайняя северная точка располагается на 47°07, крайняя южная – на 36°33′с. ш., крайняя западная – на 46°43′, крайняя восточная – на 4°50′в. д. Положение уровня акватории неустойчивое, подверженное значительным колебаниям. Соответственно, и площадь поверхности является также непостоянной, и по разным оценкам составляет от 378 до 390 тыс. км².

Протяженность Каспия с севера на юг – около 1200 км при средней ширине до 320 км и протяженностью береговой линии до 7 тыс. км. Объем водных масс Каспийского моря – около 78 тыс. км³ при средней глубине 180 м. На территории моря расположено около 50 низкорельефных островов общей площадью 350 км². В море впадает примерно 130 рек. Наиболее крупные (Волга, Урал, Эмба, Терек) впадают в Северный Каспий и составляют 88 % расчетного стока в море. На западе Кура, Сулак, Самур и другие мелкие реки дают 7 % общего стока, 5 % приходится на сток рек Иранского побережья.

Меридианальная протяженность Каспийского моря обусловила разнообразие его климатических условий. Акваторию пересекает несколько климатических поясов: континентальный на севере, умеренно теплый на западе, субтропический влажный на юго-западе и пустынный на юго-востоке.

Над Каспийским морем отмечаются жесткие штормы (скорость ветра – более 25 м/с) трех типов: северо-западные, северо-восточные и юговосточные. Повторяемость этих штормов – в среднем 1 раз в 10–15 лет.

Средняя многолетняя температура воздуха самых теплых месяцев (июль – август) по всему морю равна 24–26°. В самые холодные месяцы (январь – февраль) в северной части моря месячная температура воздуха изменяется от минус 1° у о. Чечень до минус 9–10° в крайней северо-восточной части моря. В средней части моря температура от -3° до +5°, а в южной – от +2° до +12°.

Соленость Каспийского моря характеризуется значениями от 0,2–0,3 до 13 $^{0}/_{00}$. Отмечено также, что зимой в направлении с северо-запада на юго-восток отмечается общее повышение солености.



Рис. 1. Инженерно-геологическое районирование национальных топливно-энергетических комплексов Каспийского моря (по данным Глумова, Касьяновой, «Лукойл», «Газпром добыча Астрахань», «Моринжгеология», с уточнениями автора)

На циркуляцию вод в Каспийском море влияют ветры, пространственная неоднородность поля плотности вод, конфигурация берега и донного рельефа. Основное региональное течение Каспийского моря обусловлено влиянием господствующих северных ветров и представляет собой движение водных масс из северной части моря вдоль западного побережья к югу. Большое влияние на течение оказывают речной сток и изменение глубины дна. Скорость и стабильность течения меняется в зависимости от силы и продолжительности ветра. При нормально протекающих синоптических условиях с середины ноября в крайних северо-восточных районах моря начинается ледообразование. К концу месяца лед распространяется по всей прибрежной зоне северного побережья моря. В январе образуется лед в мелководных заливах и бухтах восточного побережья, а в феврале возможно появление льда в районе Махачкалы.

Уже со второй половины февраля начинается интенсивное разрушение ледяного покрова. Окончательное очищение моря ото льда происходит в конце марта – начале апреля.

Уровень Каспийского моря испытывает значительные колебания различного характера (табл. 1). Выделяются вековые, годовые и сезонные колебания уровня моря.

Таблица 1

Событие	Северный район (глубина моря – 8–13 м)	Средний район (глубина моря – 15–17 м)	Южный район (глубина моря – 25–37 м)			
Новокаспий	 860 лет назад – побережье на отметках минус 34–36 м; 2895 лет назад – мелководье дельты; 4130 лет назад – авандельта, мелководье 	Мелководье; 6610 лет назад – мелководье	Мелководье; 5790 лет назад – авандельта			
Мангышлакская регрессия	Суша; 9800–9420 лет назад – наземная дельта с се- рией озер (ильменей)	Суша; 9230 лет назад – авандельта	Суша; 8540 лет назад – авандельта			
Поздняя хвалынь	17645–16645 лет назад – мелководье	Позднее – глубина 60–75 м; 16000 лет назад – мелководье	Позднее – глубина 70–80 м; 16900 лет назад – мелководье			
Енотаевская регрессия	Авандельта на отметке минус 45–50 м	Мелководье	Мелководье			
Ранняя хвалынь	21 460 лет назад – мел- ководье; Глубоководье -100 м. 27200 лет назад – мелководье	Глубоководье ~ 110 м	21090 лет назад – переход к мелково- дью. Глубоководье ~ 130 м 30150 лет назад – мелководье			

Максимальные глубины Каспийского моря в четвертичное время

Продолжение таблицы 1

Ательская регрессия	Суша	_	Лагунно-дельтовое мелководье на отметках -100 м
Поздний хазар	Глубина моря — 70—80 м	Глубина моря — около 100 м	Глубина моря— около 130 м
Черноярско- астраханская регрессия	Мелководье вблизи дельты на отметках около -90 м	_	Мелководье на отметках -120 м
Ранний хазар	Глубоководье	Глубоководье	Глубоководье

Каспийское море относится к классу «бессточных» водоемов, в то же время являясь классом «приточного» водоема. Вследствие этого инженерно-геологические условия северной части акватории Каспийского моря, особенно вблизи его северного побережья, в существенной степени определяются поступающими сюда волжскими водами. Годовой сток р. Волги составляет 208–210 км³, продолжительность половодья – до 75 суток. Густота речной сети увеличивается от вершины к морскому краю и с запада на восток. Значительное ветвление водотоков в низовье способствует большему растеканию воды в зонах акватории. Все это сближает инженерногеологические условия прибрежных зон дельты Волги с теми условиями, которые формируются в бореальных областях.

Широкомасштабные геолого-геофизические исследования акватории Каспия с целью инженерно-геологического районирования геологических ресурсов углеводородов Каспийского моря начались в 1995 г. (рис. 2). Общая площадь исследований составляет около 63 тыс. км.



Рис. 2. Инженерно-геологическое районирование геологических ресурсов углеводородов Каспийского моря: 1 – контуры условных расчетных районов; 2 – числитель – номер расчетного района, знаменатель – его углеводородные ресурсы, в млрд т; 3 – шкала интервалов значений углеводородного потенциала (по данным Глумова, Касьяновой, «Лукойл», «Газпром добыча Астрахань», «Моринжгеология», с уточнениями авторов)

ΓΛΑΒΑ 2

ОСОБЕННОСТИ ГЕОТЕХНОЛОГИИ МОРСКИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Инженерно-геологические работы в морских акваториях имеют свои особенности, отличающиеся от их проведения на суше. В первую очередь это обусловлено тем, что при расположении и передислокации геотехнических средств на горизонтальной поверхности морских вод происходит неконтролируемое визуально изменение глубин залегания дна, осложняющее введение поправок на толщу воды, а также отсутствием внутри акваторий каких-либо геодезических, геоморфологических, геологических и технических, стационарных или временных реперов. Наличие в составе донных отложений неконсолидированных грунтов является осложняющим фактором при дистанционных исследованиях. Вследствие таких аспектов методика морских инженерно-геологических исследований усложняется не только технически и технологически, но и необходимостью выполнения контрольного мониторинга природных условий донных грунтов. До настоящего времени отсутствуют единые правила инженерно-геологических изысканий для районов акваторий. Перечисленные особенности морских исследований обусловливают отнесение морских акваторий к районам со сложными инженерно-геологическими условиями.

В морских акваториях инженерные изыскания требуются на всех этапах изучения и освоения нефтегазовых ресурсов.

На начальном этапе при геологоразведочных работах инженерные исследования необходимы для обеспечения безопасной эксплуатации плавучих буровых установок (ПБУ), используемых при бурении поисковоразведочных скважин.

В период обустройства выявленных месторождений они выполняются для проектирования и строительства эксплуатационных сооружений и подводных трубопроводов, внутрипромысловых и предназначенных для транспортировки добытой продукции на береговые приемные пункты, морские погрузочные терминалы.

В эксплуатационный период осуществляется мониторинг состояния гидротехнических сооружений и трубопроводов.

Задачи, методы и последовательность их решения, определяемые нормативно-техническими документами разных стран и нефтегазовых компаний, являются идентичными для разных этапов изысканий. Изменяются площади изысканий и соотношение объемов работ. Необходимо изучение глубин моря и поверхности дна на участках размещения сооружений и по трассам трубопроводов, для чего выполняются инженерно-

гидрографические изыскания и исследования толщи грунтов в местах постановки сооружений.

Комплекс работ при инженерно-гидрографических изысканиях вклю-чает:

- эхолотирование;
- гидролокационное обследование дна;
- гидромагнитную съемку;
- определение глубин моря;
- определение рельефа дна;

• выявление объектов, неблагоприятных либо опасных для сооружений (крутых клонов, уступов затонувших объектов).

Инженерно-геологические изыскания включают:

- геофизические изыскания;
- сейсмоакустическое профилирование;
- сейсморазведочные работы высокого разрешения;
- бурение инженерно-геологических скважин;

• испытание грунтов методами статического и динамического зондирования, крыльчаткой и другими;

• опробование грунтовой толщи (донных грунтов) на разную глубину;

• лабораторные исследования грунтов на борту судна и в береговых лабораториях;

- инженерно-гидрографические работы;
- сейсмоакустическое профилирование (эхолотирование);
- сейсморазведочные работы высокого разрешения;
- обработку материалов гидрографических и геофизических работ;
- испытание грунтов в береговых лабораториях;

• обработку и анализ результатов исследований и испытаний грунтов, выполнение геотехнических расчетов;

• подготовку окончательного отчета о результатах изысканий.

В морской практике рекомендуется осуществлять следующий комплекс полевых морских инженерно-геологических методов:

• промер глубин в диапазоне от 0,5 до 50–100 м, масштаб съемки – 1 : 10000 и крупнее; технологически комплексируется с гидролокационной сейсмоакустической съемкой;

• гидролокация бокового обзора (ГЛБО) двухканальным гидролокатором с цифровой регистрацией данных (аппаратура «Катран-1 М» и др.);

• гидромагнитная съемка (магнитометрия) по дифференциальной методике;

• сейсморазведка ВЧ МОГТ методом отраженных волн по общим глубинным точкам МОВ-ОГТ; разрешающая способность – не менее 5 м в

интервале глубин разреза от 0 м до 500 м и не менее 10 м в интервале от 500 м до 1000 м;

• сейсмоакустические исследования (НСАП) выполняются в двух модификациях: одноканальном двухчастотном (либо одночастотном) варианте, а также в многоканальном варианте (от 24 до 96 каналов) с реализацией схемы наблюдений по ОГТ (МНСАП-ОГТ). Применение многоканальной сейсмоакустики актуально в условиях, когда требуется детальное изучение скоростной модели разреза осадков до глубин 300–500 м;

• навигационно-геодезические иследования осуществляются спутниковыми навигационными системами ГЛОНАС или DGPS в дифференциальном режиме, обеспечивающими высокоточную привязку всех видов инженерных изысканий в заданных масштабах, включая бурение и пробоотбор, определения местоположения объектов не хуже ± 2 м (многоканальный приемник);

• обработка и интерпретация инженерно-геологических и геологогеофизических данных ГЛБО, магнитометрии, ВЧ МОГТ, НСАП и МНСАП-ОГТ осуществляются с помощью соответствующих программ;

• бурение и опробование инженерно-геологических, геологоразведочных и эксплуатационных скважин на рабочие глубины моря от 0,5 до 50 м, глубина бурения – до 100–2500 м; способы бурения – ударнозабивной, вдавливание, роторное, турбинное. Буровое оборудование включает станки класса ЗИФ-2500 или СПБУ, талевые лебедки типа ЛВД-32 и др., якорные лебедки и донное опорное основание. Осуществляется проведение полевых исследований физических характеристик и свойств грунтов. Плавсредства для бурения – несамоходные специализированные понтоны катамаранного и тримаранного типа;

• опробование донных грунтов колонковыми трубами; основные способы: вибрационный и гидро-пневмоударный с отбором керна от 60 до 95 %;

• статическое зондирование осуществляется наборными комплексами, обеспечивающими максимальное усилие вдавливания до 50 кH с использованием зондовой аппаратуры для измерения следующих величин: q_c – удельного сопротивления грунта под конусом, f_s – удельного сопротивления грунта под конусом, f_s – удельного сопротивления, и – порового давления. Дискретность регистрации данных по глубине от 2 см;

• вспомогательные плавсредства и суда для обеспечения инженерных изысканий на мелководье включают средства типа «Литораль». Вспомогательный флот плавсредств состоит из мелкосидящих катеровбуксиров класса «река – море» (КС и СМБ, МНИС-ЭКО и др.). Осадка таких судов составляет от 0,7 до 1,2 м. Основная задача флота – обеспечение буксировки, перемещения отдельных модулей комплекса «Литораль», материально-техническое обеспечение рабочих процессов. Кроме того, данный класс судов используется для выполнения отдельных видов изысканий, например, НСАП, ГЛБО, промера и магнитометрии.

К числу компонентов инженерно-геологической среды, подлежащих обязательному выявлению и оконтуриванию ввиду их опасности или неблагоприятного влияния на строительство, относятся залегающие на небольшой глубине скопления свободного газа, «газовые карманы» и залежи «слабых» неконсолидированных грунтов. Возрастание порового давления в газоносных грунтах при строительстве или постановке буровых установок снижает несущую способность грунтового основания либо приводит к прорыву газа к поверхности дна, образованию диффузионных воронок, вызывающих потерю устойчивости и разрушение сооружений. Наличие в разрезах «слабых» неконсолидированных грунтов является осложняющим фактором строительства. По этой причине является обязательным выделение при инженерно-геологическом расчленении грунтовых оснований специфического вида грунтов – ила, органоминеральных и органических, даже при их мощности менее 20 см. Аварии буровых оснований по указанным причинам произошли в различных регионах шельфа, в том числе на нефтяных месторождениях Каспия. Аварии, вызванные вскрытием близповерхностных скоплений газа, имели место также при поисковом и инженерно-геологическом бурении в Восточно-Сибирском и Черном морях. При этом совместно с газом через ствол скважин выбрасывался большой объем водно-грунтовой смеси (Глумов, 2003 и др.).

Особенности методики инженерно-геологических морских работ в Северной акватории Каспия характеризуются сложными и неоднородными по площади условиями. Сложность инженерно-геологических условий обусловлена:

• малыми глубинами моря и высокой акустической жесткостью дна, вызывающими образование целой серии кратных отражений;

• широким распространением в геологическом разрезе дисперсных донных образований, вызывающих потерю корреляции, образование дифрагированных волн и «затяжку времени», а также низкоскоростными «слабыми» грунтами, скоплениями газа, палеоврезами и природнотехногенными гляциологическими ложбинами и оврагами;

• тонкослоистостью субгоризонтальных структур большей части донного разреза, вызывающей затруднения при идентификации и корреляции отражающих поверхностей и их литолого-стратиграфическую привязку.

глава з

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОРСКИХ ДОННЫХ ГРУНТОВ

В северной акватории Каспийского моря в пределах нефтегазовых структур инженерно-геологические исследования проводятся в местах бурения поисково-разведочных скважин, а также для обеспечения постановки и эксплуатации СПБУ.

3.1. Стратификация морских грунтов

Корреляция стратиграфических комплексов отражает особенности инженерно-геологической характеристики и литологического строения разреза грунтовой толщи Каспийского моря (табл. 2, 3).

Акватория Каспия охватывает части таких тектонических элементов, как докембрийская (Русская) и эпигерцинская (Скифская) платформы, предгорный передовой прогиб и альпийская складчатая система.

Такая разнородность тектонической основы бассейна обусловила резкое различие типов пород в его пределах, широкий стратиграфический диапазон и разную мощность осадочных пород чехла. Общая мощность осадочных пород изменяется от 6–7 км в Северном Каспии до 20–25 км во впадине Южного Каспия, претерпевая сокращения и увеличения в пределах отдельных геоструктур. Так, над кряжем Карпинского и Карабогазским сводом мощность осадочных отложений уменьшается до 1–1,5 км соответственно, в Терско-Каспийском краевом прогибе достигает максимальных величин в Терско-Сулакском (12 км) и Северо-Апшеронском прогибах (15 км), оставаясь относительно стабильной (5–7 км) над Туранской плитой, где над Бузачинским сводом и крупными поднятиями Средне-Каспийского свода уменьшается до 4,5 и 3,5–4 км соответственно. Возраст фундамента с севера на юг значительно омолаживается от докембрийско-раннепалеозойского в Северном Каспии, раннепалеозойского в Среднем до раннемезозойско-позднепалеозойского в Южном Каспии.

В геологическом строении структурных элементов Каспийского бассейна принимают участие отложения палеозоя и мезозоя, от каменноугольных до меловых включительно (рис. 3).

Наиболее древними отложениями, вскрытыми скважинами в пределах акватории моря, являются триасовые (Ракушечное море и Западно-Ракушечное море), однако на континентальных частях геоструктур, развитых в Каспийском море, разрез осадочных пород изучен до кристаллического фундамента включительно.

Сводная инженерно-геологическая характеристика разреза донной грунтовой толщи Каспийского моря (Серебрякова, 2009)

К	омплексы и одкомплексы отложений	Глубина подош- вы от поверх- ности дна, м	Мощ- ность, м	Инженерно- геологическая зона	Литологический состав
Co	овременные	0–0,5	0,5	Свободного	Мелкие пески, илистые
Н	овокаспий- ий nk	2,05–4,5	2,05–2,5	Местный флюидоупор	У дна песок и раковинный детрит, ниже песок со слойками глины. Во врезах глинистые грунты текучие и текучепластичные
М ск	анганшлак- ий mg	до 11	до 8–9	Локальный флюидоупор	Распространены в палеопонижени- ях. Текучие и текучепластичные глинистые и органо-минеральные грунты
Хı ве	залынский рхний hv ₂	15–16	13–14	Газоводонасы- щенный коллектор	Комплекс аллювиально-морских (дельтовых) отложений – чередо- вание песчаных и пылевато- глинистых грунтов, в низах прослои раковинных грунтов
XI HV	залынский іжний hv ₁	30–31	14–16	_	_
B T.H.	Глинистая пачка	27	10-12	Локальный флюидоупор	Глина мягко-тугопластичная со слой- ками песка в верхней части пласта
н	Базальный песчаный слой	30–31	3–4	Газоводонасы- щенный коллектор	Песчано-раковинные грунты с прослоем пылевато-глинистых отложений
Ха ве	азарский рхний hz ₂	62–64	31–33	_	_
B T.Y.	Гинистая пачка	~50	~19–20	Локальный флюидоупор	Пылевато-глинистые грунты, кон- систенция от мягкопластичной до полутвердой
	Песчано- глинистая	62–64	12–13	Газоводонос- ный коллектор	Прослои песка разной крупности и глинистых грунтов
Ха ни	азарский іжний hz ₁	128–130	63–65	_	_
.н.	«Песчаный слой»	72–74	~9	Газоводонос- ный коллектор	Песок пылеватый и мелкий с про- слоями пылевато-глинистых грунтов
B T.	Локальный глинистый горизонт	128–130	54–56	Локальный флюидоупор	Глинистый грунт в тугопластичном и полутвердом состоянии. В верхней части горизонта вероятны прослойки песка и пылевато-глинистого грунта
Бакинский b Базальный глинистый горизонт		~200	~68–70	_	Основная часть разреза представ- лена глинами. В низах возможны песчаные и грубозернистые отло- жения

Таблица 3

Сопоставление основных схем стратиграфического расчленения плейстоцена Северо-Каспийского региона

	мя	Федоров			Свиточ, Ян	нина, 1997		Принятое разделен	ие в данной работе		
D	ala	Горизонты	Слои	Надго- ризонт	Горизонт	Подгори- зонт	Слои	Вспомага- тельные под- разделения Северного Каспия	Седиментацион- ный комплекс	Подкомплекс	
			Современ-				Современ-				
_			Веруние и				пыс				
Голоцен		Новокаспийский горизонт	средние и вокаспий- ские слои		Послехва- лынский (новокас-	Новокас- пийский	Верхние	Новокаспий-	Новокаспийский		
			Регрессия		пийский)			ская свита			
			Мангышлак-				Нижние				
			(регрессия)						Мангышлакский (во врезах)		
цен	лй	Хвалынский	Верхнехва- лынские слои	Хвалын	Хвалын-	Верхне- хвалын- ский		Верхнехва- лынская под- свита	Храл шеслий	Верхний	
Ілейстоцеі	Поздні	горизонт	Нижнехва- лынские слои	СКИИ	ский	Нижнехва- лынский	Верхние Средние Нижние	Нижнехва- лынская подсвита	Авалынскии	Нижний	
		Ательская	свита (регрес-		Ательский			Ательская		Верхний	
		сия)					свита	Верхнехазарский	Средний	
		Верхнеха	зарские слои		Верхнеха- зарский		Верхние Нижние	Верхнехазар- ская подсвита	Deprinomusiperini	Нижний	

Продолжение таблицы 3

	_		Регрессия	_	Черноярский		Damara	Черноярская свита		Верхний
	Средний	Нижнехазар-	Поздние нижнеха- зарские (ко- сожские) слои Средние	Хазар- ский	Гюргянский (нижнеза- зарский)		Средние	Гюргянская (нижнехазар-	Нижне-	Средний
		ский (гюргян- ский) горизонт	нижнеха- зарские (син- гиль-ские) слои				Нижние	ская) подсвита	хазарскии	1 7 7
			Ранние ниж- нехазарские слои		Урунджик- ско- сингильский			Сингильская свита		Нижний
Н		Регрессия (венедская, уштальская свиты)					Верхние			
оце	йЙ	Урун	іджинские слои					-		
пейсто	Ранни	Бакинский	Верхнебакин- ские	Бакин-	Бакинский		Средние	Бакинская свита	Бакинские	
Ш		горизонт	Нижнебакин- ские	ский			Нижние		отложения	
		Тюркянская	Тюркянская свита		Тюркянский	окянский		Тюркянская свита		
ıей-	e	Апшеронск	кий ярус						A	лшерон
Эопл стоце										

And the second				K,au				3-K	1.
	-		Альбский К,al	Kicul	20-305	The second se	-	n	
20		-		Kialt			•	к	
	×	×	and the second se	Kihn				3-K 4-H	de :
	5	I II	Аптскии К ₁ а	K ₁ spt	70-600	x x x	00	II A COM	The second
	33	Ŧ	and the second	K.chl		Y Y		п, АС, К	
	0	¥	Fannaucy will K hr	inford a	100 510	TI		0.~	
×	5	Î	Сотерияский К.а	K kfr	100-610	TIT		11,01	
	X	T	Валанжинский К.И	N N NUT	50-200				
0		t	Берриаский Ктр	Ribad	130-600				
Г			Титонский Jatt	3,	170-800	minim			
) I ('±	Кимериджский Јакт	J ₃ CZ	< 500		•	n	
	5	XH			A.				
0		5.	Оксфордский Јзо	J, sal	100	11111			
	6 19	8	Келловенский З к		< 500		_		
-	17 20	17	Батский Ј2bt	J ₂ kej	45 - 550		•	3-K, CT	
	T	Ŧ		J ₂ chm		TIT	•	n	
	XX	5 PH	Баносский Эрь	J2d	500-1000	- Ŧ Ŧ		and the second second	
0	1. m	2		J ₂ sid				n	
the second	20	5	A0.08955999 7-0		230-950	IX		2-1 40	
0	9		Тороский 2 т	J2 31U	230-030	TAT		3-8	
	-	1 I	Плинсбахский 1. п		< 25			5 1	
00	2	Ŧ	Синемюрский 7.5		< 80				
	and the second se	Ŧ	Геттансский 2, 0			XXX			
5	FO	Denui	Рэтский Таг		<110	DIU IV	• 0	2.4	1000
	613	верхнин	Норийский Тзп		2110			3-N	
	- B33	13	карнийский Тэк		< 600			n	
	05	Средний	Ладинский Т21						
	2 A	T ₂	Анизниский Т2а		180-200		• 0	3-K	
and the second	a+	нижний	Оленекский 110		<40	01010	. 0	3-R	
			ИНДСКИИ ПТ		2450			0	
14	d F	Верхний Р2	Harapekin 120		> 800		-	3-K	
A	39		VOUMCKHH Pall		70 - 100	TATAL		0	
	¥ ±		KYHEVOCKHH PIK		< 100	++++	1		
05	N S	Нижний	Артинский Plar		< 100	n n n		5.0	
(D)	20	P ₁	Сакмарскин Р15		< 100	AAA			
×	E		Ассельский Ра		57-73		1		
		Велхний	Гжельский Сзд				•	Б	-
0	0	L'	Касимовский С.К		<50		1		
, x	æ	3	Касимовский сзи					1	
0	9			Мячковский			1		
~	HEF	Спелний	Московский С. т	подольский	120		1	3-K	
	100	C.		каширский	520	0.1.01.0	1		
0	LI	02		Веренскин	1		•	Т	
e	10		Башкирский С2 ь		<30	1 I I I	1	0	
5	HO	-	Серпуховский С,5	Серпуховский	<150		1		
-	8 6	Нижнии	Визенский С. U	Окский	100-150				
co	N N	C ₁		Тульский и Бабировский	30-65			T	
E	X			Малиновский		1 1 1 1 1	1	Б	
and the second second			турненский ст		60-160	La sal sal	1	U	



Рис. 3. Сводный стратиграфический разрез Каспийского региона (по материалам ГРК ВПО «Каспморнефтегазпром», «Моринжгеология», «Лукойл»)

Залежи: 1 – нефтяные, 2 – газовые, 3 – нефтегазовые и газонефтяные, 4 – газового конденсата; породы: 5 – брекчии, щебень, 6 – конгломераты, гравелиты, галечники, 7 – пески, 8 – песчаники, 9 – глины и аргиллиты, 10 – известняки, 11 – доломиты, 12 – мергели, 13 – ангидриты и ангидритизированные породы, 14 – соленосные отложения, 15 – гипсы и загипсованные породы, 16 – битуминозные породы, 17 – известняки-ракушняки, 18 – пески грубозернистые с битой ракушей, 19 – глубоководные илы, 20 – вулканический пепел, 21 – фауна, 22 – пластовая грязевулканическая брекчия.

Нефтегазоносные области, районы: А – Апшеронский, Аа – Апшеронский архипелаг, Ба – Бакинский архипелаг, Н – Нижнекуринский, Ш-К – Шемахино-Кобустанский, П-К – Прикаспийско-Кубинский, Е-А – Евлах-Агджебединский, Ч-Л – Челекено-Ливановский, 3-Т – Западно-Туркменская, Д – Дагестанская, 3-К – Западно-Казахстанский, Ст – Ставропольская, К – Калмыцкая, П – Прикаспийская, Ю-Э – Южно-Эмбинская, Ас – Астраханская, Б – Башкирская, Т – Татарская, О – Оренбургская, Ч-И – Чечено-Ингушская Морские грунтовые толщи подразделяются на стратиграфогенетические (седиментационные) комплексы, по времени формирования соответствующие этапам и стадиям развития Каспийского бассейна (Безродный, 2004 и др.):

- новокаспийский голоценового возраста nk;
- мангышлакский раннеголоценового возраста mg;
- хвалынский позднеплейстоценового возраста hv;
- верхнехазарский позднеплейстоценового возраста hz₂;
- нижнехазарский среднеплейстоценового возраста hz₁;
- бакинский раннеплейстоценового возраста b.

Согласно интерпретации инженерно-геологических материалов, выполненной с учетом сейсмогеологических особенностей разреза, результатов опробования донных грунтов и инженерно-геологического бурения, грунтовая толща характеризуется следующими инженерно-геологическими особенностями (рис. 3).

Новокаспийский инженерно-геологический комплекс (nk) имеет сложное строение, отражающее значительные по амплитуде колебания уровня моря в новокаспийское время и имевшее место понижение уровня моря ниже современной донной поверхности. В разрезах новокаспийского комплекса выделяются инженерно-геологические компоненты:

• нижний слой, налегающий на выровненную поверхность мангышлакских и верхнехвалынских отложений – nk₁;

• врезы, рассекающие отложения nk₁ и проникающие ниже в подстилающие отложения, выполняющие их осадки проиндексированы как nk₂;

• верхний (донный) слой nk₃, перекрывающий осадки nk₁ и nk₂.

Инженерно-геологическое строение разреза грунтовой толщи в районе структур Широтная и Ракушечная (рис. 4) выделяется в виде отложений эрозионной формы, рассекающих слой пк₁ и врезающихся в подстилающие отложения, проявляющиеся как палеоложбины и вероятные речные врезы, вытянутые в юго-восточном направлении. Эти врезы в нижней части заполнены глинистыми грунтами текучей и текучепластичной консистенции (рис. 5), а в верхней – песками пылеватыми, включающими тонкие прослойки глинистого грунта.

Подошва новокаспийских отложений за пределами врезов располагается в 2,05–3,0 м от поверхности дна, а в тальвегах наиболее глубоких врезов снижается на глубину до 4–5 м и более от дна.

Нижний слой nk₁ сложен песком пылеватым – мелким с рассеянным тонким растительным детритом, придающим грунту буроватую окраску и с включениями хорошо сохранившихся раковин пресноводных моллюсков.





Грунты: 1 – ил, 2 – глина, 3 – глина, ритмично переслаивающаяся с песком пылеватым, 4 – суглинок (глина алевритовая, алеврит глинистый), 5 – супеси (алеврит), 6 – песок пылеватый и мелкий, 7 – раковинный грунт и включения раковинных обломков в других видах грунтов, 8 – грунты, выполняющие новокаспийские врезы (al nk), 9 – грунты, выполняющие мангышлакские палеопонижения (mg), 10 – включения растительных остатков (детрита и остатков корней)

Вверху колонок указаны площадки изысканий и глубины моря в местах бурения, вдоль колонок – глубина залегания подошвы слоев от дна моря, м



1-3 осадки новокаспийского комплекса: 1 - верхнего (покровного) слоя; 2 выполняющие врезы; 3 - базального слоя; 4 - грунты мангышлакского комплекса; 5 - грунты хвалынского комплекса

Рис. 5. Инженерно-геологическое строение новокаспийского комплекса на площади Ракушечная (по материалам сейсмоакустического профилирования)

Крупные включения, наблюдающиеся у подошвы слоя, представлены песчано-карбонатными комковатыми стяжениями со сглаженной поверхностью и обломками темной зеленовато-серой твердой карбонатной массы, насыщенной двухстворчатыми раковинами (рис. 6).



Рис. 6. Обломки сцементированных грунтов у основания слоя nk₃

В породе отмечаются фрагменты растительности и глобулярные включения сульфидов, а на стенках крупных пор наблюдаются скопления (друзы) мелкокристаллического прозрачного кальцита (рис. 7).

Фотографии колонок новокаспийских донных грунтов и подстилающих их отложений приведены на рисунке 8. На них контрастно отображается двухслойное строение новокаспия.



Рис. 7. Микрофотографии осадков (площадь Ракушечная, 2006): А) – растительные остатки; Б) – включения сульфидов; В) – криссталы кальцита



Рис. 8. Инженерно-геологические колонки грунта верхней части разреза

Мангышлакский комплекс (mg) представляет собой погребенный под новокаспийскими отложениями литолого-фациальный комплекс замкнутых водоемов типа ильменей. В составе его, как правило, преобладают неконсолидированные грунты текучие, близкие по составу и свойствам к илам, а в качестве характерных компонентов присутствуют прослои органо-минеральных грунтов типа сапропелей и скоплений торфа (табл. 2).

Хвалынский инженерно-геологический седиментационный комплекс (hv) по литолого-фациальным признакам подразделяется на два подкомплекса. В основании выделяется слой морских грунтов раковинных и раковинно-песчаных, включающий пылевато-глинистые отложения, а основная часть разреза представлена глубоководными морскими глинистыми отложениями, замещающимися вверху пылевато-глинистыми либо тонко переслаивающимися пылеватыми песками и глинистыми грунтами (рис. 8, 9).

Верхнехазарский инженерно-геологический комплекс (hz₂) представлен отложениями одного полного трансгрессивно-регрессивного ритма осадконакопления 1-ой половины позднего плейстоцена. В разрезе его наблюдается последовательная смена снизу вверх мелководных и прибрежно-морских, в том числе заливно-лагунных, песчаных и глинистых грунтов, глубоководными глинистыми отложениями, и перекрытие последних пылевато-глинистыми грунтами с признаками, указывающими на накопление их в мелководной обстановке и последующее преобразование в субаэральной среде в период ательской регрессии (табл. 2). В качестве подошвы комплекса рассматриваются глинистые отложения верхнего хазара и пески, залегающие в кровле нижнего хазара.

Нижнехазарский инженерно-геологический комплекс (hz₁) обособляется как горизонт (толща) значительной мощности, сложенный в основном объеме хорошо консолидированными глинистыми грунтами, и лишь частично, в верхней части представленный песками, мощностью 8,8-9,1 м, местами в котором отмечается растительный детрит. Основная часть разреза сложена глиной тугопластичной и полутвердой, в верхах (в интервале до 10–15 м от кровли), содержащей пылеватые разновидности супеси и суглинок. Мощность глинистой части комплекса оценивается величиной около 50 м (табл. 2).

Нижнехазарские глины налегают на отложения нижнеплейстоценового **бакинского инженерно-геологического комплекса (b)**, подошва которого на структуре Ракушечная определена по материалам ВЧ МОГТ (сейсмический горизонт ОГЗ) в 186–205 м от среднего уровня моря. Мощность бакинских отложений около 68–70 м, глубина залегания их подошвы относительно уровня моря около 205 м (табл. 2). Соответственно, общая мощность плейстоценовых (неоплейстоценовых) и голоценовых отложений составляет на площадке около 200 м.



Рис. 8. Колонки (керн) грунта, отобранные в инженерно-геологической скважине из базальной части верхней хвалынских отложений



Рис. 9. Колонки (монолиты), отобранные в инженерно-геологической скважине из нижнехвалынского глинистого грунта

Четвертичная система подразделяется на 3 раздела: эоплейстоцен, плейстоцен и голоцен. В Каспийском регионе к эоплейстоцену относятся отложения апшерона, граница между эоплейстоценом и плейстоценом проводится под отложениями тюркянской свиты бакинского яруса (табл. 3).

В истории плейстоценового бассейна выделено несколько этапов (бакинский, хазарский, хвалынский и новокаспийский), причем на суше задокументированы главным образом трансгрессивные периоды, фиксирующие высокие уровни стояния моря (табл. 1). Регрессивные морские отложения практически не изучены, так как они находятся внутри моря.

В стратиграфических схемах (табл. 2, 3 и др.) отражена история колебаний уровня Каспийского бассейна, зафиксированная по пространственному взаимоотношению морских и континентальных отложений. Различия региональных стратиграфических схем заключаются в номенклатуре и ранге выделяемых подразделений и частично в их хронологической привязке (табл. 3). Однако нами в общих региональных схемах закреплены единые названия подразделений, соответствующих этапам максимального повышения уровня моря: бакинской, ранне- и позднехазарской, ранне- и позднехвалынской, новокаспийской. Подразделения, соответствующие этапам понижения уровня моря и представленные на побережье субаэральными и флювиальными отложениями, обычно имеют местные названия, не всегда совпадающие у разных авторов.

Характеристика донных грунтов приводится ниже по Северному району (месторождения Ю. Корчагина и Ракушечное) и по Южному району (Хвалынское месторождение и площадь Сарматская).

3.2. Инженерно-геологическая характеристика морских грунтов

Для инженерно-геологического отображения особенностей разреза донных грунтов на рисунке 10 приведена схема корреляции разрезов и их расчленения с позиций ритмостратиграфии. Характеристика ритмокомплексов, рассматриваемых как осадочные комплексы, приводится в последовательности сверху вниз, принятой в инженерной геологии.

Новокаспийский комплекс (nk) залегает со стратиграфическим несогласием, перекрывая собой отложения хвалынского и мангышлакского комплексов. Он неоднороден по составу и строению. В зависимости от геоморфологической позиции объектов исследований изменяются его мощность и литологический состав. На дне котловин при глубине моря 11–13 м (месторождение им. Ю. Корчагина) комплекс имеет небольшую мощность, изменяющуюся в пределах 0,5–1,5 м. Представлен он обычно песками и раковинными песчано-гравийными грунтами. В пределах месторождения Ракушечное мощность комплекса возрастает до 6,5 м. В разрезе его преобладающими становятся глинистые неконсолидированные осадки (илы); песчано-раковинные грунты залегают на поверхности дна и отмечаются в виде маломощных прослоев среди илов. Мощность комплекса резко уменьшается в юго-западном направлении и медленно на юговосток по направлению к месторождению им. Ю. Корчагина.



Рис. 10. Инженерно-геологический разрез Северного района:

Грунты: 1 – ил; 2 – глина; 3 – глина, ритмично переслаивающаяся с песком пылеватым; 4 – суглинок (глина алевритовая, алеврит глинистый); 5 – супеси (алеврит); 6 – песок пылеватый и мелкий; 7 – раковинный грунт и включения раковинный обломков в дргих видах грунтов; 8 – переслаивание пылевато-глинистых грунтов (глины, суглинки, супеси) и песка пылеватого (комплекс авандельтовых отложений); 9-грунты, выполняющие речной палеоврез (аллювиальные и лиманные); 10-включения растительных остатков (дет-

рита и остатков корней); 11 – абсолютный возраст раковинного материала С14, лет.

В северо-западной части района на месторождении Ракушечное новокаспийский комплекс на сейсмоакустических записях и по данным опробования проявляется как тонкослоистый горизонт, в пределах которого фиксируются поверхности несогласия, внутренние врезы и частая послойная смена грунтов.

В разрезе его по литологическому составу, цвету и физическим свойствам грунтов выделяются три слоя (рис. 7).

Характеристика среднего гранулярного состава всего разнообразия грунтов новокаспийского комплекса Северного района приведена в таблице 4 и отражена на рисунках 11, 12.

На обоих месторождениях наиболее крупнозернистые грунты залегают в придонной части разреза. Они представлены раковинным детритом крупностью от 0,1 до 10 мм и более и песками, включающими в разных количествах раковинный детрит. Эти грунты представляют собой донный плащеобразный покров малой мощности. Пески, подстилающие эти грунты на площади месторождения им. Ю. Корчагина, имеют более мелкозернистый состав.

Илистые грунты всех трех слоев, распространенных на месторождении Ракушечное, по гранулярному составу представляют собой глину песчано-алевритовую. Содержание глинистого материала (< 0,005 мм) в них находится в пределах 43–49 %, а содержание пылеватых частиц (0,005– 0,05 мм) составляет около 30 %, а песчаных частиц (> 0,05 мм) в пределах 23–29 %. Эти глинистые грунты характеризуются очень высокой влажностью, превышающей их границу текучести, и, соответственно, малой плотностью.

Отчетливо проявляется уплотнение грунтов вниз по разрезу. Средние значения плотности сменяются по слоям следующим образом: верхний слой – 1,42 г/см³, средний – 1,63 г/см³, нижний – 1,74 г/см³, а средние значения влажности уменьшаются соответственно в следующем порядке – 0,93; 0,64; 0,51.

Мангышлакский комплекс (IVmg) охватывает отложения, накапливавшиеся на площадях, освобожденных морем в период мангышлакской регрессии. Это комплекс грунтов ложбин и западин, образовавшихся в позднехвалынской дельтовой зоне, и отложения погребенной речной долины, протягивающейся в юго-восточном направлении восточнее месторождения им. Ю. Корчагина.

Мангышлакские палеоложбины и палеозападины распространены на всей площади Северного района, здесь отчетливо выделяется слоистость выполняющих их отложений. Они выделяются как отрицательные палеоформы, вытянутые преимущественно в субширотном направлении. На площади Широтная наряду с западинами субмеридиональной ориентации выделяется ложбина секущего направления. Максимальная ширина их на большинстве площадок составляет 300–500 м, а максимальная относительная глубина колеблется от 6 до 9 м. Наиболее широкие (до 1 км) и глубокие (до 12–13 м) западины выявлены на самой северной площадке Ракушечная-1. Дно наиболее глубоких западин располагается на глубине от 18 до 20 м от поверхности моря, то есть на отметках минус 46–48 м.

Таблица 4

					·	1	n	r	1				1				
	д-												Вт	ом чис	сле	од.	
Разновидности грунтов	№ площа, ки	> 10	10–7,0	7,0–5,0	5,0–3,0	3,0–2,0	2, 0-1, 0	1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	< 0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01-0,005	< 0,005	К неоднор	d ₅₀ , мм
		•	•		Mecm	орожд	ение ил	и. Ю. І	Корчаги	іна		•	•				
Ракуши – песок гравелистый	1	3,8	8,3	24,9	38,2	1,7	14,8	6,8	1,7	_	I	_	-	-	I	-	-
Ракуша (до 95 %)	2	4,5	5,7	8,8	15,2	12,7	32,9	1,1	7,3	6,3	5,5	—	-	-		12,5	1,8
Ракуша – песок гравелистый	3	10,35	9,97	10,81	12,90	11,31	23,63	3,19	7,26	6,50	4,05	_	_	_	Ι	14	2,5
С прослоями песка мелкого	5	_	_	0,75	0,70	1,50	7,90	2,20	15,40	55,00	_	11,45	2,05	1,40	1,65	2,5	0,18
Песок пылеватый и мелкий	1	1,2	1,6	1,6	3,3	4,5	15,6	2,0	11,0	57,7	Ι	5,8	3,0	4,1	2,0	-	_
Песок мелкий		0,3	0,6	0,5	1,4	9,1	20,6	2,2	9,3	33,0	23,0	—	-	-		4	0,2
С прослойками глины и суглинка	2	_	_	_	_	_	-	-	0,7	12,0		25,0	13,2	9,4	39,0	-	0,01
Песок мелкий с вкл. раковин		_	_	0,29	2,08	3,50	8,81	1,44	7,46	55,88	Ι	14,86	2,25	1,49	1,93	11	0,16
Со слойками ракуши с песком	3	10,67	11,73	11,22	13,63	11,75	19,62	2,57	4,52	11,35	2,95	_	-	-		22	2,8
И супеси		-	—	_	_	—	-	-	1,2	20,5	-	55,8	6,8	9,5	6,2	11	0,075
					Me	стороз	њдение	е Ракуи	иечное								
						Верхн	ий сло	й					1				
Ракуша		8,9	7,1	9,4	13,9	10,2	14,8	1,5	3,7	12,0	18,5	-	—	-	-	50	2,0
Песок с ракушей		3,3	2,3	4,9	8,7	5,7	9,5	1,7	3,7	27,6	32,8	-	_	_	_	4	0,18

Гранулометрический состав грунтов новокаспийского комплекса Северного района

Песок илистый с ракушей		3,1	2,2	3,4	6,5	4,6	8,6	0,9	3,3	22,1	_	38,8	2,4	2,0	2,2	3	0,12	
Песок пылеватый с ракушей и детритом		1,0	1,2	1,3	2,9	3,1	5,8	0,9	4,5	25,3	_	46,8	2,7	2,5	2,1	2,2	0,095	
Песок пылев. глинистый		_	_	_	_	_	_	_	0,55	16,43	_	44,78	22,55	9,025	6,67	10	0,065	
Ил глинистый		_	_	_	_	_	_	_	0,97	2,66	_	19,64	17,74	9,75	49,25	_	0,005	
Песок пылеватый и мелкий с ракушей	1бис	1,28	1,1	3		3,17	3,34	0,93	1,84	65,86	_	11,02	4,69	1,81	4,93	5	0,16	
Ракуша		6,1	4,2	7,9	17,1	14,0	21,3	0,8	4,0	13,6	10,9	-	I	-	-	26	2,0	
Песок с ракушей	2	2,2	1,7	2,3	4,5	3,5	8,8	0,9	3,2	12,2	_	52,5	3,0	3,0	2,2	1,8	0,085	
Ил глинистый		_	-	_	_	_	-	_	0,5	1,9	_	16,5	22,4	13,0	45,7	—	0,006	
Супесь		_	_	_	_	_	_	_	0,2	21,8	_	42,6	27,6	2,4	5,4	8	0,07	
Песок пылеватый	2	0,5	0,9	0,6	2,0	2,1	3,7	0,3	2,8	22,0	_	57,3	3,2	2,2	2,4	1,6	0,085	
						Средн	ий слой											
Ил глинистый		_	_	_	_	_	_	_	0,78	2,22	_	20,46	19,21	10,7	46,63	_	0,006	
Ил супесчаный	1	_	_	_	_	_	_	_	0,34	22,98	_	47,7	19,02	3,88	6,08	-	0,07	
Песок пылеватый			0,2	0,2	0,4	0,3	0,7	0,2	1,4	28,0	_	60,3	2,8	3,2	2,4	1,0	0,08	
Ил глинистый и суглинистый	1бис	_	_	_	_	_	_		0,45	1,95	_	8,20	32,75	6,55	40,10	_	0,0074	
Песок пылеватый		-	_	-	_	_	-	0,27	0,87	53,10	_	22,77	10,73	3,07	9,20	23	0,12	
	2	-	-	-	_	_	-	_	_	-	_	_	_	_	_	-	_	
						Нижни	ий слой								I			
Ил глинистый и суглинистый	1	_	_	_	_	_	_	_	0,72	1,76	_	26,88	16,31	11,43	42,9	_	0,007	
Песок пылеватый глинистый		_	_	_	_	_	_	_	0,73	39,67	_	42,6	5,8	2,83	8,37	14	0,09	
 Суглинок текучепластич. и пластичный	1бис	_	_	_	_	_	0,5	0,65	0,85	43,9	_	5,05	4,4	7,1	37,55	_	0,076	
Глина тугопластичная		_	-	—	_	_	_	_	_	2,7	_	3,9	9,5	16,2	67,7	—	0,003	j.
Ил глинистый и суглинистый		_	_	_	_	_	_	_	0,2	8,8	_	27,3	19,5	20,5	23,7	_	0,016	





Рис. 11. Графики среднего гранулярного состава грунтов новокаспийского комплекса





Рис. 12. Графики среднего гранулярного состава грунтов Новокаспийского комплекса
Мангышлакские палеоложбины и палеозападины распространены на всей площади Северного района; здесь отчетливо выделяется слоистость выполняющих их отложений. Они выделяются как отрицательные палеоформы, вытянутые преимущественно в субширотном направлении. На площади Широтная, наряду с западинами субмеридиональной ориентации, выделяется ложбина секущего направления. Максимальная ширина их на большинстве площадок составляет 300–500 м, а максимальная относительная глубина колеблется от 6 до 9 м. Наиболее широкие (до 1 км) и глубокие (до 12–13 м) западины выявлены на самой северной площадке Ракушечная-1. Дно наиболее глубоких западин располагается на глубине от 18 до 20 м от поверхности моря, то есть на отметках минус 46–48 м.

Грунты мангышлакского комплекса, согласно флоро-фаунистическим анализам, представляют собой осадки пресноводных и слабосолоноводных водоемов.

Средний гранулярный состав отложений приведен в таблице 5 и отражен на рисунке 13.

Таблица 5

Разновидности грунтов	№ площадки	>10	10-7,0	7,0–5,0	5,0–3,0	3,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25–0,1	0, 1-0, 05	0,05-0,01	0,01-0,005	< 0,005	К неоднород.	d ₅₀ , мм
				Me	сторо	жде	ние	им. 1	Ю. Ко	рчаги	на					
Песок пылеватый		0	0	0,1	0,2	0,6	1,3	0,3	1,3	48	52,4	3,3	4,3	2,6	2	0,09
Супесь	1				-	-		-	0,6	52,8	21,6	9,9	5,2	9,8	26	0,1
Суглинок	1	_	-	_	-	-	-	-	0,3	27,9	37,6	9,6	2,6	22		0,07
Глина		I		I	—			-	1,4	4,1	16,7	14,7	10,4	52,6		0,005
Песок пылеватый	2	-	_	-	_	1,2	1,9	0,4	1,8	34,2	52,4	2,9	2,7	2,4	1,8	0,09
Глина, реже суглинок	2	_	_	_	_	_	_	_	0,7	2,9	35,0	18,2	10,6	31,2	_	0,025
Ил глинистый					_	-	-	-	0,60	1,80	16,19	19,07	12,38	49,97	-	0,006
Суглинок		-	—	-	—	-	—	—	2,2	30,1	21,4	12,9	8,2	25,2	-	0,06
Супесь	3	-	_	-	—	-	_	-	2,5	40,1	16,3	16,9	16,0	8,3	17	0,08
Песок пыл. с вкл. рак-н преснов.			_		0,067	0,15	1,19	0,08	0,99	37,33	52,13	2,54	3,28	2,34	2	0,09
					Мест	орон	кден	ue P	акуше	ечное						
	1	-	_	-	_	-	-	-	_	-	-	-	-	_	Ι	_
	1бис	-	_	-	_	_	_	—	_	-	-	-	_	_	_	-
Ил глинистый		-	-	-	—	-	-	-	0,7	6,0	22,6	24,7	13,1	32,9		0,012
Супесь	2	_	_	_	_	_	_	—	0,4	34,9	37,0	20,9	2,7	4,2	6	0,08
Песок пылеватый		_	—	_	_	_	1,0	0,1	0,7	23,5	65,6	3,6	3,1	2,5	1,6	0,08

Средний гранулометрический состав грунтов мангышлакского комплекса





Рис. 13. Графики среднего гранулярного состава грунтов мангышлакского комплекса

Пески представлены пылеватой разновидностью, а илы по гранулярному составу представляют алеврито-глинистые осадки, количество глинистой фракции в которых изменяется от 30 до 70 %. Илы имеют пониженную плотность, изменяющуюся в пределах 1,44–1,78 г/см, и высокую влажность (от 0,36 до 1,82), превышающую значения границы текучести.

Крупный речной врез мангышлакского периода выявлен на месторождении им. Ю. Корчагина в восточном и северо-восточном направлениях. Ширина этой погребенной долины составляет около 8 км, а ширина вреза возрастает до 11 км, очевидно, за счет подходящего с востока притока. Относительная глубина долины составляет 15–20 м, а местами в локальных ее врезах возрастает до 30 м.

Хвалынский седиментационный комплекс (Шhv) представлен разнообразными литолого-фациальными типами отложений и отчетливо разделяется на два подкомплекса, соответствующих трансгрессивной и регрессивной частям седиментационного ритма. Нижний – *нижнехвалынский подкомплекс (hv₁)* – представлен отложениями трансгрессивной части ритма, а верхний – *верхнехвалынский подкомплекс (hv₂)* – сформирован в период снижения уровня моря. В разрезе подкомплексов в виде отдельных слоев и пачек выделяются фациально-генетические типы отложений. Мощность хвалынского комплекса в Северном районе, согласно результатам инженерно-геологического бурения, изменяется незначительно в пределах 21,6–22,6 м. Подошва его располагается в 34,0–35,5 м от среднего уровня моря, то есть на отметках минус 62,0–63,5 м.

Верхнехвалынский подкомплекс (hv₂) представлен двумя фациальногенетическими типами отложений. В разрезах он четко обособляется от подстилающего подкомплекса по коричневой, коричневато-серой окраске глинистых грунтов и коричневатыми, желтыми оттенками песчаных грунтов (табл. 6, рис. 14, 19).

Мощность подкомплекса, согласно материалам бурения, изменяется на большей части района в интервале 6,2–10,2 м, а на площадке Ракушечная, в пределах позднехвалынского вреза, она возрастает до 17,7 м. В местах локализации мангышлакских палеоложбин мощность подкомплекса резко снижается на величину глубины ложбин.

Нижнехвалынский подкомплекс (hv_1) представлен морскими отложениями, среди которых выделяются 2 слоя, различающихся по фациальнодинамическим условиям их формирования. Разнообразие существовавших динамических обстановок отражается в разнообразии гранулярного состава отложений (табл. 7). Мощность его изменяется в скважинах от 11,6 до 15,6 м.

Базальная часть подкомплекса (hv_1^{1}) представлена слоем раковинного грунта мощностью от 2,5 до 4,0 м, аналогичного современным осадкам Северного Каспия в зоне с глубинами до 40–50 м. По гранулометрическому составу грунт неоднороден в зависимости от материала-заполнителя.

Верхнехазарский седиментационный комплекс (IIIhz₂) по составу и свойствам грунтов разделяется на 3 подкомплекса. Обобщенные данные о гранулометрическом составе его грунтов приведены в таблице 8.

Сводные статистические показатели состава грунтов верхнего подкомплекса хвалынского комплекса (IIIhv₂)

Фациально- генетические типы	Наимено- вание грунта по ГОСТ 25100-95	Ста- тист. характе- ристики	> 10	10-5	52	2-1	1–0,5	0,5-0,25	0,25–0,1	0, 1-0, 05	0,05–0,01	0,01-0,005	< 0,005	Коэф- фициент неодно- родности	d ₅₀ , мм	CaCO _{3,} %
		n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Ι	3
		Xmax	1,2	2,6	16,8	18,0	7,3	11,6	25,3	65,4	2,3	2,8	3,0	10,8	Ι	32,80
	Песок пы-	Xmin	0,4	1,4	4,8	12,0	1,5	6,7	0,6	12,8	0,4	0,7	2,2	0,0	-	28,40
	ракушей	⊼=Xn	0,86	2,14	10,02	14,92	2,84	8,4	5,86	49,66	1,3	1,34	2,66	2,16	0,09	31,07
	1 5	S	0,307	0,418	4,184	2,252	2,237	1,689	9,723	18,879	0,792	0,750	0,287	4,320	-	1,914
		V	0,357	0,1951	0,418	0,151	0,788	0,201	1,6592	0,3802	0,6096	0,56	0,10792	2,000	_	0,062
IIIhv ₂ ²		n	_	—	—	-	21	21	21	21	21	21	20	5	_	2
Прибрежно- морские мелководные осадки		Xmax	_	—	—	-	3,8	5,1	57,1	77,8	28,3	4,6	19,5	19,0	-	4,10
	Песок пы-	Xmin	_	_	—	-	0,0	0,0	2,5	20,4	1,1	0,2	0,6	1,9	-	3,40
	леватый	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	—	—	-	0,67	0,71	27,93	52,85	6,84	1,96	9,50	11,30	0,08	3,75
		S	_	—	—	-	1,009	1,065	14,662	12,638	6,510	1,141	4,112	5,719	١	0,350
		V	_	—	—	-	1,513	1,502	0,525	0,239	0,951	0,583	0,433	0,506	-	0,093
		n	_	_	—	20	20	19	20	20	20	20	20	_	-	8
	Супесь	Xmax	_	_	—	1,5	2,0	4,8	79,9	55,8	23,1	5,4	25,1	_	-	15,30
	текучая	Xmin	_	_	_	0,0	0,0	0,1	10,3	0,1	0,5	1,0	8,6	_	_	12,40
	и пластич-	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	_	—	0,16	0,49	0,78	47,85	28,69	4,20	2,78	15,10	-	0,1	13,50
	ная	S	_	_	_	0,424	0,470	1,041	22,102	21,680	5,721	1,100	4,799	_	-	1,052
		V	_	_	—	2,647	0,959	1,327	0,462	0,756	1,364	0,396	0,318	_	-	0,078
IIIhv2 ² Аллювиаль- но-морские (дельтовые) осадки		n	_	_	_	-	7	7	7	7	7	7	7	_	_	5
		Xmax	_	_	_	-	1,0	1,0	57,4	59,2	28,1	10,4	29,9	_	_	11,00
	Суглинок	Xmin	_	_	_	-	0,0	0,0	4,6	15,6	3,7	2,6	11,1	_	_	7,80
	текучий	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	-	0,37	0,54	23,13	36,76	10,17	4,59	24,44	-	0,07	9,10
		S	_	_	_	-	0,328	0,346	15,301	14,005	7,827	2,529	5,887	_	_	1,145
		V	_	_	_	-	0,884	0,637	0,662	0,381	0,770	0,551	0,241	_	_	0,126

																,
		n	-	_	_	-	9	9	9	9	9	9	9	_	-	4
	Comment	Xmax	_	_	_	_	2,1	1,3	20,6	39,4	43,2	11,7	47,4	_	-	20,90
	Суглинок мягкоплас-	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,0	2,1	4,2	3,7	3,9	27,4	_	_	4,00
	тичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	-	0,52	0,38	9,33	20,32	27,18	7,66	34,61	_	0,015	12,35
		S	_	_	_	_	0,704	0,376	7,411	10,799	14,666	2,554	5,882	_	-	6,721
		V	_	_	-	-	1,347	0,997	0,794	0,531	0,540	0,334	0,170	-	-	0,544
		n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	1
	G	Xmax	3,1	4,8	15,0	10,2	7,3	3,1	47,9	32,1	36,1	5,8	38,0	-	_	-
	Суглинок текучеплас-	Xmin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,8	2,1	3,2	2,4	16,6	_	_	-
Шhv2 ² т. Аллювиаль- р. но-морские (дельтовые) осадки	тичный с	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	1,03	1,60	5,00	3,40	2,63	1,50	23,13	17,33	14,57	3,67	26,13	_	0,07	32,00
	ракушеи	S	1,461	2,263	7,071	4,808	3,309	1,203	18,976	12,252	15,234	1,517	8,891	-	-	1
		V	1,414	1,414	1,414	1,414	1,257	0,802	0,820	0,707	1,046	0,414	0,340	_	_	-
		n	_	_	-	-	8	8	8	8	8	8	8	_	_	-
	C	Xmax	_	_	_	_	1,7	2,7	39,9	35,5	35,0	16,3	47,4	_	_	_
	Суглинок тугоплас-	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,0	0,7	8,0	4,4	6,1	30,3	-	_	_
	тичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,41	0,58	8,76	22,15	19,38	10,43	38,3	1	0,01	_
		S	_	_	_	_	0,542	0,851	12,416	7,583	11,626	3,566	5,122	-	_	_
С п д		V	_	_	_	_	1,314	1,480	1,417	0,342	0,600	0,342	0,134	-	_	_
		n	_	_	_	_	3	3	3	3	3	3	3	_	_	_
	~	Xmax	_	_	_	_	0,4	6,5	7,3	36,7	27,9	16,0	51,3	-	_	_
	Суглинок	Xmin	—	_	-	_	0,0	0,0	0,2	13,1	6,5	5,7	27,1	_	-	_
	полутвер- лый	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	-	_	0,17	2,23	2,7	25,17	16,9	11,43	41,4	_	0,008	—
		S	—	_	_	_	0,170	3,018	3,257	9,642	8,747	4,285	10,358	_	_	_
		V	—	_	-	_	1,020	1,351	1,206	0,383	0,518	0,375	0,250	_	_	_

														0.0000		
	Глина текуче- пласт.	1 обр.	_	_	_	_	_	_	2,4	2,9	26,3	16,4	52,0	_	0,005	_
		n	_	_	_	_	4	4	4	4	4	4	4	_	_	_
	F	Xmax	_	_	_	_	0,5	1,6	5,0	35,6	23,5	19,7	56,8	_	_	_
	1 лина	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,0	1,9	2,8	4,7	9,5	43,0	_	_	_
	мягкопла-	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	—	-	-	-	0,23	0,55	3,40	13,85	16,35	15,85	49,78	—	0,005	—
	Стичная	S	_	_	_	-	0,192	0,634	1,502	12,924	7,145	3,817	6,132	_	_	_
IIIhv ₂ ²		V	—	-	-	-	0,853	1,154	0,442	0,933	0,437	0,241	0,123	_	-	_
		n	_	_	_	_	5	5	5	5	5	5	5	—	_	_
Аллювиаль-	Глино	Xmax	_				1,7	2,7	5,5	35,5	14,3	16,2	72,0	_	_	—
но-морские	тугоплас-	Xmin	_				0,0	0,0	0,6	3,9	6,7	6,7	41,2	_	_	
(дельтовые)	тичная	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	—	-	-	0,36	0,58	2,12	13,50	10,18	11,16	62,10		0,004	-
осадки	садки	S	—	-	-	-	0,6711	1,0609	1,848	11,269	3,123	3,445	10,778	—	—	—
Глина	V					1,8642	1,829	0,872	0,835	0,307	0,309	0,174		_	_	
		n	_	_	-	_	-	_	3	3	3	3	3		_	
	Xmax	_	-	-	-	_	_	0,9	13,1	20,8	19,8	66,0	_	_	—	
	Глина полу-	Xmin	—	-	-	-	—	—	0,7	6,2	7,3	15,9	49,6	—	-	—
		$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	-	-	_	-	_	0,83	9,17	15,97	17,43	56,60	—	0,004	-
	твердая	S	_	-	-	_	_	_	0,094	2,899	6,142	1,698	6,907	_	_	_
		V	_	-	_	-	_	_	0,113	0,316	0,385	0,097	0,122	_	_	_
		n	_	-	_	-	_	2	2	2	2	2	2	_	_	_
		Xmax	_	-	-	-	_	0,1	41,1	61,1	0,5	0,5	3,8	_	_	_
	Пhv22 Песок пы- ллювиаль- леватый	Xmin	_	-	-	-	_	0,0	34,1	54,6	0,4	0,5	3,3	—	-	_
IIIhv22		$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	-	-	-	_	0,05	37,6	57,85	0,45	0,5	3,55	1,7	0,09	_
Аппювия пь-		S	_	-	-	-	_	0,050	3,500	3,250	0,050	0,000	0,250	_	_	_
ные осадки	JIC DUI DIN	V	_	-	-	-	_	1,000	0,093	0,056	0,111	0,000	0,070	_	-	_
ные осадки			-	-	-	-	-	—	_	-	_	-	_	-	-	_
			_	_	-	_	_	—	-	_	_	_	_	—	-	—
			_	-	-	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

		n	_	—	_	_	_	8	8	8	8	8	8	-	_	4
		Xmax	_	-	-	_	_	0,3	92,5	10,9	2,8	1,7	5,0	-	_	12,40
	Песок	Xmin	_	_	_	_	_	0,0	83,9	0,6	0,5	0,5	1,1	_	_	9,50
	мелкий	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	_	0,08	88,84	4,98	1,3	1,05	3,765	1,6	0,14	10,35
$IIIhv_2^2$		S	_	_	-	_	_	0,097	2,839	3,016	0,700	0,507	1,286	_	_	1,201
		V	-	-	-	_	_	1,291	0,032	0,606	0,538	0,483	0,342	-	_	0,116
Аллювиаль-		n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	—	_	3
ные осадки	Песок гра-	Xmax	6,6	20,2	25,0	50,0	43,2	11,3	9,2	7,0	2,3	0,7	1,3	-	_	98,00
	велистый	Xmin	0,3	2,0	3,0	27,1	7,9	3,3	2,4	0,2	0,1	0,2	0,2	—	_	97,00
	ракушеч-	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	1,84	6,24	12,32	41,46	22,28	6,46	4,98	2,54	0,84	0,4	0,64	5	1,1	97,33
	ныи	S	2,391	6,998	7,826	8,600	12,346	2,691	2,324	2,485	0,774	0,190	0,361	—	_	0,471
		V	1,300	1,121	0,635	0,207	0,554	0,417	0,467	0,978	0,921	0,474	0,564	—	_	0,005
		n	_	_	_	_	18	18	18	18	18	18	18	—	_	2
		Xmax	_	_	_	_	1,8	1,4	59,3	88,4	13,8	2,8	13,4	_	_	4,80
	Песок	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,0	0,9	23,0	0,5	0,1	1,1	-	_	2,50
	пылеватый	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	—	—	—	0,24	0,38	22,45	64,46	4,26	1,33	6,78	1,6	0,08	3,65
		S	_	_	_	_	0,479	0,354	17,326	16,141	3,002	0,696	3,835	_	_	1,150
IIIhv ₂ ¹		V	_	_	_	_	2,003	0,936	0,772	0,250	0,704	0,524	0,565	_	_	0,315
Прибрежно-	Песок пы- лев. с рак.	1 обр.	0,2	0,3	0,7	0,7	0,5	0,4	18,0	71,4	3,1	0,1	4,6	1,5	0,08	_
Прибрежно- лев. морские Пес. мелководные кру.	Песок крупный	1 обр.	4,6	4,4	18,1	19,9	3,1	2,8	2,2	37,5	2,1	1,2	4,1	23	0,5	_
осадки		n	_	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	6	_	4
		Xmax		0,8	2,9	7,4	8,3	9,1	80,0	61,9	4,9	1,1	10,8	2,4	_	12,40
	Песок	Xmin	_	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	26,9	4,5	0,5	0,2	0,3	2,0	_	9,50
	мелкий	$\overline{X} = Xn$	_	0,18	0,67	1,43	3,11	3,70	68,59	16,01	1,28	0,61	4,43	2,30	0,14	10,35
		S	_	0,302	1,041	2,312	2,283	2,683	13,160	14,352	1,153	0,214	4,155	0,153	_	1,201
		V	_	1,649	1,562	1,613	0,735	0,725	0,192	0,897	0,904	0,352	0,939	0,066	_	0,116

Продолжение таблицы 6

IIIhv _a ¹		n	_	—	-	-	-	2	2	2	2	2	2	-	_	1
11111 2	C	Xmax	_	_	-	-		0,2	1,0	32,5	47,6	8,1	40,0		—	—
Прибрежно-	Суглинок	Xmin	-	—	-	-	-	0,0	0,7	3,4	31,5	6,3	28,7	-	-	-
морские мел-	мяі копла- стичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	-	_	0,1	0,85	17,95	39,55	7,2	34,35	_	0,015	4,9
ководные		S	_	_	_	-	_	0,100	0,150	14,550	8,050	0,900	5,650	_	-	_
осадки		V	_	_	-	_	_	1,000	0,176	0,811	0,204	0,125	0,164	_	_	_

	U	berab rp.	,			одног		cu nbu					 , <i>I</i>			
Фациально- генетические типы	Наименование грунта по ГОСТ 25100-95	Статист. характе- ристики	> 10	10-5	5-2	2–1	1-0,5	0,5-0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05-0,01	0,01–0,005	< 0,005	К. неодно- родно- сти	d ₅₀ , мм	CaCO ₃ , %
		n	_	_	24	24	24	24	24	24	24	24	24	_	-	4
		Xmax	_	_	0,5	1,4	1,7	1,8	48,2	83,4	63,1	10,8	38,3	_	_	19,20
	Песок	Xmin	-	—	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	14,8	8,2	0,5	0,5	-	-	9,60
	пылеватый (1)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	—	0,04	0,15	0,32	0,41	5,49	53,74	29,92	2,91	7,03	6	0,06	13,13
		S	_	_	0,115	0,323	0,476	0,470	9,995	20,414	15,722	3,091	8,266	_	_	3,732
		V	-	—	3,061	2,213	1,503	1,140	1,820	0,380	0,526	1,063	1,176	—		0,284
		n	_	_	-	_	3	3	3	3	3	3	3	_	_	_
		Xmax	-	_	-	_	0,3	0,5	47,8	67,8	53,5	4,2	16,0	_	_	_
	Супесь	Xmin	—	—	-	-	0,0	0,1	6,0	24,5	2,7	2,1	6,4	-	_	—
	текучая (2)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	-	-	0,13	0,27	21,47	39,20	24,37	3,33	11,23	18	0,06	_
IIIhv ₁ ²⁶		S	_	_	_	_	0,125	0,170	18,715	20,226	21,401	0,896	3,919	_	_	_
1		V	-	_	-	_	0,935	0,637	0,872	0,516	0,878	0,269	0,349	_	_	—
Шhv1 ²⁰ Морские		n	_	_	_	_	_	2	2	2	2	2	2	-	-	1
мелковод-	0	Xmax	-	—	-	—	—	0,1	4,3	27,8	38,4	10,5	32,8	-	-	—
ные осадки	Суглинок	Xmin	-	—	-	-	-	0,0	0,2	14,0	30,9	10,1	30,9	-	-	—
	тичный (3)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	—	-	—	—	0,05	2,25	20,90	34,65	10,30	31,85	—	0,013	6,8
		S	_	_	-	_	_	0,050	2,050	6,900	3,750	0,200	0,950	_	_	—
		V	-	—	-	—	—	1,000	0,911	0,330	0,108	0,019	0,030	—		—
	Суглинок текучепластич.	—	-	-	-	-	-	0,1	1,8	33,3	27,9	12,0	24,9	_	0,013	13,3
<u>т</u> С Т (:		n	_	_	-	-	_	3	3	3	3	3	3	_	-	—
		Xmax	_	_	-	_	_	0,1	1,1	38,5	33,2	18,0	51,5	_	_	—
	Суглинок	Xmin	-	_	_	_	_	0,0	0,3	0,6	28,0	3,9	28,5	_	_	—
	(5)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	—	-	—	-	0,03	0,67	21,23	30,23	8,77	39,07	-	0,01	—
		S						0,047	0,330	15,655	2,185	6,532	9,482			
		V						1,414	0,495	0,737	0,072	0,745	0,243			

Состав грунтов нижнего подкомплекса хвалынского комплекса (Шhv₁)

													11	00030000		531010901 1
	Суглинок по- лутв. (6)	1 обр.	-	-	-	_	_	0,1	0,2	26,5	34,4	9,3	29,5	_	0,018	-
	Глина текучепластич.	1 обр.	-	_	_	_	-	_	3,2	6,9	17,7	16,6	55,6	_	0,004	17,7
IIIhv ₁ ²⁶		n	-	_	_	_	-	-	3	3	3	3	3	_	-	3
		Xmax	-	_	_	_	_	_	0,4	20,8	26,8	14,4	54,1	_	_	16,2
Морские	Глина	Xmin	-	_	_	_	-	-	0,3	12,9	18,5	10,9	41,0	_	-	12,1
мелковод- ные осалки	мягкопластич-	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	—	_	_	-	_	0,33	16,63	23,30	12,83	46,90	_	0,006	13,53
		S	-	_	_	_	-	_	0,047	3,240	3,511	1,452	5,426	—	_	1,887
		V	-	_	_	_	-	_	0,141	0,195	0,151	0,113	0,116	_	_	0,139
		n	-	_	_	_	8	8	8	8	8	8	8	_	_	3
		Xmax	-	—	_	_	0,2	0,7	0,6	34,8	24,7	37,1	65,8	_	-	34,00
	Глина	Xmin	-	_	_	_	0,0	0,0	0,1	0,8	5,2	9,1	50,3	_	_	4,40
	ная (8)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	_	_	_	0,06	0,19	0,26	6,33	18,41	18,93	55,83	_	0,004	22,77
	(0)	S	-	_	_	_	0,086	0,220	0,173	10,882	7,219	8,289	4,931	_	-	13,095
		V	-	—	_	_	1,371	1,176	0,658	1,720	0,392	0,438	0,088	_	-	0,575
		n	-	_	_	_	27	27	27	27	27	27	27	—	_	9
IIIhv ₁ ^{2a}	F	Xmax	-	_	_	_	1,1	1,6	5,8	18,2	43,4	27,2	68,8	—	-	32,00
Морские	I ЛИНа Мягкопластин-	Xmin	-	_	_	-	0,0	0,0	0,1	0,4	9,4	8,5	40,8	—	_	4,80
осадки	ная (9)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	_	-	-	0,14	0,19	0,77	5,93	19,78	17,15	56,03	—	0,004	21,32
		S	-	—	-	-	0,222	0,298	1,131	4,279	7,399	4,995	7,123	—	-	10,354
Г Т (1		V	_	_	_	_	0,0002	0,0003	0,001	0,005	0,008	0,005	0,008	_	_	0,486
		n	-	_	_	-	8	8	8	8	8	8	8	—	_	2
	-	Xmax	-	—	_	_	0,2	0,2	2,0	13,5	30,7	19,5	64,1	_	-	15,70
	Глина	Xmin	-	_	-	-	0,0	0,0	0,0	1,4	14,6	7,8	44,1	_	_	5,10
	(10)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	—	-	_	0,075	0,075	0,51	5,45	21,45	15,58	56,86	-	0,004	10,40
	()	S	-	—	-	-	0,097	0,083	0,615	4,397	4,260	3,391	6,218	—	-	5,300
		V	-	—	-	-	1,291	1,106	1,201	0,807	0,199	0,218	0,109	—	-	0,510

													1			,
		n	_	_	_	_	5	5	5	5	5	5	5	_	_	1
		Xmax	_	_	_	_	0,5	0,7	0,9	7,2	50,4	22,9	55,2	_	_	—
	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,1	0,1	4,4	19,6	9,0	33,3	_	_	_
	текучепластич- ный (11)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,18	0,42	0,46	5,46	29,66	17,58	46,24	_	0,006	34,9
		S	_	_	_	_	0,172	0,232	0,287	1,038	12,000	4,826	8,288	_	_	_
		V	_	_	_	_	0,956	0,551	0,624	0,190	0,405	0,275	0,179	_	_	_
		n	_	_	_	_	2	2	2	2	2	2	2	_	_	_
		Xmax	_	_	_	_	0,1	0,2	0,4	9,4	18,6	19,2	65,5	_	_	_
	Суглинок	Xmin	—	_	-	_	0,0	0,2	0,3	0,3	14,4	10,0	61,4	_	_	—
	текучий (12)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	-	_	0,05	0,2	0,35	4,85	16,5	14,6	63,45	_	0,004	—
IIIhv ₁ ^{2a}		S	_	_	-	_	0,050	0,000	0,050	4,550	2,100	4,600	2,050	_	_	_
		V	_	_	_	_	4,5E-05	0	4,5E-05	0,004	0,002	0,004	0,002	_	_	—
Морские	Іорские садки Суглинок мягкопластич- ный (13)	n	_	_	-	_	5	5	5	5	5	5	5	_	_	1
осадки		Xmax	_	_	-	_	0,1	0,5	1,0	11,2	67,7	19,2	45,0	_	_	_
		Xmin	_	_	-	_	0,0	0,0	0,2	0,9	34,6	3,6	16,0	_	_	_
		$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	—	—	_	_	0,02	0,18	0,44	7,52	51,36	11,22	29,26		0,015	14,10
		S	_	_	_	_	0,040	0,194	0,287	4,023	14,392	6,076	12,641	_	_	_
		V	—	_	-	_	2,000	1,077	0,652	0,535	0,280	0,542	0,432	_	_	-
		n	_	_	_	_	4	4	4	4	4	4	4	_	_	_
		Xmax	—	—	_	_	1,4	1,1	2,8	34,8	36,2	22,5	53,4	_	_	—
	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,0	0,3	0,7	19,6	7,7	27,4	_	_	_
	тугопластич- ный (14)	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,48	0,33	1,10	13,90	26,90	15,28	42,03	_	0,007	_
		S	_	_	_	_	0,554	0,449	0,992	12,876	6,421	6,377	9,829	_	_	—
		V	_	_	-	_	1,166	1,382	0,902	0,926	0,239	0,418	0,234	_	_	_
		n	—	_	_	_	2	2	2	2	2	2	2	_		1
IIIhv ₁ ^{2a}		Xmax	_	_	-	_	0,2	0,1	0,1	9,3	71,2	9,0	19,7	_	-	—
	Шhv ₁ ^{2a} Супесь	Xmin	—	_	-	—	0,1	0,1	0,1	8,9	61,7	5,4	14,1	_	_	-
Морские пластичная (15 осалк	пластичная (15)	X = Xn	—	_	-	-	0,15	0,1	0,1	9,1	66,45	7,2	16,9	9,2	0,02	10,1
ocadir	адк	S V	_	_	-		0,050	0,000	0,000	0,200	4,/50	1,800	2,800	_		
1		v					0,555	0,000	0,000	0,044	0,071	0,250	0,100			

													I -			
		n	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	_	—	4
		Xmax	_	_	-	_	0,8	0,3	2,3	76,4	48,0	5,2	6,4	_	_	22,10
	Песок	Xmin	_	_	_	-	0,0	0,2	0,5	40,9	12,9	1,3	0,0	_	_	21,20
	пылеватый (16)	X = Xn	_	—	-	_	0,38	0,23	1,4	62,63	28,88	3,05	3,45	4,7	0,06	10,83
		S	_	_	_	-	0,334	0,043	0,640	13,166	12,510	1,394	2,643	_	_	10,830
		V	—	—	-	—	0,892	0,192	0,457	0,210	0,433	0,457	0,766	-	—	1,0004
		n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-	—	1
	Песок	Xmax	9,6	12,7	24,9	30,4	16,9	8,6	32,9	19,9	6,7	11,7	12,0	_	_	_
IIIhv ₁ ¹	гравелистый	Xmin	2,0	5,4	8,2	13,9	1,7	3,8	3,2	1,9	0,7	0,8	1,3	-	-	-
	ракушечный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	6,1	8,4	14,5	20,6	8,2	6,6	13,2	8,8	3,6	4,4	5,5	150	1,0	68,4
Прибрежно-	(17)	S	2,467	2,525	5,801	5,201	4,749	1,859	11,170	6,158	2,120	4,267	3,816	—	—	—
морские		V	0,403	0,302	0,400	0,252	0,580	0,281	0,845	0,702	0,586	0,962	0,690	_	_	_
мелковод- ные осалки		n	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	_	—	6
		Xmax	7,2	18,8	27,7	28,5	8,9	15,9	60,1	47,2	9,1	4,7	17,4	—	—	83,30
	Песок пылева- тый с ракушкой – (18)	Xmin	0,0	0,5	1,8	2,0	0,7	1,7	7,9	0,1	0,3	0,1	0,6	_	_	34,00
		$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	3.39	5.99	9.73	12,18	4	5,91	29,54	22,44	2,53	1.01	3.29	5	0,2	52,57
		S	2,466	4,460	6.875	8,102	2,219	3,777	14,350	17,184	2,572	1,010	4,122	_	_	17,755
		V	0,727	0,744	0,707	0,665	0,555	0,639	0,486	0,766	1,016	1,003	1,254	_	_	0,338
	Ракуша с глиной (19)	1 обр.	4,6	12,1	11,0	19,3	6,7	4,9	5,9	6,3	5,6	3,2	20,4	650	0,8	10,83
	глиной (19) Суглинок текучий (20)	1 обр.	Ι	-	-			1,3	1,3	4,0	40,1	11,3	42,0	_	0,009	_
		n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	—	1
IIIhv ₁ ¹	Суглинок текуче- мягкопластич-	Xmax	7,3	14,7	9,5	13,9	3,3	5,6	9,7	8,4	12,9	6,0	24,3	_	_	_
Π		Xmin	1,5	5,4	14,8	9,8	2,2	4,1	5,5	5,3	4,5	5,4	10,8	_	_	_
приорежно-	ный с ракушей	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	4,7	10,47	17,6	12,2	2,63	4,87	7,57	7,2	8,77	5,63	18,37	—	0,3	73,4
морские	(21)	S	2,406	3,842	2,022	1,745	0,478	0,613	1,715	1,359	3,431	0,262	5,631	_	_	_
мелковод-		V	0,512	0,367	0.115	0,143	0,182	0,126	0.227	0,189	0.391	0,047	0,307	_	_	_
indie oeugikh	Глина мягкопласт.(22)	1 обр.	_	_	_	_	0,2	0,2	0,2	0,4	15,5	26,5	57,0	_	0,004	_

											· • 4					
Фациально- генетические типы	Наименование грунта по ГОСТ 25100-95	Статист. характе- ристики	> 10	10–5	5-2	2–1	1-0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	< 0,005	К. неодно- родности	d ₅₀ , ММ	CaCO ₃ , %
	Супесь пластич- ная	1 обр.	_	_	-		0,3	0,5	0,9	26,1	50,3	12,2	9,7	6,4	0,024	-
		n	_	—	—	-	3	3	3	3	3	3	3	-	-	2
	G	Xmax	_	-	-	_	1,8	2,8	61,0	33,9	15,6	11,7	28,9	-	-	11,3
	Суглинок	Xmin	_	-	-	-	0,0	0,0	5,3	5,0	2,7	1,8	24,8	-	-	8,9
	ный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	—	—		0,67	1,2	39,37	17,3	8,57	6,5	26,4	-	0,08	10,1
		S	_	—	_	_	0,806	1,178	24,380	12,184	5,331	4,057	1,791	_	—	1,697
		V	_	-	-	_	1,208	0,981	0,619	0,704	0,622	0,624	0,068	-	-	0,168
		n	_	—	—	-	2	2	2	2	2	2	2	-	-	1
IIh z_2^3 (at)		Xmax	_	_	_	_	1,2	1,4	40,5	20,6	48,2	8,2	32,0	-	-	_
$IIIhz_2^3$ (at)	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,4	0,7	15,8	2,6	2,9	25,5	-	-	_
	мягкопластичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	-	0,6	0,9	20,6	18,2	25,4	5,55	28,75	-	0,03	3,5
Аллювиально-		S	_	_	_	_	0,600	0,500	19,900	2,400	22,800	2,650	3,250	-	_	_
морские (дельторые)		V	_	_	_	_	1,000	0,556	0,966	0,132	0,898	0,477	0,113	-	_	_
осадки		n	_	_	_	-	7	7	7	7	7	7	7	_	-	4
		Xmax	_	_	_	-	0,5	0,9	50,7	29,6	28,2	20,9	51,0	-	-	34
	Суглинок	Xmin	_	_	_	-	0,0	0,0	0,1	9,8	2,8	2,0	26,8	-	-	5,8
	тугопластичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,114	0,31	21,36	18,39	11,67	10,41	37,74	-	0,009	14,6
		S	_	_	_	_	0,173	0,318	19,500	6,928	9,934	8,513	7,016	_	-	11,53
		V	_	_	_	_	1,510	1,012	0,913	0,377	0,851	0,817	0,186	_	-	0,790
Сп		n	_	_	_	-	2	2	2	2	2	2	2	_	—	1
		Xmax	_	_	_	_	0,3	0,4	52,8	20,1	15,1	27,4	30,8	_	-	_
	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	0,1	0,3	6,0	13,7	1,7	3,6	27,7	-	-	_
	полугвердыи	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,2	0,35	29,4	16,9	8,4	15,5	29,25	_	0,03	7,1
		S	_	_	_	_	0,100	0,050	23,400	3,200	6,700	11,900	1,550	_	_	_
		V	_	_	-	_	0,500	0,143	0,796	0,189	0,798	0,768	0,053			_

Состав грунтов верхнехазарского комплекса (hz₂)

													1			,
$IIIhz_2^3$ (at)		n	-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	_	-	6
	Глина	Xmax	-	_	_	-	-	0,2	1,1	7,4	27,5	19,8	78,4	_	-	12,80
АЛЛЮВИАЛЬНО-	тугопластичная	Xmin	-	_	_	-	-	0,0	0,2	4,2	1,8	13,4	52,8	_	-	4,10
(дельтовые)		$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	-	_	-	_	0,10	0,45	5,28	12,28	15,50	66,40	—	0,003	8,15
осадки		S	-	_	_	_	_	0,100	0,377	1,252	9,916	2,516	10,089	_	-	3,171
IIIbza ³ (at)		V	-	—	_	-	_	1,000	0,839	0,237	0,808	0,162	0,152	—	-	1,571
11111 <u>2</u> 2 (at)		Xmax	-	_	_	-	0,4	0,6	2,6	15,5	34,8	20,5	68,1	_	-	20,60
Аллювиально-	Глина	Xmin	-	-	_	-	0,0	0,0	0,2	0,3	14,7	14,0	39,0	—	-	10,60
морские	мягкопластич-ная	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,07	0,17	1,29	6,86	22,06	17,13	52,43	_	0,0045	14,08
(дельтовые)		S	-	_	_	—	0,125	0,205	1,008	5,536	5,649	2,567	9,427	_	_	4,084
осадки		V	-	_	_	_	1,871	1,233	0,782	0,808	0,256	0,150	0,180	_	-	0,290
		n	-	_	_	-	12	12	11	12	12	12	12	_	-	6
		Xmax	_	_	_	_	0,2	0,4	1,7	25,9	32,2	19,6	82,6	_	_	12,80
Гл тул IIIhz ₂ ² Морские глубоковолные	Глина	Xmin	-	_	_	—	0,0	0,0	0,0	0,6	2,9	8,2	48,5	_	_	5,70
	тугопластичная	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,03	0,07	0,50	7,08	15,75	12,61	64,02	_	0,0035	6,45
		S	_	_	_	-	0,060	0,118	0,488	7,612	8,490	3,047	10,342	_	_	5,087
		V	_	_	_	_	2,380	1,768	0,976	1,076	0,539	0,242	0,162	_	_	1,984
	Глина текучепла- стичная	1 обр.	_	_	_	_	_	0,1	0,2	6,0	15,6	21,1	57,0	_	0,004	6,2
осалки		n	-	_	_	_	3	3	3	3	3	3	3	_	1	1
0000,2000		Xmax	-	_	_	—	0,4	0,7	6,5	9,3	22,4	33,8	78,2	_	-	_
	Глина	Xmin	_	_	_	-	0,0	0,1	0,1	1,9	3,1	9,2	48,8	_	_	_
	полутвердая	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	_	_	_	0,13	0,33	2,27	5,4	11,13	20,7	60,03	_	0,004	13,3
		S	-	_	_	-	0,189	0,262	2,994	3,034	8,204	10,106	12,965	_	-	_
Шhz2 ² Морские глубоко-водные осадки		V	_	_	_	_	1,414	0,787	1,321	0,562	0,737	0,488	0,216	—	_	_
		n	-	_	_	_	2	2	2	2	2	2	2	—	_	_
		Xmax	_	_	_	_	0,2	0,4	1,1	16,9	54,9	12,0	32,4	_	_	_
	Суглинок	Xmin	-	_	_	_	0,1	0,4	0,3	16,3	38,4	6,4	20,2	_	_	_
	текучий	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	-	_	-	0,15	0,4	0,7	16,6	46,65	9,2	26,3	_	0,016	_
		S	_	_	_	_	0,050	0,000	0,400	0,300	8,250	2,800	6,100	_	_	—
		V	_	_	_		0,333	0,000	0,571	0,018	0,177	0,304	0,232	_	_	_

													1			,
		n	_	_	_	_	2	2	2	2	2	2	2	_	_	1
		Xmax	-	-	_	_	0,1	0,1	0,8	10,3	32,5	14,7	51,0	_	_	_
	Суглинок	Xmin	-	_	_	_	0,0	0,0	0,2	4,6	29,3	13,7	42,7	_	_	_
	мягкопластичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,05	0,05	0,5	7,45	30,9	14,2	46,85	_	0,006	3,5
		S	_	_	_	_	0,050	0,050	0,300	2,850	1,600	0,500	4,150	_	_	_
		V	_	_	_	_	1,000	1,000	0,600	0,383	0,052	0,035	0,089	_	_	_
	Суглинок мягкопластичный с ракушкой	1 обр.	1,2	8,7	10,2	24,6	8,4	6,4	6,4	7,2	6,4	4,4	16,1	-	0,7	_
Песок пылеватый с ракушкой	1 обр.	0,3	2,0	1,9	1,2	0,9	2,5	67,4	14,9	2,2	6,7	0,0	2,8	0,15	-	
		n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	_	—	2
	Парал	Xmax	8,4	7,6	22,7	27,6	7,3	18,7	9,8	10,6	3,4	1,5	3,9	_	—	38,0
	Песок	Xmin	1,5	4,1	16,5	19,1	5,0	8,6	1,8	5,2	2,9	0,4	1,2	_	—	37,0
	ракушечный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	3,83	6,27	19,93	22,50	6,37	13,10	6,33	7,40	4,93	1,90	7,43	150	1,2	37,5
1	1 5	S	3,229	1,546	2,575	3,672	0,988	4,196	3,352	2,315	2,530	1,417	6,993	—	-	0,500
$IIIhz_2^1$		V	0,842	0,247	0,129	0,163	0,155	0,320	0,529	0,313	0,513	0,746	0,941	_	-	0,013
Прибрежно-	Песок ср.крупн.	1 обр.	2,5	1,9	3,8	11,3	17,4	27,9	25,1	7,1	2,9	0,1	0,0	5	0,25	78,8
морские мелководные	Песок мелкий с ракушкой	1 обр.	0,6	3,1	11,7	6,1	2,0	3,9	49,9	10,0	3,6	2,8	6,3	16	0,16	26,1
осадки		n	_	_	_	—	2	2	2	2	2	2	2	_	-	_
		Xmax	_	—	_	—	8,4	4,7	75,1	8,7	6,7	1,0	2,2	_	-	_
	Песок мелкий	Xmin	_	_	_	—	7,7	3,8	69,2	3,5	6,4	0,7	1,9	_	-	_
	Песок мелкии	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	8,05	4,25	72,15	6,1	6,55	0,85	2,05	2	0,16	_
		S	_	_	-	_	0,350	0,450	2,950	2,600	0,150	0,150	0,150	_	-	-
		V	_	-	-	_	0,043	0,106	0,041	0,426	0,023	0,176	0,073	-	-	—
IIIhz ¹		n	_	_	11	11	11	11	11	11	11	11	11	2	-	3
linz ₂	Xmax	_	_	0,8	6,8	6,0	6,2	65,5	73,7	19,6	10,0	14,5	3,2	-	10,9	
Прибрежно-	Ірибрежно-	Xmin			0,0	0,0	0,0	0,2	3,3	19,4	1,1	0,5	0,1	2,4	_	01,5
морские		$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	0,08	0,82	2,14	1,95	36,55	44,20	5,75	2,91	5,61	2,8	0,09	4,90
мелководные		S	_	_	0,229	1,954	2,209	1,549	21,035	16,085	4,945	2,985	4,540	0,400	—	4,255
осадки	V	_	_	2,798	2,389	1,034	0,792	0,576	0,364	0,861	1,026	0,809	0,143	-	0,868	

													<u>p</u> = = = =			
		n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	-	2
		Xmax	2,3	4,6	4,4	8,4	12,3	10,8	45,2	67,4	14,9	4,5	9,1	_	_	20,00
	Песок пылеватый	Xmin	0,0	0,3	1,1	1,9	0,8	0,7	2,3	13,6	1,0	0,9	0,2	-	-	5,20
	сракушкои	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	0,50	1,23	2,48	4,23	4,25	4,13	24,12	46,45	5,57	2,55	4,48	2,5	0,09	12,60
		S	0,816	1,517	1,148	2,258	4,059	3,968	17,490	18,001	4,411	1,370	2,834	-	_	7,400
		V	1,633	1,230	0,462	0,533	0,955	0,960	0,725	0,388	0,792	0,537	0,632		_	0,587
	Супесь текуч.	1 обр.	_	_	_	_	_	0,1	5,3	66,3	14,3	2,5	11,5	_	0,07	_
	Супесь тек. с рак.	1 обр.	2,4	4,5	9,3	28,8	8,3	7,8	6,1	12,7	4,0	5,1	11,0	-	0,8	_
	Супесь пластичная	1 обр.	_	_	_	_	0,1	0,1	3,8	6,2	21,0	14,1	54,7	-	0,005	_
		n	_	_	_	_	2	2	2	2	2	2	2		-	_
		Xmax	_	_	_	_	0,1	0,3	6,9	15,6	30,7	25,2	46,8	_	_	_
	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,2	1,5	1,8	21,7	8,6	40,6		-	_
	мягкопластичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,05	0,25	4,20	8,70	26,20	16,90	43,70	-	0,006	_
	S	_	_	_	_	0,050	0,050	2,700	6,900	4,500	8,300	3,100		—	_	
		V	_	_	_	_	1,000	0,200	0,643	0,793	0,172	0,491	0,071	_	_	_
		n	_	_	_	_	4	4	4	4	4	4	4		_	_
		Xmax	_	_	_	_	0,4	0,5	12,6	24,5	46,9	28,2	40,2	-	_	_
	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,1	0,1	0,8	24,8	5,0	31,2		—	_
	тугопластичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,2	0,225	3,375	13,575	35,28	13,15	34,2		0,012	3,6
		S	_	_	_	_	0,158	0,164	5,329	8,586	8,430	9,148	3,536		-	_
		V	_	_	_	_	0,791	0,729	1,579	0,632	0,239	0,696	0,103	-	-	_
		n	_	_	_	_	3	3	3	3	3	3	3	_	_	_
		Xmax	_	_	_	_	0,2	1,1	24,0	26,5	43,5	16,0	39,5	-	-	_
IIIhz ₂ ¹	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	0,0	0,1	0,8	15,9	12,7	6,0	16,4	-	-	_
	полутвердый	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-	_	_	_	0,07	0,63	8,57	19,83	32,67	12,13	26,10		0,02	3,6
Прибрежно-		S	_	_	-	_	0,094	0,411	10,913	4,739	14,136	4,386	9,787	_	-	_
морские мелковолные		V	_	_	_	_	1,414	0,649	1,274	0,239	0,433	0,361	0,375	-	-	_
мелководные осадки ра	Суглинок тек.с ракушкой	1 обр.	6,8	1,5	1,9	8,7	7,7	21,0	6,1	7,9	3,7	17,4	17,3	_	0,2	_
	Глина мягкопластичная	1 обр.	_	_			0,2	0,2	0,6	16,3	6,6	24,0	52,1	_	0,005	11,2

Продолжение таблицы 8

	n	—	_	—	_	2	2	2	2	2	2	2	_	-	1
	Xmax	-	-	-	-	0,1	0,2	0,3	13,0	35,2	21,0	74,3	—	-	_
Глина	Xmin	-	—	—	_	0,0	0,0	0,1	0,2	4,2	15,2	36,2	_	-	-
тугопластичная	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	—	_	—	-	0,05	0,10	0,20	6,60	19,70	18,10	55,25	—	0,004	8,6
	S	-	_	-	_	0,050	0,100	0,100	6,400	15,500	2,900	19,050	_	-	-
	V	-		—	-	1,000	1,000	0,500	0,970	0,787	0,160	0,345	_	-	-
Глина полутвердая	1 обр.	_	_	_	_	0,2	0,4	4,5	10,0	18,2	12,1	54,6	_	0,004	_





Рис. 14. Графики среднего гранулярного состава грунтов верхнего подкомплекса хвалынского комплекса площади Ракушечная

Верхний подкомплекс (hz_2^3) представляет собой слой мощностью от 3 до 5 м, сложенный неоднородными по гранулометрическому составу и физическим свойствам пылевато-глинистыми грунтами обычно коричневого и коричневато-бурого цвета, содержащих местами включения растительного детрита и остатков корневищ растений. Преобладают суглинки, представляющие собой в литологическом отношении алевриты глинистые с количеством глинистого материала 20–30 %, глину алевритовую, с количеством глинистого материала до 60–65 %, а также несортированные пески мелкие сильноглинистые (содержание фракции > 0,005 мм в интервале 24–28 %). Плотность грунтов изменяется в интервале 1,85–2,2 г/см³, а влажность – от 14,8 до 40,2 %. Для грунтов характерны также сколы разных направлений (оскольчатость). Отмечаются круглые (10 × 6 × 4 см) песчано-карбонатные конкреции, крупные обломки пресноводных раковин.

По разнообразию и незакономерному изменению гранулярного состава, присутствию включений растительного детрита и по характеру слоистости рассматриваемый подкомплекс близок пачке дельтовых отложений верхнехвалынского подкомплекса.

Широкие интервалы изменений показателя текучести, влажности и плотности, а также оскольчатость могут рассматриваться как признаки преобразования грунтов в субаэральной обстановке.

Средний подкомплекс (hz_2^2) обособляется как слой глинистых отложений, включающих слойки и линзовидные прослои песчано-раковинного грунта. Он имеет неровную подошву, располагающуюся в скважинах в 46,6–55,2 м от среднего уровня моря, то есть на абсолютных отметках минус 74,6–83,2 м. Мощность подкомплекса на месторождении им. Ю. Корчагина составляет около 8 м, а на месторождении Ракушечное – около 16 м. В разрезах преобладает глина с консистенцией близкой к границе мягко- и тугопластичной разновидностей; местами глина полутвердая. Отмечаются суглинки, обычно мягкопластичные.

Согласно гранулометрическому анализу, в литологическом отношении среди глинистых грунтов выделяется глина, в которой содержание фракции > 0,005 мм достигает 70–83 %, глина алевритистая и алеврит глинистый, количество материала > 0,005 мм в котором изменяется от 20 до 50 %. В зависимости от состава в относительно широких пределах изменяются плотность и влажность грунтов в интервалах соответственно 1,77–2,1 г/см³ и 20–30 %.

Нижний подкомплекс (hz₂¹) по составу является неоднородным песчаноглинистым. Верхняя, большая его часть, невыдержанная по мощности из-за неровностей в кровле, сложена песком и песчано-раковинными грунтами, включающими прослои разной мощности глинистых грунтов серого цвета. Мощность этой части изменяется от 8 до 15 м. Среди песчаных отложений преобладают пылеватая, плотная разновидности, включающие мелкий раковинный детрит. На объекте Широтная-3 в кровле подкомплекса выделяется слой мощностью 3,4 м, сложенный раковинным грунтом, по гранулярному составу представляющим собой песок от мелкого до гравелистого. На объекте Широтная-1 в низах верхней части отмечается песок мелкий, включающий растительный детрит. Глинистые грунты выделяются в виде прослоев разной мощности. Они представлены глиной и суглинком, обычно тугопластичными, и супесью пластичной.

На месторождении им. Ю. Корчагина верхняя половина слоя сложена суглинком полутвердым коричневато-серого цвета, включающим мелкий растительный детрит и характеризующимся высокой плотностью (2,07–2,09 г/см³) и малой влажностью (20,7–20,9 %). Суглинки нижней половины

слоя имеют серую окраску, являются мягко-тугопластичными и отличаются от предыдущих значительно меньшей плотностью (1,88–1,98 г/см³) и большей влажностью (29,9–32,1 %). В литологическом отношении суглинки верхней половины представляют собой алевриты глинистые с количеством глинистого материала 16,4–22,4 %, а грунты нижней половины – глины алевритовые с количеством глинистых компонентов 40,2–40,6 %.

На объекте Ракушечная базальный слой сложен главным образом глиной полутвердой и тугопластичной коричневато-серого цвета, содержание фракции > 0,005 мм в которой составляет 54,6–74,3 %. Глина характеризуется пониженной плотностью (1,81–1,88 г/см³) и повышенной влажностью (30,8–33,5 %).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что образование верхнехазарского седиментационного комплекса связано с одним трансгрессивно-регрессивным ритмом. Наличие в низах его растительного детрита позволяет говорить о близком расположении дельты реки при накоплении базальных отложений. Образование нижнего подкомплекса в целом происходило в прибрежной полосе моря. Накопление глинистых отложений среднего подкомплекса соответствует периоду максимума трансгрессии, а отложение перекрывающих осадков связано с периодом снижения уровня моря и смещением на площади района дельтовой зоны. Характер вторичных преобразований грунтов прикровельной части комплекса свидетельствует о смещении береговой зоны на юг за пределы района.

Нижнехазарский седиментационный комплекс (Шhz₁) подразделяется на три подкомплекса (табл. 9).

Верхний подкомплекс (hz_1^3) в скважинах выделяется как слой неоднородного состава мощностью 8,8–9,0 м. На объекте «Ракушечная» он полностью сложен песком однородным желтовато-серого цвета, по гранулярному составу соответствующим граничным значениям песка мелкого и пылеватого. При этом фракция песка мелкого (0,1-0,25 мм) преобладает, составляя 63–73 % (табл. 9). На месторождения им. Ю. Корчагина подкомплекс в кровле представлен раковинно-песчаными отложениями, в подошве – песком пылеватым плотным, а в средней части – суглинком и глиной полутвердыми и тугопластичными серого цвета. Суглинок в литологическом отношении является алевритом глинистым, содержащим глинистые компоненты в количестве 20,0–38,3 %, а глина такого же класса отличается с увеличенной до 42,7 % долей глинистого материала. Плотность глинистых грунтов составляет 1,94–2,01 г/см³, а влажность колеблется в узком интервале 25,9–27,3 %.

_			CUCI	ab i pj	IIIOD .		CAUJU	JUNUI		mence						
Фациально- генетические типы	Наименование грунта по ГОСТ 25100-95	Статист. характе- ристики	>10	10-5	5-2	2–1	1-0,5	0,5-0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	< 0,005	К. неодно- род.	d ₅₀ , мм	CaCO ₃ , %
		n	_	-	_	_	4	4	4	4	4	4	4	-	_	1
		Xmax	_	_	_	_	0,3	1,2	72,9	70,7	4,7	3,7	4,2	_	_	_
	Песок	Xmin	_	-	-	_	0,1	0,1	16,2	21,5	1,4	0,6	1,1	-	—	_
	пылеватый	$\overline{X} = Xn$	_	_	-	_	0,15	0,525	54,8	38,5	2,375	1,65	2	0,22	0,11	6,8
		S	_	-	-	_	0,087	0,409	22,576	19,071	1,350	1,205	1,275	-	_	_
		V	_	_	_	_	0,577	0,778	0,412	0,495	0,568	0,730	0,637	-	_	_
	Песок мелкий	1 обр.	_	-	-	_	1,9	16,1	63,2	15,4	1,3	0,6	1,5	2,3	0,16	_
IIIhz ₁ ³	Песок мелкий ракушечный	1 обр.	_	-	0,3	9,9	5,2	2,6	69,6	5,5	3,2	1,4	2,3	2,0	0,16	23,9
Морские мелководные	Песок крупный ракушечный	1 обр.	4,8	10,0	8,6	25,6	17,0	10,2	11,9	3,2	3,7	1,1	3,9	16,3	1,0	39,0
осадки		n	_	_	_	_	_	2	2	2	2	2	2	_	_	2
		Xmax	_					0,2	1,8	16,6	39,6	13,7	33,8	_	_	10,90
	Суглинок	Xmin	_					0,1	0,4	12,4	36,1	12,0	33,3	-	_	4,20
	тугопластичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	-					0,15	1,1	14,5	37,85	12,85	33,55	—	0,013	7,55
		S	_					0,050	0,700	2,100	1,750	0,850	0,250	_	_	3,35
		V	_					0,333	0,636	0,145	0,046	0,066	0,007	-	_	0,444
	Суглинок текучепласт.	_	_	-	_	_	0,1	0,1	2,4	33,7	34,1	9,6	20,0	_	0,03	0,5
	Глина полутверд.	-	_	-	-	_	_	0,1	0,3	4,4	32,2	20,3	42,7	-	0,006	6,8
		n	_	-	-	_	2	2	2	2	2	2	2	-	_	1
$IIIhz_1^2$		Xmax	_	-	-	—	0,1	0,2	39,9	59,0	25,3	2,7	9,5	-		-
1	Супесь	Xmin	_	-	-	_	0,0	0,2	6,0	23,0	23,6	2,1	8,4	-	_	_
Морские	текучая	$\overline{X} = Xn$	_	-	-	_	0,05	0,2	22,95	41	24,45	2,4	8,95	8,0	0,07	8,4
осадки		S	_	-	-	_	0,050	0,000	16,950	18,000	0,850	0,300	0,550	_	_	_
		V					1,000	0,000	0,739	0,439	0,035	0,125	0,061			

Состав грунтов нижнехазарского комплекса (hz₁)

	Суглинок тугопласт.	1 обр.	_	_	_	_	_	0,1	0,2	12,3	29,4	13,5	44,5	_	0,006	4,2
		n	_	-	-	_	—	-	2	2	2	2	2	-	_	
		Xmax	_	_	_	_	_	_	0,5	7,4	24,0	23,1	50,3	_	_	—
	Глина	Xmin	_	_	-	_	_	_	0,4	2,0	2,0	2,0	2,0	_	_	—
	тугопластичная	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	_	_	0,45	6	23,1	21,35	49,1	_	0,005	-
IIIhz. ²		S	_	_	-	_	—	—	0,050	1,400	0,900	1,750	1,200	-	-	-
IIIIZI		V	_	_	-	_	_	_	0,111	0,233	0,039	0,082	0,024	_	_	—
Морские		n	_	_	_	—	6	6	6	6	6	6	6	_	_	2
осадки		Xmax	_	_	-	—	0,1	0,2	2,5	21,5	32,8	23,5	80,4	_	_	18,70
	Глина	Xmin	_	_	-	_	0,0	0,0	0,2	1,3	6,6	11,5	40,3	-	_	14,00
	полутвердая	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	0,05	0,1	0,7	7,8	19,6	17,52	54,2	_	0,0045	16,35
		S	_	_	_	_	0,050	0,082	0,845	7,157	7,623	4,652	13,339	-	_	2,350
		V	_	_	-	_	1,000	0,816	1,207	0,914	0,389	0,266	0,246	-	-	0,144
		n	_	_	_	_	_	_	2	2	2	2	2	_	_	—
		Xmax	_	_	_	_	_	_	0,3	5,1	28,3	26,9	51,4	_	—	—
	Суглинок	Xmin	_	_	_	_	_	_	0,1	0,4	21,2	21,0	45,3	_	_	
TTT 1	тугопластичный	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	_	_	_	_	0,2	2,75	24,75	23,95	48,35	_	0,005	—
$IIInz_1$		S	_	_	_	_	_		0,100	2,350	3,550	2,950	3,050	_	_	—
Морские		V	_	_	_	_	_	_	0,500	0,855	0,143	0,123	0,063	_	_	
глубоковод-		n	_	_	_	_	_	4	4	4	4	4	4	-	_	—
ные осадки		Xmax	_	_	_	_	_	0,2	0,3	3,6	14,3	26,0	69,7	_	_	-
	Глина	Xmin	_	_	_	_	—	0,0	0,2	1,1	6,4	18,9	56,3	_	_	—
	тугопластичная	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	-	_	_	0,05	0,275	2,325	11,03	22,425	63,9	_	0,0035	—
		S	_	_	_	_	_	0,087	0,043	1,050	3,172	2,573	4,970	_	_	—
		V	_	_	_	_	_	1,732	0,157	0,451	0,288	0,115	0,078	_	_	_
$IIIhz_1^1$		n	_	_	-	_	2	2	2	2	2	2	2	_	_	
1		Xmax	_	_	-	—	0,2	0,2	1,3	3,2	18,2	26,9	68,4	_	—	_
Морские	Глина полутвердая	Xmin	_	_	_	_	0,2	0,1	0,5	1,6	13,0	15,4	50,8	_	—	_
глубоковод-	1 лина полутвердая	$\overline{\mathbf{X}} = \mathbf{X}\mathbf{n}$	_	_	-	_	0,2	0,15	0,9	2,4	15,6	21,15	59,6	_	0,004	-
ные осадки		S	_	_	-	_	0,000	0,050	0,400	0,800	2,600	5,750	8,800	-	—	_
		V	_	—	-	-	0,000	0,333	0,444	0,333	0,167	0,272	0,148	—	—	_

Средний подкомплекс (hz_1^2) выделяется интервалом глинистых и пылевато-глинистых отложений. Подкомплекс сложен глиной тугопластичной и полутвердой, включающей прослои суглинка такой же консистенции и супеси. Глина и суглинок в литологическом отношении представляют глину алевритовую и алевритистую с количеством глинистых компонентов, изменяющихся в интервале от 40,6 до 80,4 %, а супесь – слабоглинистую смесь песка мелкого и алеврита. Глинистые грунты известковистые (СаСО₃ до 18,7 %). Поровые растворы супеси насыщены растворенным газом, в связи с чем разрыхляются при подъеме керна на поверхность и приобретают текучую консистенцию. Плотность грунтов изменяется в широких пределах – 1,94–2,10 г/см³. В одном из разрыхленных образцов плотность составила 1,74 г/см³. Грунты подкомплекса в верхней части имеют коричневато-серую окраску.

Нижний подкомплекс (hz₁¹) представляет собой почти однородный «глинистый горизонт». Он сложен глиной тугопластичной, местами полутвердой; по гранулярному составу алеритистой. Содержание глинистой фракции в грунте изменяется от 50,8 до 69,7 % с возрастанием вниз по разрезу. Плотность грунта изменяется в интервале 1,84–1,96 г/см³ с тенденцией к уменьшению к низам разреза.



Рис. 15. Рельеф кровли среднего песчано-глинистого подкомплекса верхнехазарского комплекса

Судя по сейсмоакустическим записям и материалам ВЧ МОГТ, подошва нижнехазарского комплекса в пределах Северного района располагается на глубине около 125–130 м от поверхности моря. Следовательно, общая мощность его составляет около 60–65 м.

Строение донных разрезов на площади Хвалынского и Сарматского месторождений приведено на рисунке 16, 17, 18.



Рис. 16. Инженерно-геологический разрез грунтового массива шельфа

Грунты: 1 – глина; 2 – глина, ритмично переслаивающаяся с песком пылеватым; 3 – суглинок (глина алевритовая, алеврит глинистый); 4 – супеси (алеврит); 5 – песок пылеватый и мелкий; 6 – раковинный грунт и включения раковинных обломков в других видах грунтов; 7 – переслаивание пылевато-глинистых грунтов (глины-суглинки, супеси) и песка пылеватого (комплекс авандельтовых отложений); 8 – переслаивание пылеватоглинистых грунтов (глины, суглинки, супеси) и песка пылеватого (комплекс авандельтовых отложений); 9 – включения растительных остатков (детрита и остатков корней); 10 – абсолютный возраст раковинного материала, лет; 11 – поверхность размыва

Согласно данным инженерно-геологического бурения, разнообразие гранулярного состава отложений отражает существование здесь разнообразных динамических обстановок осадконакопления.



Рис. 17. Инженерно-геологический разрез новокаспийского комплекса

Грунты новокаспийского комплекса: 1 – ракуша; 2 – песок мелкий и пылеватый с включениями толстостенных раковин; 3 – песок пылеватый с включениями тонкостенных раковин Подстилающие отложения: 4 – мангышлакские; 5 – верхнехвалынские дельтовые; 6 – слоистость отложений, фиксируемая на сейсмоакустических записях



Рис. 18. Речной врез на площадях Ю. Корчагина и Сарматская: 1 – слоистость, фиксируемая на сейсмоакустическом разрезе; 2 – акустически однородные грунты





Рис. 19. Графики среднего гранулярного состава грунтов верхнего подкомплекса хвалынского комплекса площади Сарматская

На рисунке 20 показаны интервалы локализации в разрезе мелководных фациально-генетических типов и положение перерывов бассейнового осад-конакопления.



Рис. 20. Инженерно-геологический разрез Северного Каспия

Грунты: 1 – глина; 2 – глина, ритмично переслаивающаяся с песком пылеватым; 3 – суглинок (глина алевритовая, алеврит глинистый); 4 – супеси (алеврит); 5 – песок пылеватый и мелкий; 6 – раковинный грунт и включения раковинный обломков в дргих видах грунтов; 7 – переслаивание пылевато-глинистых грунтов (глины, суглинки, супе-

си) и песка пылеватого (комплекс авандельтовых отложений); 8 – грунты, выполняющие палеоврезы и палеоложбины (аллювиальные и лиманные); 9 – включения растительных остатков (детрита и остатков корней); 10 – абсолютный возраст раковинного материала по С14, лет; фациально-генетические типы отложений: 11 – дельтовые и придельтовые с растительным детритом; 12 – мелководные

и прибрежно-морские; 13 – перерывы бассейнового осадконакопления Регрессии: mg – мангышлакская; at – ательская; chr – черноярская; 14-интервалы, освещенные бурением

Соотношения между выделенными седиментационными комплексами и стратиграфическими подразделениями в обобщенном виде представлены в таблице 10.

00	отпошения	c menyy	cacinainin e	<u>ipainipaqu</u>	ieenoi o pae	withtin	n moperior o	- Pymrob	of o Maccinb	и
Принятые подразделения в соответствии с				Сейсмос	стратиграфически	ие	Во	зможная ном	енклатура по при	инципам
принципам	и ритмостратиг	графии и их	индексация	подразделения и	их опорные гори	зонты		клима	тостратиграфии	
Седиментацион- ный комплекс (СК)	Подком- плекс	Часть	Слой, литолого- фациальный комплекс	Сейсмострати- графический комплекс (ССК)	Подкомплекс (ССпК)	Части подком- плексов	Надгоризонт	Горизонт	Подгоризонт	Слои
Новокаспийский IVnk			Слои nk _{1,2}	Новокаспийс- кий ССК				Новокас- пийский		Слои
Мангышлакский IVmg			Фациально- генетиче- ские типы, l,al-mg	ОГ-1 Мангышлакс- кий ССК ОГ-2						Мангыш- лакские слои
Урал шекий	Верхне- хвалынс- кий hv ₂	Верхняя hv2 ² Нижняя hv2 ¹	Слои	Хвалынский	Верхне- хвалынс- кий ССпК ОГ-3	Верхняя- часть ССпК - ОГ-2(1) Нижняя часть ССпК	o-XBarbiHCKOFO	ынский	Верхне- хвалынский	
Авалынскии III(IV)hv	Нижне- валынский hv ₁	Верхняя hv1 ² Нижняя	Верхние hv ₁ ²⁶ Нижние hv ₁ ^{2a}	CCK	Нижне- хвалынс- кий ССпК	Верхняя часть ССпК — О Г-3(1) Нижняя часть	Верхнехазарск	Хваль	Нижне- хвалынский	Слои
			Chin	0Г-4		ССпК				

Соотношение между схемами стратиграфического расчленения морского грунтового массива

Верхне- хазарский IIIhz ₂	Верхний hz_2^3 Средний hz_2^2 Нижний hz_2^1	Верхне- хазарский ССК			Верхне- хазарский	Слои
		ОГ-5				
Нижне-	Верхний hz ₁ ³	Нижне-		Нижне-	Верхний	
хазарский IIhz ₁	Средний hz1 ²	хазарский ССК		хазарский	Средний	
	Нижний hz ₁ ¹				Нижний	

ΓΛΑΒΑ 4

ИНЖЕНЕРНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТОВ

Минеральный состав грунтов относится к числу важнейших показателей, характеризующих условия формирования отложений, и является фактором, определяющим строительные свойства грунтов и их реакцию на нагрузки. В связи с этим минералогические исследования являются составной частью инженерно-геологических изысканий. Проводилось изучение рентгено-дифрактометрическим методом минералогического состава пылевато-глинистых грунтов и отдельно их наиболее тонкой глинистой фракции (< 0,002 мм). Этим же методом исследованы песчаные отложения и их тяжелая подфракция крупностью 0,063–0,125 мм и иммерсионный анализ тяжелых минералов.

Видовой состав минералов во всех исследованных разрезах довольно близок, что неудивительно, так как их источником в подавляющей степени являются волжские наносы. Количественные соотношения отдельных минералов, их структурные особенности связаны, по-видимому, с интенсивностью выветривания пород на суше, длительностью и дальностью переноса, гидродинамическим режимом бассейна, а также диагенетическими изменениями минералов в постседиментационный период.

Из кластогенных минералов преобладает кварц; полевые шпаты представлены как плагиоклазом (альбит-олигоклаз), так и калиевой разновидностью (микроклин). Отношение «кварц : полевые» шпаты колеблется от 3 : 1 в глинистых осадках до 6 : 1 в песчаных. Из полевых шпатов обычно преобладает плагиоклаз (~ 2 : 1). В разных количествах отмечается кальцит, местами магнезиальный. Практически во всех образцах присутствует также амфибол (роговая обманка).

В составе тяжелых минералов преобладают минералы группы эпидота (эпидот и клиноцоизит), на долю которых приходится до 50 % (по данным рентгеновского анализа тяжелой подфракции до 70 % и даже более). В значительных количествах содержится обыкновенная роговая обманка (до 20 % и более), рудные минералы и гранат. Характерно присутствие устойчивых минералов (турмалина, рутила, циркона – до 10 %), дистена, апатита, монацита, силлиманита, сфена и некоторых других. В разрезе отложений и по площади Северного Каспия этот комплекс довольно устойчив и тесно связан с минералогическим комплексом наносов Волги.

Глинистая часть осадков полиминеральна. Представлена она слюдистыми минералами, хлоритом, каолинитом, смектитом. Соотношение между этими минералами приведено в таблице 11.

	минералогиче	ский состав	трунтов								
Слои	Иллит + гидро- слюда	Хлорит	Каолинит	Смектиты							
	Рак	ушечная-1		·							
Новокаспий	30-40 (35)*	12-20 (16)	8-10 (9)	30-50 (40)							
Верхняя хвалынь	25-35 (28)	15-20 17)	7-10 (9)	35-55 (48)							
Нижняя хвалынь	45-50 (46)	15-30 (22)	5-10 (9)	15-30 (22)							
Верхний хазар	18-47 (35)	20-33 (27)	9–15 (11)	13-53 (26)							
Нижний хазар	25-45 (35)	15-20 (17)	18-20 (19)	15-42 (29)							
	Рак	ушечная-2	• · · ·	• · · ·							
Верхняя хвалынь	32-34 (33)	6–7 (6	7-10 (8)	50-54 (52)							
Нижняя хвалынь	35-36 (36)	7-10 (8)	7-10 (9)	45-48 (47)							
	Ші	іротная-1		· · · ·							
Новокаспий	38-55 (46)	10–19 (13)	10-45 (23)	7-26 (18)							
Верхняя хвалынь	15-44 (42)	10-24 (16)	6-24 (17)	10-50 (26)							
Нижняя хвалынь	58-66 (61)	19-25 (22)	4-9 (5)	6-18 (11)							
Хазар	24-67 (48)	14-33 (21)	5-20 (11)	8-52 (19)							
i	Ші	иротная-2									
Новокаспий	40-43 (42)	11-20 (15)	10-11 (10)	29-36 (33)							
Верхняя хвалынь	37	25	25	13							
Нижняя хвалынь	38-47 (44)	21-29 (26)	9-12 (10)	15-24 (20)							
Хазар	29-46 (36)	10-29 (20)	8-15 (12)	16-45 (30)							
Широтная-3											
Новокаспий	32-47 (40)	5-7 (6)	6-10 (8)	36-57 (46)							
Верхняя хвалынь	40-41 (40)	5-12 (8)	7-8 (8)	40-47 (44)							
Нижняя хвалынь	36	6	10	48							
Верхний хазар	25-47 (38)	4-9(7)	7-15 (9)	31-59 (51)							
Нижний хазар	31-34 (33)	5-7 (6)	6-9 (8)	50-57 (53)							
F	Сар	матская-1									
Новокаспий	39	8	6	48							
Верхняя хвалынь	35-49 (41)	5-10 (8)	4-9(6)	37-55 (45)							
Нижняя хвалынь	31-47 (40)	6-12 (9)	5-7 (6)	39–51 (45)							
	Хва	лынская-3									
Верхняя хвалынь	20-27 (24)	20	10-20 (15)	33-40 (36)							
Нижняя хвалынь	37-40 (39)	14-40 (37)	9-14 (12)	10-34 (22)							
	Хва	лынская-5									
Новокаспий	32-40 (35)	5	5-7 (6)	49-56 (53)							
Верхняя хвалынь	36-39 (38)	4-6 (5)	6-9(7)	49–51 (51)							
Нижняя хвалынь	35-49 (44)	6-10 (9)	4-7 (5)	37–52 (40)							
	Хва	лынская-4									
Верхняя хвалынь	32-36 (34)	4-8 (6)	6-8(7)	52-54 (53)							
Нижняя хвалынь	44–50 (48)	8-13 (5)	7–10 (8)	29-40 (34)							
Хазар	39-44 (42)	7-9 (8)	8-14 (11)	34-46 (39)							
<u> </u>	Хва	лынская-2		<u> </u>							
Новокаспий	35-48 (40)	5-7 (6)	7-8(7)	39-52 (47)							
Верхняя хвалынь	40	5-10(7)	8-14 (11)	36-47 (42)							
Нижняя хвалынь	44-50 (48)	8-13 (10)	7–10 (8)	29-40 (33)							
Хазар	39-44 (42)	7-9 (8)	8-14 (11)	34-46 (39)							
Πημμομαμικο: η	ределы колебаний с	crobrar cra	dupp codensie	10							

алогический со М

Из слюдистых минералов повсеместно преобладает иллит – гидратированный слюдоподобный минерал, содержащий до 10 % разбухающих межслоев. Представлен он диоктаэдрическим политипом 2M₁; состав его октаэдрического заполнения несколько меняется по разрезу. Самая высокая степень изоморфного замещения Al³⁺⇔Fe³⁺ наблюдается в серовато-коричневых (нижнехвалынских) глинах – (Al_{1.7} Fe_{0.3})^{YI} на 1/2 элементарной ячейки, тогда как в верхнехвалынских – (Al_{1.8} Fe_{0.2})^{YI}. В пределах же одного стратиграфического горизонта обычно относительно повышенной железистостью характеризуются иллиты из более «глинистых» прослоев.

К гидрослюдам относятся слюдоподобные гидратированные минералы, содержащие от 10 до 20 % разбухающих межслоев. Для гидратированных слюдистых минералов из пород осадочного происхождения отмечается характерная зависимость: степень гидратированности (содержание разбухающих межслоев) увеличивается с ростом дисперсности частиц.

Это подтверждается сравнением рентгенограмм валовых проб осадков и ориентированных препаратов предварительно выделенных из этих проб фракций мельче 1 мкм. Из первых очевидно, что иллит – явно преобладающий глинистый минерал существенно глинистых отложений. В то же время на дифрактограммах фракции мельче 1 мкм содержание слюдистых минералов, как правило, невелико, и диагностированы они могут быть скорее как гидрослюды.

Обобщение минералогических анализов подтверждает, что соотношение между количеством иллита и гидрослюд определяется в основном на водосборных площадях: чем интенсивнее и длительнее материал подвергался процессам выветривания, тем выше будет степень гидратации слюдистых минералов. Конечным результатом такой отрицательной трансформации становится образование минералов со структурой, идентичной структуре монтмориллонита. Однако в составе образованных разбухающих минералов обычно остается часть слюдоподобных пакетов, то есть в структурном отношении эти образования относятся к смешаннослойным иллит-монтмориллонитового состава с преобладанием разбухающих пакетов. Из-за способности разбухать при взаимодействии с органическими жидкостями, а также отсутствия строго упорядоченной структуры их удобнее называть смектитами. Соотношение жестких и разбухающих межслоевых промежутков в составе таких смектитов непостоянное даже в пределах одного образца. Общим же фактом является то, что чем дисперснее осадок, тем больше в его составе смектита; это еще раз почеркивает трансформационное происхождение смектита в породах разреза (табл. 11).

Зависимость между содержанием смектитов в осадке и количеством разбухающих пакетов в последних более сложная, так как на состав межслоевого заполнения оказывают влияние диагенетические процессы, содержание и качество рассеянного органического вещества (POB) и т.д. Процессы длительного и интенсивного выветривания оказывают существенное влияние и на структуру хлорита: частично разрушаются бруситовые прослойки, увеличивается железистость минерала, заметно уменьшается его термоустойчивость. Не исключено, что какая-то часть деградированного хлорита «пополняет» содержание смектита.

Следует остановиться еще на одной важной особенности состава отложений, в особенности глинистых, формировавшихся за счет выветрелых осадочных пород. В настоящее время нет фактических данных о том, что в природных условиях процессы выветривания приводят к полному превращению слюдистых минералов (или хлорита) в монтмориллонит, чего следовало бы ожидать, исходя как с позиций структурной минералогии, так и термодинамических факторов. Деградация структуры слоистых силикатов обусловлена, в первую очередь, измельчением частиц, и не только на макроуровне. Установлено, что измельчение частиц обязательно сопровождается нарушением структурной упорядоченности, чаще всего в направлении оси с (для слоистых силикатов). Если число элементарных ячеек в этом направлении становится ≤ 10 , то кристаллит становится «невидимым» для волн рентгеновского диапазона, то есть рентгеноаморфным, хотя аморфным в общепринятом понятии этого термина может и не быть. Действительно, наибольшее содержание рентгеноаморфного вещества (РАВ) обычно наблюдается в наиболее дисперсных глинистых отложениях, но это совсем не означает, что в отложениях такое количество собственно аморфного вещества, представленного окислами либо органикой.

Основываясь на результатах выполненных минералогических анализов, выводы сводятся к следующему.

1. Идентичность видового состава минералов по всему разрезу плейстоценовых отложений означает, что источником терригенного материала в течение всего времени их накопления были одни и те же породы или почвы, развитые по этим породам.

2. Количественные соотношения между отдельными минералами и структурные особенности последних выявляют различия в условиях осад-конакопления, в основном климата. Кроме того, определенное влияние на состав и соотношение терригенных минералов оказывали изменения уровня Каспийского моря.

ΓΛΑΒΑ 5

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДОННЫХ ГРУНТОВ

Инженерно-геологическое районирование морских акваторий возможно осуществлять по нескольким вариантам. В первом случае исследуемая среда оценивается набором стандартных стационарных показателей, и к ней добавляются факторы, влияющие на эту среду. По такому принципу составляются геоэкологические карты (Вартанян и др., 2000). Общим недостатком таких методик является неучет динамической роли влияющих геоэкологических факторов, что делает применение таких методик не вполне достаточным для проведения районирования территорий, особенно если решается задача комплексных исследований реакции морской окружающей среды (ОС) на внешние воздействия.

При другом подходе исследуется вся природная среда, включая инженерно-геологическую ситуацию в исследуемом регионе. Этот подход позволяет оценить суммарную степень динамического воздействия на ОС в целом и в наибольшей мере учесть взаимодействие всех сред, что является более перспективным, так как оценка состояния осуществляется на основе балльных оценок (Тикунов, 1997 и др.).

Для инженерно-геологического районирования северной части акватории учитываются следующие блоки:

- влияющие факторы;
- показатели влияющих факторов;
- шкалы величин влияния;
- блок расчета весовых коэффициентов влияния.

Инженерно-геологическое районирование донной поверхности базируется на материалах морских промеров, а также на материалах гидролокации бокового обзора, в обобщенном виде представленных в виде планов, и на результатах гидромагнитной съемки. Для интерпретации материалов привлечены данные инженерно-геологического опробования донных грунтов.

Глубины моря в мелководной части акватории меняются незначительно, в интервале 5,1–6,1 м. Крайние значения отмечены в единичных точках: минимальное – на вершинах валообразных возвышений дна на востоке, максимальное – в локальных ложбинах на юго-востоке.

По свойствам и составу донных отложений и характеру рельефа дна Каспийское море обычно разделяется на четыре инженерно-геологических района – прибрежную, северную, среднюю и южную части. Кроме того, в качестве пограничных элементов рельефа, отделяющих эти части моря, выделяют Мангышлакский и Апшеронский пороги. Первый из них, сравнительно слабо проявляющийся в рельефе дна, расположен между Средним и Северным Каспием. Апшеронский порог – хорошо выраженная в рельефе дна возвышенность, отделяющая впадину Среднего Каспия от впадины Южного Каспия (рис. 28).

Геоморфологически дно Каспийского моря можно разделить на шельф, материковый склон и ложе глубоководных впадин. Шельф Каспийского моря ограничен в среднем глубинами около 100 м. Ниже бровки шельфа начинается материковый склон, который в Среднем Каспии заканчивается примерно на глубинах, близких к 500–600 м, а в Южном – 700–750 м.

Глубоководные котловины Каспия носят собственные названия – Дербентская (в Среднем Каспии) и Южнокаспийская. Первая имеет максимальную глубину около 800 м, вторая – около 1 км.

При общей выровненности рельефа дна северной части моря здесь наблюдаются неровности в виде положительных и отрицательных форм рельефа. К первым относятся различные банки и острова, ко вторым – бороздины и замкнутые котловины. Большая часть банок и аккумулятивных островов в Северном Каспии группируется в несколько широтно или субширотно вытянутых зон.

Наряду с банками и островами, существенным элементом рельефа дна Северного Каспия являются так называемые бороздины – вытянутые ложбины, имеющие извилистые очертания, и углубленные относительно прилегающих ровных участков дна на несколько метров. Сеть бороздин известна в пределах взморья дельты р. Волги и протягивается затем на 10–20 км в южном или юго-восточном направлении. Происхождение бороздин связывают со стоком волжских вод, выработанных эрозионными процессами на мелководном взморье.

Важные элементы рельефа дна Северного Каспия – приустьевые взморья рек Терека, Волги и Урала.

Преобладающим типом морских отложений в Северном Каспии является крупный алеврит (пылеватый песок). Наиболее крупные банки сложены на поверхности скоплениями битой и целой ракуши.

По данным геоэкологических работ (рис. 21), на плане проявляется двухуровневый рельеф дна. В северо-западной части дно представляет собой плоскую, гидроакустически «гладкую» поверхность крайне полого с 5,7 до 5,8 м наклоненную на северо-запад. С этой поверхностью смыкаются узкие (до 50–70 м) и глубокие (2–4 м) ложбины широтной и субширотной ориентации (рис. 23, 24).

В восточной половине и юго-западном углу дно представляет собой гидроакустически шероховатую зернистую поверхность, залегающую на более высоком гипсометрическом уровне и осложненную изолированными пологими валообразными формами субширотной ориентировки.

Обращает на себя внимание неровный изрезанный рисунок границы гидроакустически «шероховатой» поверхности, напоминающей план изрезанного морем берега. По внешнему флангу этой «террасы» наблюдается
чередование вдающихся бухтообразных форм и выступающих клиновидных «мысов». В виде «островов» проявляются останцы дневной поверхности.

Как показывают результаты геоэкологических исследований, поверхность дна обусловлена гранулометрическим составом донных грунтов. Гидролокационные планы отражают особенности распределения на площадке двух разновидностей грунтов. На гидроакустически «гладкой» поверхности залегает светло-серый песок мелкий и пылеватый, проявляющийся иногда как обводненный – растекающийся «наилок», а гидроакустически «шероховатая» зернистая поверхность представлена охристокоричневатыми раковинным либо песчано-раковинным грунтом, длительное время подвергавшимся окислительным процессам.

Внешние особенности дна, проявляющиеся в рельефе (рис. 21), и отмеченные особенности состава и распределения донных грунтов могут рассматриваться как признаки проявления эрозионно-абразионных процессов, связанных со сгонно-нагонными течениями. При этом акустически «гладкая» светло-серая поверхность отражает положение мест размыва дна (рис. 23, 24).

В северной части выделяются зоны протяженностью около 300 м с чередованием положительных и отрицательных значений. Границы между повышенными положительными и отрицательными значениями могут интерпретироваться как линейные, предположительно затонувшие антропогенные объекты (рис. 22).

Важнейшей инженерно-геологической особенностью Каспийского региона, включающего акваторию Каспийского моря, является широкое распространение скоплений газа со сверхвысокой упругой энергией на малых глубинах в донных приповерхностных частях осадочной литосферы (рис. 26).

Проявление газов в грунтовых толщах отмечено на сопредельных с Каспийским морем территориях. На юго-западном побережье Каспия «священные огни», представляющие выходы горючего газа на поверхности, наблюдаются в Азербайджане. На западном побережье Каспия «блуждающие огни» отмечались в степных зонах Калмыкии. На северных прибрежных территориях Каспия выделения горючих газов из грунтов на территории г. Астрахани исследовал Г. Нешель в 1863 г. Он отмечал выделения газов на поверхности близ г. Богдо в окрестностях оз. Баскунчак. Залежи горючего газа отмечены на Азау в четвертичных отложениях, аналоги которых погружаются в южном направлении и уходят под акваторию Северного Каспия. В последние годы отмечены мощные проявления грунтовых газов типа грифонов в Азербайджанской акватории Каспийского моря, в прибрежной акватории Черного моря, на прибрежной суше Тамани и т.д. (Аникиев, 1983; Касьянова, 1997; Глумов, 2003 и др.).



Рис. 21. Рельеф дна площади Ракушечная



A



Б

Рис. 22. Рыболовная сеть (А), зафиксированная на сонограмме дна и поднятая перед началом геотехнических работ (Б)



Рис. 23. Рельеф подошвы новокаспийских отложений площади Ракушечная



Рис. 24. Инженерно-геологическая локализация морфологии мангышлакских палеопонижений



Рис. 25. Рельеф кровли среднего песчано-глинистого подкомплекса верхнехазарского комплекса



Рис. 26. Инженерно-геологическая схема расположения газовых аномалий

Отсутствие научно обоснованных методических комплексов прогнозирования газовых аномалий в донных отложениях морских акваторий предопределяет возникновение кризисных ситуаций через осложнения, аварии и потери бурового оборудования в морских скважинах. Достоверное прогнозирование и оперативное выявление скоплений флюидов в донных морских грунтах является важнейшей проблемой освоения энергетических и биологических ресурсов Каспийского моря.

Выделение и оконтуривание таких аномальных объектов выполняется по материалам акустического профилирования дна и сейсморазведочных работ. В соответствии с ВСН 51.2-84, целевым назначением геоэкологических работ является «изучение разреза на предполагаемую глубину установки башмака кондуктора или другой колонн, на которых устанавливается противовыбросовое оборудование».

Инженерно-геологические аномалии типа «газовый карман» или «газоносная залежь» проявляются на разных уровнях грунтового массива, местами практически от поверхности дна (табл. 12). Карты локализации аномалий, зафиксированных по инженерно-геологическим материалам, приведены на рисунке 26. Ниже приводится инженерно-геологическое районирование газовых аномалий на северной акватории Каспийского моря (табл. 12).

Таблица 12

Временной	Временной	Глубина зал кровли,	егания м	Литолого-
уровень	залегания, мс	От поверх- ности моря*	От дна	позиция
«20 мс»	18–25	12–17	6–10	В новокаспийских врезах и мангышлакских палео- пожениях
«18 мс»	16–18	11–13	4,5–6	В верхнехвалынских от- ложениях
«46 мс»	46–48	34–36	27–28	В базальном ракушечном слое хвалынского ком- плекса
«76 мс»	74–78	59–62	53–56	В нижней «песчано-гли- нистой» пачке верхнеха- зарского комплекса
«86 мс»	85–88	68–70	63–64	В кровле верхнего песча- ного слоя нижнехазар- ского комплекса
«110 мс»	108–112	88–90	82–84	В прослоях пылева- тых и возможно песча- ных отложений среди глинистых грунтов нижнехазарского
				комплекса

Характеристика инженерно-геологических аномалий и скоплений свободного газа в донных грунтах

Аномалии уровня «20 мс» приурочены к мангышлакским палеопонижениям; в новокаспийских врезах располагаются в наиболее глубоких их частях на глубине 6–10 м от современной донной поверхности.

Аномалии уровня «18 мс» на сейсмогеологических записях отображаются как контрастно выраженные «яркие пятна», сопровождающиеся многочисленными кратными и зонами потери корреляции. В разрезе по результатам инженерно-геологических исследований устанавливаются геохимические связи их с верхнехвалынскими аллювиально-морскими (дельтовыми) отложениями. Газовые аномалии располагаются в грунтах 4,5–6,0 м ниже поверхности дна. Особенности распределения сейсмогеологических аномалий, фиксирующих вероятные скопления газа аллохтонного типа, демонстрируются на рисунках 27, 28.

Аномалии уровня «46 мс» имеют локальное распространение. Скопления газа приурочены к базальному песчано-раковинному слою хвалынского комплекса, кровля которого залегает в 26–28 м от дна.

Аномалии уровня «76 мс» проявляются в нижней части верхнехазарского комплекса на глубине 53–56 м от дна. Можно полагать, что они обусловлены свободным газом, концентрирующимся в прослоях песчаных и раковинно-песчаных грунтов.

Аномалии уровня «86 мс» прослеживаются в 63–64 м ниже поверхности дна по кровле песчаного слоя на границе верхнехазарского и нижнехазарского комплексов. Газовые аномалии в грунтах Каспийской акватории приурочены к верхнехвалынским аномалиям высоких, вызванных наличием прослоев грунтов, контрастно отличающихся от вмещающих глинистых отложений по литологическому составу и физическим свойствам и связанных с присутствием свободного газа (рис. 27).

Газовые аномалии в донных отложениях Каспийского моря расположены в виде нескольких рядов, вдоль береговых линий (рис. 29).

Инженерно-геологические аномалии выявлены севернее г. Махачкалы и в районе г. Каспийска, а также в районе о. Тюлений прибрежной зоны Дагестана и Калмыкии. По геоэкологическому составу донные газы аномалий относятся к метановому и метан-этановому типам с содержанием этана от 70 до 99 %. В донных отложениях мелководной зоны Калмыкии наблюдается обширная газовая аномалия метана с его тяжелыми гомологами на морском продолжении Каспийского нефтяного месторождения (южный склон вала Карпинского), расположенного на суше у береговой кромки (Глумов, 2003 и др.). Аномалии второго ряда приурочены к локальным поднятиям акватории Ракушечное, Хвалынское, Сарматское и др. На о. Тюлений (северная акватория) донные газы из колодца были исследованы Н.А. Касьяновой (МГУ, 1997 и др.): из воды происходило обильное выделение газа, приводящее к возникновению устойчивой белой эмульсии (пены), которая имеет слабо улавливаемый болотный запах и горит вначале голубым, а затем бледно-желтым пламенем. Результаты геоэкологического и химического анализа состава донных газов приведены в таблице 13.







Рис. 27. Инженерно-геологические аномалии сейсмоакустического уровня «20 мс» в мангышлакских палеопонижениях: а) ниже яркого пятна проявляется эффект затяжки времени (контур тела) – выделено желтым кругом; б) яркое пятно, сопровождающееся зоной потери корреляции (прямоугольная область светло-серого цвета)





Рис. 28. Инженерно-геологические аномалии уровня «18 мс» на сейсмоакустических записях: а) с источником «бумер», б) с источником «спаркер»



Рис. 29. Инженерно-геологический план газовых аномалий на площади Ракушечная

Таблица 13

Место отбора газа	Компонентный состав газа, % объемных		
1	CO ₂	CH ₄	N ₂ + редкие
Колодец на о. Тюлений	0,86	92,94	6,20

Химический состав грунтовых газов на о. Тюлений

На площади Ракушечная признаки свободного газа фиксируются в большинстве стратиграфических комплексах (ССК). Кровля большинства их фиксируется на глубинах 40–60 м от поверхности дна. Нижняя часть (корни) аномалий зафиксирована с большим разбросом: от 90 до 400 м.

Площади, свободные от газа, располагаются в южной половине и по северо-восточном углу акватории (рис. 26).

Таким образом, в верхних частях морской донной толщи наблюдается широкое распространение скоплений свободного газа. Основная масса его сконцентрирована в средней части и в низах верхнехазарского комплекса, где наблюдается чередование песчаных и глинистых грунтов. Основным резервуаром газа является наиболее мощный базальный песчаный слой этого подкомплекса. Вполне вероятно, что за счет миграции флюидов из этого слоя сформировались скопления газа в вышезалегающих пластахколлекторах: прослоях ракуши в глинистой пачке верхнехазарского подкомплекса и в базальном слое ракуши нижнехвалынского подкомплекса. Наличие признаков газа на более низком уровне среди переслаивающейся нижнехазарской толщи дает основание для предположения о поступлении газа из нижележащих глубинных горизонтов. В этом случае наиболее обширные газоносные залежи должны располагаться глубже глинистого нижнехазарского комплекса.

Зоны газонасыщения, имеющие глубокие корни и распространяющиеся вверх по разрезу вплоть до голоценовых отложений, могут служить источником поступления газа в вышезалегающие пласты-коллекторы (ловушки) и формировать грифоны в акватории.

На площади Широтная (месторождение им. Ю. Корчагина) признаки газонасыщенных грунтов отмечаются в большом диапазоне глубин (табл. 12) от поверхности дна. Большинство «ярких пятен» приурочено к верхам нижненехазарского комплекса и связано с линзами и слоями наиболее пористых видов грунтов – песков и ракуши. Они также отмечены в нижней части верхнехазарского комплекса и приурочены к линзам ракуши на глубине 38–39 м, а также к наиболее рыхлым пескам, обогащенным дисперсным органическим веществом. Газовые аномалии являются наиболее интенсивными и образуют несколько крупных полей.

Подавляющая масса «ярких пятен» приурочена к верхнехазарскому сейсмостратиграфическому подкомплексу и располагается на глубинах от

20 до 74 м от поверхности дна. Они локализуются на следующих уровнях глубины:

- уровень «40 мс» (интервал «40–44 мс»), глубина 19–21 м от дна;
- уровень «60 мс» (интервал «60–63 мс»), глубина 33–35 м от дна;
- уровень «75 мс», глубина 44-46 м от дна;
- уровень «80 мс» (интервал «78–82 мс»), глубина 48–51 м от дна;

уровень «95 мс» (интервал «95–96 мс», изредка – интервал «88–90 мс»), глубина 62–63 м (58–59 м) от дна;

• уровень «100 мс» (интервал «98–101 мс»), глубина 67–68 м от дна;

• уровень «110 мс» (интервал «108–110 мс»), глубина около 76 м от дна.

Для верхнехазарского ССК характерна многоярусность в размещении «ярких пятен», выражающаяся в наличии над крупными «пятнами» более мелких. При этом за счет повышенных потерь энергии при отражении и образования по этой причине сейсмической «тени» происходит маскирование под верхними «яркими пятнами» части нижних. Сочетание «ярких пятен» друг над другом отражается в виде комплексных аномалий пирамидального сечения. Общая геоэкологоморфологическая особенность куполовидной формы наиболее крупных «ярких пятен» обусловленна либо первичной морфологией пластов коллекторов, либо вторичной, вызванной миграцией газа.

Геоэкологические аномалии, приуроченные к кровле нижнехазарского ССК, связаны с песками рыхлыми, обогащенными дисперсным органическим материалом. Поровые воды этих песков насыщены газом, выделяющимся при подъеме образцов на поверхность.

Основная масса «ярких пятен» приурочена к верхам нижнехазарского ССК. При этом наиболее обширные «пятна» занимают глубины уровня 40–51 м от дна, приуроченные к кровле мощного слоя песка. Наиболее глубоко залегает кровля у двух аномалий: от 60 до 170 м. Нижняя граница (подошва) выделенных объектов приурочена преимущественно к глубине 180–200 м. Наибольшей глубинностью подошвы геоэкологических аномалий характеризуется глубинами 800 м. Это свидетельствует о сквозном характере газонасыщенности разреза от поверхности дна до глубины 800 м.

Распределение «ярких пятен», их литофациальное и стратиграфическое положение везде практически одинаковы. Самое большое распространение газовых аномалий выявлено в отложениях верхнехазарского ССК и низах нижнехазарского комплекса, где они связаны с линзами и слоями наиболее пористых видов грунтов – песков и ракуши.

Пространственное положение инженерно-геологических аномальных полей на площадях месторождений Ракушечное и им. Ю. Корчагина имеет четкие различия. В пределах первой АТЗ образуют обширные поля и ориентированы преимущественно на СЗ-ЮВ, а в пределах второй они распределяются мозаично, с неявно выраженной ориентировкой (рис. 29). Площадь месторождения «Хвалынское» (табл. 12) весьма неоднородна по степени газонасыщения донного разреза. Наиболее широко они распространены в западной части месторождения. В его центре при опробовании инженерно-геологических скважин наблюдалась дегазация образцов грунта, отобранных на глубинах более 17,5–17,7 м от поверхности дна. Аномальные объекты располагаются на следующих уровнях глубин:

- средняя глубина 15 м от дна;
- средняя глубина 17,5 м от дна;
- глубина 20-22 м от дна;
- глубина 24-26 м от дна;
- глубина 42–43 м от дна.

Таким образом, аномалии проявлены на следующих уровнях глубин (табл. 14):

Таблица 14

Инженерно-геологическое распределение газовых аномалий по глубинам донных отложений

Сейсмические уровни	Глубины от поверхности			
conomination poblim	Моря, м	Дна, м		
«83–85 мс»	63–64	35–38		
«121–123 мс»	94–95	66–68		
«134–135 мс»	106–107	77–79		
«143–147 мс»	114–116	87–90		

В акватории месторождений «Ракушечное» и им. Ю. Корчагина скопления спонтанного газа наблюдаются в пределах практически всех стратиграфических комплексов. Скопления газа отмечаются у самой поверхности дна внутри палеоложбин, выполненных «мангышлакскими» отложениями. Газ данного стратиграфического уровня является автохтонным, генетически связанным с захороненным в этих палеоформах органическим материалом, и относится к типу озерно-болотного. Наиболее обширные площади его распространения наблюдаются в местах, где палеоложбины перекрыты глинистыми грунтами (месторождение Ракушечное). Судя по опробованию донных грунтов, в составе газовых компонентов мангышлакских отложений обнаружен сероводородом.

Наиболее широко распространены скопления газа на глубинах 60–67 м в песчаном слое, залегающим в кровле нижнехазарского комплекса. Они проявляются по горизонту ОГ-5 (табл.14) и локализуются в местах его возвышения. Последнее наиболее отчетливо проявляется при отсутствии выше залегающих аномалий.

В залегающей ниже нижнехазарской глинистой толще геоэкологические аномалии проявляются на разных уровнях до глубин около 100 м от поверхности моря. Они фиксируются в виде коротких ярких отражающих площадок, ограниченных обычно по краям дугами дифракций. При этом также, как и выше по разрезу, над более крупными аномалиями отмечаются более мелкие, свидетельствуя о миграции газа вверх по разрезу.

На Хвалынском месторождении наиболее обширные по площади скопления газа связаны с линзовидным телом, обособляющимся в низах хвалынского комплекса. Геоэкологические аномалии, свидетельствующие о присутствии газа, проявляются как в его верхах, представленных песчаными отложениями с ракушей, так и в подошве в слое раковинных грунтов. По сути, данное линзовидное тело представляет собой крупную газоносную залежь, прослеживаемую на север до Сарматского месторождения и далее его. Кроме этого, признаки газа проявляются выше по разрезу, а также, судя по восточной части месторождения, где не проявляется маскирующее влияние аномалий данного типа, они широко распространены в хазарских отложениях.

Наиболее высоко залегающие газовые аномалии, прослеживающиеся вверх на глубины до 15 м от дна, фиксируют собой геоэкологические «ореолы» газа, поступающие из основной линзовидной залежи. Благодаря таким «ореолам» подтверждается связь ниже проявляющихся аномалий с верхними скоплениями газа. Присутствие газа над газоносным линзовидным телом отмечается на целой серии уровней глубин, приуроченных к прослоям песчаных и пылеватых отложений. На самых восточных участках площади они не зафиксированы.

Сарматское месторождение по распространению геоэкологических аномалий АТЗ и по степени газонасыщения грунтовой толщи аналогично западной части Хвалынского месторождения. На его площади отмечены признаки газа вблизи дна в грунтах мангышлакского комплекса. При этом обнаружено присутствие газа (сероводорода) в перекрывающих их песчано-раковинных грунтах.

Основные скопления газа приурочены к линзовидному телу, залегающему в основании хвалынского комплекса, располагаясь в разрезе его на трех уровнях глубин. Наиболее обширными по площади являются скопления газа в раковинных грунтах базального слоя этого тела, фиксируемого на удалении около 64 м от уровня моря. Газ этих «ореолов» над указанным газоносным слоем локализуется в прослоях пылеватых грунтов и в кровле песчаного слоя, венчающего разрез линзовидного тела. Кроме рассматриваемого тела, признаки газа отмечены в верхах нижнехазарского комплекса.

Наиболее молодыми газоносными осадками являются мангышлакские, локализующиеся вблизи дна в палеозападинах и палеоложбинах. Такой газ, относящийся к типу болотного, наиболее распространен в северных частях акватории, отмечается также на Сарматском месторождении.

На месторождении «Хвалынское» газ из глубинной залежи проникает до слоя глин верхней хвалыни. Наиболее интенсивная миграция газа отмечена между площадями Хвалынская и Сарматская. В региональном разрезе акватории газовые ореолы от линзовидных тел прослеживаются до поверхности дна. В таких местах на дне наблюдается группа микроконусов высотой 60–70 см и микрозападин типа микроформ для мест действия газовых грифонов.

В верхнехазарском комплексе скопления газа наблюдаются повсеместно в северном районе акватории, что объясняется наличием здесь в нижней половине комплекса слоев и валообразных песчаных тел.

На всей Каспийской северной акватории скопления газа отмечены в верхах разреза нижнехазарского комплекса. Они наблюдаются в слое песков и песчано-глинистых грунтов, прослеживаемом в кровле комплекса, и приурочены к прослоям пылеватых грунтов, распространенных в верхах глинистой толщи.

Наиболее высокая степень насыщенности морского донного разреза газом наблюдается на юге территории, начиная от района Сарматского месторождения. Это проявляется как в количестве уровней локализации, так и в площадных размерах газовых скоплений.

ГЛАВА 6

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РАЗВЕДКИ И ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ В МОРСКОЙ АКВАТОРИИ

Разведки нефтяных и газовых месторождений, добыча сырья, работа промыслов и объектов транспортной и трубопроводной инфраструктуры (рис. 30) приводят к существенному росту нагрузки на морскую окружающую среду. Добыча и транспортировка углеводородов относится к особо опасным видам деятельности. В условиях Каспия, где природа крайне чувствительна к внешнему воздействию, а период восстановления экосистем достаточно длителен, это может привести к тяжелым и зачастую необратимым последствиям.

Инженерно-геологические ограничивающие факторы по характеру влияния на направление и масштабы морских геологоразведочных работ можно разделить на экономические, геоэкологические, гидрометеорологические, геологические, навигационные, социально-политические и военные (Коробов, 1999). Воздействия влияющих факторов являются: а) запрещающими, б) благоприятствующими созданию аварийных ситуаций, в) способствующие распространению загрязняющих веществ, и г) затрудняющие работу персонала. Роль влияющих факторов определяется воздействием, которым они играют в процессе выработки технических и управленческих решений.

Целесообразно выделить инженерно-геологические факторы (табл. 15), которые носят ограничивающий характер, представляют непосредственную опасность для окружающей среды и являются интегральной характеристикой условий природопользования. Такой подход полностью согласуется с требованиями к освоению природных ресурсов и строительству объектов, которые в СП 11-102-97 определяются как «комплекс ограничений по природопользованию и условий по сохранению ОС в процессе хозяйственной и иной деятельности».

Комплексный геоэкологический мониторинг морской среды предусматривает единые программу и систему (табл. 15) постоянного слежения и контроля за состоянием геологических объектов и всех взаимосвязанных с ними сред (Питьева, 1993, 1999; Осипов, 1996; Трофимов, Зилинг, 1996, Серебряков, 1999, 2000 и др.).



Рис. 30. Карта нефтегазоносности Северного Каспия

Таблица 15

Инженерно-геологический	мониторин	г морской	акватории
при разведке, добыче и т	ранспорти	ровке нефт	ги и газа

Облект возлей-	Источник воздействия	Пространст-	Временной мас-
ствия		венный мас-	штаб
		штаб	
	Промышленные объекты	Локальный	Кратковременный
	Строительные работы	Локальный	Кратковременный
Атмосферный воздух	Транспортные средства	Локальный	Кратковременный
	Сжигание попутного газа	Локальный	Долговременный
	Резервуарные парки	Местный	Долговременный
	Сброс от стационарных источников	Локальный	Кратковременный
Морские	Дноуглубительные работы	Местный	Кратковременный
поверхностные	Бурение на морском дне	Локальный	Кратковременный
Боды	Строительные работы	Местный	Средневеременный
	Водозабор на технические Локальный и хозяйственные нужды		Кратковременный
	Бурение скважин	Локальный	Долговременный
Геологические недра	Закачка в скважины пластовых вод	Локальный	Долговременный
	Изменение состояния грун- тов и горных пород	Локальный	Долговременный
	Строительные работы	Локальный	До средневремен- ного
Растительность	Отчуждение донных участков под сооружения	Локальный	Долговременный
	Выбросы в атмосферу	До местного	Все масштабы
	Попадение химреагентов	Локальный	Все масштабы
Лонные	Изменение донного рельефа	Местный	Долговременный
ландшафты	Отбор флюидов	Местный	До средневремен- ного

Строительные работы Локальный

Это система повторяющихся и постоянных запланированных геологических и технологических исследований, обеспечивающих оценку состояния геологической среды и прогноз техногенных процессов в ней, а также изменений природных сред в целях эффективного управления ими и снижения или ликвидации негативного воздействия на окружающую среду (Анисимов, 1997 и др.).

Мониторинг должен охватывать стадии проектирования, строительства и эксплуатации. На этих стадиях закладываются технические основы мониторинга, исходя из нормативных требований и опыта геологоразведочных исследований и инженерно-геологических работ осуществляются комплексная оценка масштабов и направления техногенного воздействия на окружающую среду на всех стадиях геологоразведочных и эксплуатационных работ, и обосновываются рациональные и технологически безопасные способы освоения природных ресурсов и оптимальное направление горных работ (рис. 31).

Бурение морских скважин не является безотходным производством (рис. 30): на поверхность выносятся раздробленные горные породы (шлам) и буровые растворы. Буровые растворы подаются на регенерацию, шламовые отходы утилизируются несколькими методами: транспортировкой на сушу, организацией хранилищ и складированием в них. Эти методы, ликвидируя геоэкологическую опасность в зоне бурения, одновременно создают значительную геоэкологическую нагрузку на территории суши, что требует дополнительных затрат по контролю ОС. Утилизация возможна инжекцией отходов в глубинные геологические изолированные горизонты. Этот опыт широко используется не только на суше, но и в морских акваториях (Дальний Восток, иностранные нефтегазоносные провинции).

Захоронение отходов применяется как метод ликвидации не поддающихся экономической обработке материалов и стабилизированных отходов, поскольку миграция их компонентов замедлена процессом стабилизации. Захоронению подлежат отходы с высоким содержанием нефти, солей или биологических материалов, химических веществ или материалов с опасными компонентами, которые могут угрожать экологическим реципиентам.

Инженерно-геологический морской мониторинг подземной инжекции буровых отходов и техногенного состояния морской геологической среды включает следующие основные задачи.

Первая задача заключается в контроле функционирования процессов захоронения промышленных стоков с целью учета объемов закачки и давлений нагнетания, физико-химических параметров закачиваемых промстоков, технологии подготовки промстоков к закачке, технического состояния наблюдательных и нагнетательных скважин, а также объектов и оборудования полигона в соответствии с проектно-нормативной документацией.



Рис. 31. Инженерно-геологический мониторинг источников и путей загрязнений морской акватории

Вторая задача заключается в контроле возможных заколонных или межпластовых перетоков в вышележащие водоносные горизонты с целью предотвращения влияния этих промстоков на пластовые воды и вмещающие породы вышележащих геологических горизонтов, а также на поверхностные морские воды.

Третья задача заключается в прослеживании контура распространения промышленных стоков в поглощающих горизонтах, а также степени заполнения рабочих резервуаров закачиваемыми промстоками для принятия мер по регулированию этих процессов либо по переводу процесса нагнетания в резервные поглощающие горизонты. Структура инженерногеологического комплексного мониторинга состояния геологической морской среды и глубинных литологических горизонтов приведена в таблицах 17–20, в которых изложены виды мониторинга, контролируемые процессы и необходимые виды исследований. Такая структура мониторинга применима для разработки месторождений минерального сырья в различных морских регионах мира.

Таблица 16

Наименование объекта	Причины возникновения	Способ устранения	
Фонтанная арматура	Разгерметизация фланцевых соединений	Отсечь разгерметизированное со- единение закрытием запорной ар- матуры и отключить аварийный участок, устранить утечки	
Трубопроводные системы	Разрыв, утечки через соединения запорной арматуры	Отсечь разгерметизированное со- единение закрытиями запорной арматуры и отключить аварийный участок	
Кавитация насосов	Проскок газа	Остановить насос, повысить уро- вень промстоков в 1–4 раза для увеличения времени отстоя стоков	

Инженерно-геологический мониторинг морских технологических процессов

Таблица 17

Инженерно-геологический мониторинг морских скважин

Параметры	Место	CHORE KOUTPOHE	Частота
контроля	контроля	Спосоо контроля	контроля
Объем промстоков	Щит оператора	Щит оператора Турбоквант	
Давление	Устье, забой	Манометр глубинный, манометр образцовый	Ежесменно
Глубина фактического забоя	Ствол скважины	Шаблон	1 раз в квартал
Техническое состоя- ние эксплуатационной колонны	Ствол скважины	Промысловые геофи- зические исследования	1 раз в квартал
Состояние цементного камня в заколонном пространстве	Ствол скважины	Промысловые геофизические исследования	1 раз в год
Поглощающий горизонт	Ствол скважины	Промысловые геофизи- ческие исследования	1 раз в год
Техническое состояние колонны	Ствол скважины	Промысловые геофизи- ческие исследования	1 раз в год
Уровень пластовых вод	Ствол скважины	Хлопушка, желонка	1 раз в квартал

Продолжение таблицы 17

Глубина фактического	Ствол	Шаблон	1 раз в квартал
Степень открытости интервалов перфора- ции	Ствол скважины	Расчетный	1 раз в квартал
Давление устьевое	Устье скважины	Манометр	1 раз в квартал
Давление по стволу скважины	Ствол скважины	Глубинный манометр	1 раз в квартал
Давление пластовое	Ствол скважины	Глубинный манометр	1 раз в квартал
Химический состав и	Устье скважины	Химический анализ	1 раз в квартал
физические своиства пластовых вод	Статический уровень	Химический анализ	1 раз в квартал

Таблица 18

Инженерно-геологический мониторинг морских отходов

Параметры контроля	Место контроля	Метод контроля	Частота контроля
Уровень промстоков в	Буллиты-	Буллиты- Уровнемер	
емкостях	накопители	УДУ-10	
Расход промстоков	Щит оператора	Турбоквант	Постоянно
Химическийсостав и		Полный	
физические свойства	Устье скважин	и сокращенный	1 раз в неделю
промстоков		анализ	
Нормативные парамет-	Буллиты-	Технологический	Постолицо
ры отходов	накопители	анализ	ПОСТОЯННО

Оценка техногенного воздействия на морскую среду является наиболее существенным фактором мониторинга и контроля возможного загрязнения геологических горизонтов, которые возможны в следующих техногенных случаях:

• переток по затрубному пространству скважин;

• переток через стволы пробуренных ранее и незатампонированных скважин;

• за счет диффузии загрязнителей через толщу глинистых отложений.

Переток стоков в вышележащие горизонты по затрубному пространству недопустим и он не будет иметь места при надежной цементации ствола нагнетательных скважин, поэтому этот путь поступления загрязнения при качественном сооружении скважин практически не учитывается. Скважины, пройденные без надежной изоляции затрубного пространства, квалифицируются как брак и подлежат перебуриванию или переоборудованию.

Переток через стволы пройденных ранее скважин также не должен иметь места, так как они всегда тампонируются. В любом случае прони-

цаемость тампонажа стволов пройденных ранее скважин сравнима с проницаемостью пород геологических горизонтов (Серебряков, 2000 и др.).



а) самоподъемные морские буровые установки СПБУ



б) морские буровые установки на отсыпных площадках

Рис. 32. Морские буровые установки

Таблица 19

Стадии мониторинга	Контролируемые процессы	Виды работ и исследований
Геоморфологиче- ский	Изменение донного ландшафта, рельефа,	Маршрутные, картографиче- ские, дешифровка, отбор проб, анализы
Проектно- разведочный	Обоснование геологических и гидрогеологических параметров	Изучение геологического и гидрогеологического строения
Геодинамический	Сейсмические вертикальные и горизонтальные	Спутниковая геодезия, маркшердерия
Гидрохимический	Состав пластовых вод, их совместимость со стоками	Отбор проб, лабораторный анализ, лабораторное модели- рование
Газохимический	Состав растворенных газов и стоков, газонасыщенность	Пластовые замеры, отбор проб, анализы
Геолиометриче- ский	Миграция флюидов по разло- мам, тектоническая напряженность	Скважинные исследования, отбор проб, анализы
Гидродинамиче- ский	Пластовые давления, режим, продвижение стоков	Замеры уровня, давлений и температуры в скважинах, расчеты
Геофизический	Состояние колонн, межколон- ного и затрубного пространст- ва, цементного камня	Геофизические, термические, акустические, радиоактивные и др.
Технологический	Объемы и давления закачки, состав и свойства промстоков	Замеры параметров закачки, отбор проб стоков, анализы
Гидрологический	Состояние рек, водотоков, озер, состав воды	Исследования, отбор проб, химические анализы
Атмосферный	Климатология, воздушные про- цессы, загрязнение воздуха, ис- точники выбросов	Обследования, замеры, отборы проб, нормирование, анализы
Инженерно- геологический	Физико-механические и несу- щие свойства грунтов, агрессивность среды	Отбор проб грунтов, лабораторные исследования

Инженерно-геологический мониторинг морской геологической среды

При необходимости учета этого пути поступления загрязнения должно быть известно местоположение скважин. Количество воды, перетекающей через стволы скважин, можно рассчитать по зависимости (Антоненко, 1976 и др.):

$$\mathbf{Q} = \pi \mathbf{r}_0^2 \mathbf{\kappa}_0 \frac{\mathbf{P}_{\mathrm{H}}}{\mathrm{Mo}},$$

где r_0 – радиус незатампонированной скважины; κ_0 – коэффициент фильтрации материала, находящегося в стволе (значение κ_0 может приниматься

равным 0,01–0,001 К, где К – проницаемость поглощающего горизонта); Рн – давление нагнетания; Мо – мощность разделяющего непроницаемого глинистого слоя.

Теоретически наиболее реальным путем поступления загрязнения можно считать диффузионное поступление его через разделяющую толщу водоупора. Расчет этого процесса осуществляется по теории диффузии. Диффузия вещества происходит под влиянием градиента концентраций и описывается уравнением:

$$\mathbf{D}_{\Delta} \mathbf{c} = \frac{\partial C}{\partial t},$$

где D – коэффициент молекулярной диффузии; С – концентрация диффундирующего вещества.

В рассматриваемом случае диффузия будет происходить только в вертикальном направлении, поэтому уравнение диффузии упростится до вида:

$$Dz \frac{\partial^2 C}{\partial z} = \frac{\partial C}{\partial t},$$

Это уравнение должно быть решено при следующих краевых условиях:

$$C(z, o) = C(\infty, t) = 0; C(o, t) = C_{H},$$

где Сн – концентрация загрязнителя в поглощающем горизонте.

Решение задачи имеет вид:

$$C = C_{\rm H} erfc \, \frac{z}{2\sqrt{Dt}}$$

Поток загрязнителя через единичное сечение разделяющего слоя равен:

$$q = Dz \frac{\partial c}{\partial z} / z = 0 = C H Dz \frac{1}{\sqrt{\pi Dt}} exp(-\frac{z^2}{4Dt}).$$

Коэффициент молекулярной диффузии в глинистых породах не превышает 10^{-5} м²/сут, на самом деле он значительно меньше (на порядок и более). Тогда при мощности слоя водоупора M = 400 м концентрация загрязнителя, достигающего кровли водоупора, составит:

$$C = C_{\rm H} \operatorname{erfc} \frac{400}{2\sqrt{10^{-5} \times t}} = C_{\mu} \operatorname{erfc} \frac{200000}{\sqrt{10t}}$$

Отсюда видно, что даже при $t = 10 \times 10^6$ сут = 2750 лет концентрация загрязнителя останется практически равной нулю.

Масса загрязнителя, диффундирующего через кровлю поглощающего горизонта в породы разделяющего водоупора, составит:

$$q = C_{H} \times 10^{-5} \times \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot 10^{-5} \times 10^{6}}} \times exp(-\frac{O}{4 \cdot 10^{-5} \times 10^{6}}) = 16 \times 10^{-6} \times C_{H}$$
$$\frac{\kappa^{2}}{cym \cdot m^{2}},$$

то есть это такая величина, которую можно не принимать во внимание.

Таким образом, возможность загрязнения вышележащих водоносных горизонтов при соблюдении геоэкологических, геологических и технологических регламентов работ в ближайшие сотни лет практически исключена.

Уровень загрязнения инженерно-геологической среды оценивается наличием фоновых значений ЗВ в воде и донных отложениях, влияющих на режимы сбросов в море, водопользования, операции дампинга грунта и технологии дноуглубительных работ может привести к установлению весьма жестких нормативов природопользования и в первую очередь ПВД и ПДС, достижение которых сопряжено с существенными технологическими трудностями, а то и совсем окажется невозможным.

В соответствии с Постановлением Госкомсанэпиднадзора от 06.02.1992 г., на территории России продолжают действовать 53 сочетания веществ, обладающие суммарным эффектом при совместном присутствии. Сумма отношений их концентраций C_i к ПДК_i не должна превышать единицы при расчете по формуле (31 и др.):

$$\frac{C_1}{\Pi \not\square K_1} + \frac{C_2}{\Pi \not\square K_2} + \frac{C_3}{\Pi \not\square K_3} + \ldots + \frac{C_i}{\Pi \not\square K_i} \le K$$

По этой формуле можно установить пределы допустимого уровня загрязнения атмосфенрого воздуха для ингредиентов, обладающего эффектом неполной суммации (К < 1), или эффектом потенцирования – взаимного усиления действия друг друга при совместном присутствии (К < 1).

Для водных объектов существуют две категории ПДК: санитарногигиенические и рыбохозяйственные. Первые применяются для водоемов и водотоков, из которых осуществляется забор воды для питьевых и хозяйственных нужд, вторые – для водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение, в том числе для морских акваторий.

В качестве инженерно-геологического критерия загрязненности морских поверхностных вод применяется индекс загрязненности вод (ИЗВ), рассчитываемый по формуле («Временные методические указания…», 1986):

$$\mathcal{U}3B = \sum_{i=1}^{6} C_{i} / \Pi \mathcal{I} \mathcal{K}_{i} / 6,$$

где C_1 – средняя за год концентрация ЗВ. В состав показателей качества вод в обязательном порядке включают растворенный кислород и БПК_{5.} При равенстве концентраций остальных ингредиентов предпочтение отдается веществам, имеющим токсикологический признак вредности. Для комплексной оценки загрязнения водных объектов в качестве мониторингового критерия можно использовать суммарный показатель загрязнения, предложенный в работе Ю.Е. Сает с соавторами (1990), учитывающий загрязнение как воды, так и донных отложений:

$$Z_{C} = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{i}}{C_{\phi}} - (n-1),$$

где c_1 – концентрация ЗВ, c_{ϕ} – фоновая концентрация ЗВ, n – число учитываемых элементов. Суммарный показатель загрязнения допускается применять и для оценки загрязнения донных грунтов («Оценка…», 1996) (табл. 20).

Таблица 20

в морских грунтах					
	ПДК почвы		Показатели	вредности	
Вещества	с учетом	Транспока	Миграционный		05.00
	фона (Кларк)мг/	ционный	Водный	Воздуш- ный	санитарный
		Подвижная	форма		
Медь	3,0	3,5	72,0	_	3,0
Никель	4,0	6,7	14,0		4,0
Цинк	23,0	23,0	200	_	37,0
Кобальт	5,0	25,0	Более 1000	—	5,0
Валовое содержание					
Марганец	1500,0	3,500	1500,0	_	1500,0
Ванадий	150,0	170,0	350,0	-	150,0
Свинец	30,0	35,0	200,0	_	30,0
Хлористый калий	560,0	1000,0	560,0	1000,0	5000,0
Нитраты	130,0	180,0	130,0		225,0
Бенз(а)пирен	0,02	0,2	0,5	_	0,02
Бензин	0,1	_	_	0,1	_
Бензол	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0
Толуол	0,3	0,3	100,0	0,3	50,0
Сероводород	0,4	160,0	140,0	0,4	160,0
Серная кислота	160,0	180,0	380,0	_	160,0

Мониторинг предельно допустимых концентраций веществ в морских грунтах



в которой S_i – площадь ареала, S – площадь рассматриваемого района, R_i – ранг охраняемого вида. При оценке S_i необходимо исключить площади попадающих в данный ареал.

Нефтяные разливы и распространение нефти в море имеют принципиально иной характер, отличающийся от суши. Наибольший ущерб нефтяные разливы доставляют при загрязнении берегов, поэтому целесообразно оценивать угрозу поражения побережья по времени достижения берегов нефтяным пятном. При таком подходе возникает неопределенность в оценке времени, вызванная закрытым характером акватории Каспийского моря: при ветрах южного и юго-восточного румбов нефтяное пятно будет уходить в северную часть моря и далее к западному берегу и дельте Волги.

Нефтяные разливы из всех видов химического загрязнения при разработке нефтяных месторождений и транспортных операциях – самые опасные по своим последствиям для морских и сухопутных экосистем. Борьба с нефтяным загрязнением и его последствиями требует больших затрат и не всегда эффективна.

Для закрытой акватории Каспия скорость дрейфа нефтяного пятна может быть оценена по дрейфовому коэффициенту (Кормак, 1989), значение которого колеблется в пределах 2–4 % от скорости ветра. Тогда среднее время достижения ближайших берегов находится по соотношению:

$$Tcp = \frac{1}{n} \sum \frac{L_i}{kWi, \max},$$

где L_i – расстояние до берега, вдоль которого дует ветер, k – дрейфовый коэффициент, $W_{i \max}$ – максимальная скорость ветра (по румбам). n – количество рабочих румбов. Для оценочных расчетов по данной формуле скорость ветра можно принять постоянной вдоль направления.

Циркуляция атмосферы обусловлена основными типами барических образований в атмосфере – циклонами и антициклонами, представляющими собой макротурбулентные вихри с горизонтальными размерами от сотен до тысяч километров (Зверев, 1977). Не меньшее значение для динамики атмосферы имеют атмосферные фронты – особые узкие переходные зоны между воздушными массами. От состояния атмосферы зависит величина механического воздействия на сооружения, пропорциональная квадрату скорости ветра. От ветровой циркуляции зависит интенсивность переноса ЗВ в воздухе и опосредованно, через вызываемые ветром дрейфовые течения в водной среде. В большинстве случаев скорость ветра W аппроксимируется распределением Фреше (Рожков, 1979):

$$F(W) = \exp\left\{-A\left(\frac{W}{W_{0.5}}\right)^{-\bar{y}}\right\},\,$$

где $A = ln \ 2 = 0.693$, $W_{0.5.}$ – медианное значение. Если ряды наблюдения короткие для построения надежных функций распределения или рассматриваемая территория покрыта сетью гидрометеорологических станций, данные наблюдений за ветром репрезентативны для исследуемых участков. Максимальные значения наблюденного ветра будут достаточными для сравнения, их можно взять в качестве геоэкологического критерия.

Волнения, ветровые волны и зыбь оказывают механическое воздействие на подводную и надводную части сооружения, а также на размыв донных отложений вокруг основания геолого-технических установок (СНиП 2.06.04-82). Недооценка этих факторов при проектировании и строительстве стационарных геолого-технических сооружений может привести к трагическим последствиям. Так, в Мексиканском заливе с 1948 по 1973 г. произошло 25 крупных аварий стационарных буровых платформ, причиной 22 из них были волновые перегрузки. Такая же статистика наблюдается и в последние годы (Faullkner, 1977). Волнами размываются дно, особенно на прибрежных мелководьях, где возникает целый спектр волновых течений: энергетические, градиентные, разрывные, компенсационные и др. (Каплин и др., 1991). Волнами интенсивно перемешиваются морские воды, что содействует усиленному распространению загрязнений в водной среде.

Распределение средних высот волн h на глубокой воде подчиняется распределению Вейбулла (Рожков, 1979):

$$F(h) = \exp\left\{-A\left(\frac{h}{h_{0.5}}\right)^{y}\right\},\,$$

или логнормальному распределению:

$$F(z) = \frac{1}{\sigma_z \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} \exp\left[-\frac{(z-a_z)^2}{2\sigma_z^2}\right] dz,$$

где $z = \ln h$, $a = \ln h$ – среднее значение логарифмов высот волн, σ – среднее квадратическое отклонение логарифмов высот волн.

Инженерно-геологическое влияние мелководья учитывается последовательным умножением средних высот волн на соответствующие коэффициенты.

Наличие опасностей, к которым, прежде всего, относятся затонувшие и затопленные корабли, остатки сооружений, районы свалки грунта и подводные скалы, повышает риск аварий плавсредств и ограничивает использование акваторий. В качестве геоэкологического показателя безопасности можно принять вероятность опасностей, а в качестве критерия – оценку этой вероятности. В «Практическом кораблевождении...» (1989) для ее вычисления рекомендуется приближенная формула:

$$P=\prod_{i=1}^n P_i,$$

где P_i – вероятность беспрепятственного прохода *i*-й навигационной безопасности, расположенной на удалении D_i от линии пути корабля; n – общее количество навигационных опасностей. Вероятность одной навигационной опасности вычисляется по формуле:

$$P_i = 1 - \exp\left(-\frac{D_i}{M_i}\right)^2,$$

где D_i — кратчайшее расстояние до *i*-й навигационной опасности, M_i — средняя квадратичная погрешность места в точке на линии пути, расположенной на кратчайшем расстоянии от *i*-й навигационной опасности. Величину M_i рассчитывают по формуле:

$$M_{i} = \sqrt{M_{0}^{2} + (0.7K_{c}t)^{2}},$$

в которой M_0 – средняя квадратичная погрешность последней обсервации, мили; K – коэффициент точности счисления; t – интервал счисления от последней обсервации до данной точки, ч.

На основании выделенных геоэкологических факторов и критериев их оценки возможна разработка экспертной системы для ранжирования акваторий по степени влияния ограничений на объекты промышленной и транспортной инфраструктуры при освоении северного Российского сектора Каспийского моря (табл. 21).

Таблица 21

Показатель	Критерий	Принцип оценивания
Близость ООПТ	Удельная сумма кратчайших расстояний от терминала	Наибольшая сумма – минимальный балл, наименьшая сумма – максимальный балл
Биологическая значи- мость акватории	Суммарная концентрация биогенных элементов	Наименьшая сумма – минимальный балл, наибольшая сумма – максимальный балл
Уровень загрязненности морских вод	Суммарная концентрация основных ЗВ	Наименьшая сумма – минимальный балл, наибольшая сумма – максимальный балл
Уровень загрязненности донных отложений	Суммарная концентрация основных ЗВ	Наименьшая сумма – минимальный балл, наибольшая сумма – максимальный балл
Нефтяное загрязнение при аварийных разливах	Сумма минимального времени достижения ближайших берегов	Наибольшая сумма – минимальный балл, наименьшая сумма – максимальный балл

Геологический мониторинг морской нефтегазовой инфраструктуры

Таким образом, инженерно-геологический мониторинг морской окружающей среды, проводится (табл. 19–21) в целях контроля за изменением параметров ОС. Под мониторингом понимается система повторных наблюдений элементов окружающей природной среды в пространстве и времени, осуществляемых в определенных целях в соответствии с заранее подготовленной программой (Munn, 1973). Инженерно-геологический мониторинг (табл. 13) подразделяется на региональный и производственный. Региональный охватывает определенную физико-географическую область и осуществляется государственными органами. Производственный мониторинг в обязательном порядке осуществляется на каждом промышленном предприятии, в том числе на промыслах и объектах транспортной инфраструктуры.

Таблица 22

Концепция инженерно-геологического мониторинга поисков, разведки, добычи и транспортировки нефти и газа

Ограни- чения	Факторы	Показатели	Критерии	Назначение	Примечение
Геоэколо- гические	Особо охраняемые зоны и территории	Ранг	Удельная площадь	ФИЗ ДОН ОИ	При размещении хотя бы од- ного стационарного объекта на территории заповедника или национального парка дан- ный вариант исключается из рассмотрения ввиду невоз- можности реализации проекта
	Водоохранные зоны Уровень загрязне- ния ОС	Ранг ПДК	Отношение средне- взвешенного расстоя- ния до входящих в зо- ну объектов	Все стадии	Для атмосферного воздуха в ка- честве показателя может быть использован ПДК, в качестве критерия – его знание
	Зоны повышенной биопродуктивно- сти и места обита- ния охраняемых видов флоры и фауны	Для моря – кон- центрация биоген- ных элементов	Средний ранг охран- ных зон: Атмосфера – ИЗА Поверхностные воды – ИЗВ, суммар- ный показатель загряз- нения Суммарная кон- центрация биогенных элементов	ФИЗ ДОН	
			103		

	Нефтяные разливы	Ареал распостра- нения охраняемых видов. Для моря – модуль скорости ветра	Сумма нормированных площадей	ДОН, ОИ Все стадии	С учетом ранга охраняемых ви- дов. Проливы и воды, имеющие пространственный масштаб за- грязнения на 2–3 порядка меньше, не учитываются
Гидроме- теороло- гические	Циркуляция атмосферы	Температура воздуха Число дней с туманом за год	Среднее время дости- жения ближайших берегов	Все стадии	При невозможности получе- ния этих величин берется мак- симальная скорость ветра на ближайших метеорологиче- ских станциях
	Термический режим Туманы	Среднее число дней в году	Климатические	Все стадии	_
	Опасные гидроме- теорологические явления	Модуль скорости суммарного течения	Скорость ветра, воз- можная один раз в 50 или 100 лет	Все стадии	_
	Циркуляция вод	Средняя высота волн	Средняя минимальная температура за год Наибольшее число дней с туманом за год Сумма дней с опасны- ми гидрометеорологи- ческими явлениями по	Все стадии Все стадии Все стадии	В качестве критерия используется средневзвешенный ранг

			всем наблюдаемым элементам Скорость суммарного	Все стадии	
			течения Максимальная ско- рость дрейфа	Все стадии	
			Средняя высота волны	Все стадии	
Сейсмо- логиче- ские	Волнение	Размах колебаний Модуль скорости дрейфа льда Торосистость ле- дяных полей	Максимальный размах Балл	ФИЗ ДОН Все стадии	В качестве критерия исполь- зуется средневзвешенный ранг
	Уровень Ледовые условия Магнитуда земле- трясений ММП	Балл		Все стадии	В качестве критерия исполь- зуется средневзвешенный ранг
Геологи- ческие	Устойчивость дон- ного разреза	Температура почв и грунтов, по ство- лу скважины	Ранг зоны деформации	Все стадии	При попадании хотя бы одно- го стационарного объекта в районы, где запрещены рабо- ты, связанные с касанием дна и лноуглубительные работы
	Литология донных отложений Динамика наносов	Тип берегов Устойчивость мор- ского дна к размыву			данный вариант исключается из рассмотрения ввиду невоз- можности проекта

	Газовые проявле- ния Особенности па- леорельефа Состав бурового шлама	Технические и технологические параметры		Все стадии	
	Состав бурового раствора				
	Состояние сква- жинных колонн		Оценка глубины залегания		
	Состояние цемент- ного кольца		Среднегодовая температура		
	Состояние трубо- проводов и инфра- структуры		Ранг устойчивости		
Военно- политиче- ские	Экономические зоны, государстве- но-политические территории и эле- менты	Бинарный ранг равный единице при пересечении режимного района и нулю – при от- сутствии таких районов вдоль трасс	Относительная протя- женность трасс, прохо- дящих по территории (акватории) режимных районов		

Навига-	Наличие ледяного	Длительность на-	Количество дней, когда	Расчет глубин производится
ционные	покрова	вигации без при-	море свободно ото льда	для каждого типа буровой ус-
		менения ледоколов		тановки и вспомогательного
				судна
	Распределение	Глубина, при ко-	Длина трассы, где име-	
	глубин	торой начинает	ет место влияние глу-	
		проявляться сни-	бин	
		жение мореходно-		
		сти судна		
	Наличие	Полная вероят-	Оценка вероятности	
	опасностей	ность прохода		
		опасностей		

ΓΛΑΒΑ 7

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ МОРСКИХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ

Как показано в предыдущих главах, грунтовые толщи Российского сектора Каспийского моря содержат компоненты, осложняющие постановку морских буровых установок и проходку верхних интервалов морских поисково-разведочных скважин и влияющие в целом на безопасность буровых работ (рис. 32). К числу этих неблагоприятных геологических образований относятся залежи неконсолидированных, «слабых» по деформационно-прочностным свойствам грунтов повышенной мощности и скопления в верхней части разреза свободного («защемленного») газа.

В качестве наиболее вероятных мест локализации слабых грунтов повышенной мощности являются палеопонижения, выполненные неконсолидированными глинистыми и органо-минеральными грунтами, а также пересекающие площадку молодые (новокаспийские) врезы. Следует учитывать возможность присутствия аналогичных «слабых» грунтов среди новокаспийских и верхнехвалынских отложений.

Распределение основных компонентов, характеризующих особенности инженерно-геологических условий, отображено на рисунках 33–35 и таблице 22.

Глубина моря относительно среднего многолетнего уровня в местах постановки морского бурения должна иметь оптимальное значение 5–6 м для стационарных буровых установок или иметь глубины в соответствии с техническими нормами для плавучих буровых установок.

Дно в местах постановки буровых объектов должно быть плоским, на поверхности должен залегать песок пылеватый рыхлый – «песчаный наилок», либо дно должно быть сложено раковинным грунтом.

Уклон дна должен быть предпочтительно в пределах величин 0,004-0,007.

В сфере взаимодействия опор морских буровых установок с грунтовым основанием не должны быть «геологические опасности». Грунтовые основания морских буровых установок в верхних интервалах донных отложений на глубинах до 27 м от поверхности дна сложены новокаспийскими и хвалынскими отложениями, среди которых на основе инженерногеологического статического зондирования и лабораторных исследованиях по показателям состава и свойств подразделяются на 8 инженерногеологических элементов ИГЭ (табл. 22).


Рис. 33. Карта инженерно-геологического районирования Каспийского моря О.А. Серебрякова (по материалам И.Ф. Глумова, Н.А. Касьяновой, ОАО «Лукойл», «Газпром», «Моринжгеология» и др. с добавлениями и уточнениями автора) 1 – бровка (перигиб) шельфа; 2 – подножие склона; 3 – контур глубоководной впадины; 4 – бровка и поверхность древнего шельфа; 5 – абразионные уступы на различных глубинах моря; 6 – оси современного наибольшего прогибания; районы развития: 7 – оползней; 8 – временных потоков; 9 – граница Уральской бороздины; 10 – следы древних русел рек; 11 – абразионный скульптурный рельеф; 12 – оси основных антиклинальных зон; 13 – грязевые вулканы; 14 – авандельта р. Волги; шельф: 15 – абразионный, 16 – аккумулятивный; 17 – участки мелкорасчлененного рельефа, связанного с новейшими поднятиями; 18 – границы геоэкологических зон; МПВ – морская часть Прикаспийской впадины; СКНГБ – Северо-Каспийский бассейн; СРКНГБ – Средне-Каспийский бассейн; ЮКНГБ – Южно-Каспийский бассейн Строение разреза грунтового основания и основные характеристики физико-механических свойств отражены на рисунке 35. Обобщенная характеристика грунтового основания – расчетная геоэкологическая и геотехническая модель донных оснований, содержащая геоэкологические параметры геоэколого-литологических, геоэколого-инженерных и физикомеханических свойств ИГЭ и данные об их мощности в проектных точках размещения морских буровых установок, приведены в таблице 23, на рисунках 33, 34.

Геоэкологические особенности грунтовых оснований зон постановки морских буровых установок заключаются в следующем. В верхней части разреза до 15,4–16,0 м от дна преобладают пески, ниже до 27 м от дна залегает глинистый грунт, находящийся в мягко- и тугопластичном состоянии. Согласно значениям характеристик прочности, внедрение опорных колонн СПБУ в грунт не превысит предельно допустимых значений (до 7 м) и составит, в соответствии с нормативными исследованиями, около 4,0–4,5 м.

Для оценки условий проходки верхнего интервала поисковоразведочных скважин и определения величины заглубления водоотделяющих (направляющих) колонн на основе изложенных результатов работ приведена сводная проектная геоэколого-литологическая колонка (рис. 35); она отражает распределение по разрезу на глубины до 130 м от дна двух групп грунтов – связных (глинистых) и несвязных (песчаных и раковинных).

Из сводных инженерно-геологических материалов следует, что верхний интервал до глубины около 73 м от дна представляет чередование глинистых грунтов и песчаных, песчано-раковинных водопроницаемых отложений, способных к обвалам и осыпанию со стен скважины, поглощению подаваемой под большим давлением промывочной воды.

Несвязные разновидности грунта прослеживаются от дна на глубину до 15–16 м, залегают также в интервале 27–31 м, переслаиваются с глинистыми грунтами в интервале около 50–63 м и обособляются в виде слоя мощностью около 9–10 м в интервале 63–73 м. В последнем слое отмечаются признаки скопления свободного газа.

Таким образом, места расположения проектных морских установок должны располагаться за пределами и на значительном удалении от глубоких новокаспийских врезов и мангышлакских палеопонижений, включающих «слабые» глинистые и органо-минеральные грунты большой мощности.

С учетом инженерно-геологических материалов, в таблице 23 представлена прогнозная инженерно-геологическая характеристика грунтовых оснований с использованием расчетных показателей свойств грунтов.

Для оценки условий проходки морскими поисково-разведочными скважинами верхнего интервала донного разреза и определения величины заглубления направляющей (водоотделяющей) колонны следует руководствоваться данными, приведенными на рисунках 34 и 35. При этом следует учитывать наличие в нижнехазарском «глинистом» горизонте среди консолидированных глинистых грунтов в интервале до 82–84 м от дна прослоев пылеватых и песчаных грунтов, содержащих повышенное количество растворенного, а местами, возможно, свободного газа. Для уточнения геоэкологической и геотехнической характеристик донных грунтов при постановке оснований морских буровых установок целесообразно оперативное выполнение в пределах контура разведочной площадки инженерно-геологического бурения методом «конверта», а также геоэкологическое комплексное зондирование до глинистых грунтов нижней хвалыни, на глубину до 16–17 м от поверхности дна (рис. 36).



Рис. 33. Геоэкологические условия поверхности дна для обоснования точки бурения поисково-разведочной скважины



Условные обозначения

Инженерно-геологические элементы

- Песок мелкий и пылеватый средней плотности с тонкими слойками раковинного детрита
- Песок пылеватый, местами мелкий, средней плотности с редкими включениями раковин пресноводных видов
- Супесь текучая и пластичная с прослоями песка пылеватого глинистого. с включениями растительных остатков и мелкого раковинного детрита
- Супесь пластичная и твёрдая, постепенно замещающаяся в низах песком пылеватым глинистым
- Песок пылеватый средней плотности и плотный с редкими тонкими слойками глинистого грунта, в подошве скопление раковинного детрита
- Песок мелкий средней плотности с тонкими прослойками глинистого грунта, с рассеяными включениями мелкой раковинной крошки и скоплениями более крупного
- Раковинный грунт плотный песок крупный ин гравелистый, карбонатный, чередующийся с песком мелким
- Тлина мягко- и тугопластичная с прослойками песка пылеватого в верхней половине слоя
 - растительный детрит рассеяный
 - инженерно-геологическая скважина и её номер. внизу указана глубина моря
 - скважина статического зондирования и её номер. внизу указана глубина моря
 - график удельного сопротивления грунта под конусом

расчетные значения физико-механических свойств грунтов · нормативные значения по данным статического Terrar and the second second



Таблица 23

Инженерно-геологическая расчетная модель грунтового основания для постановки морских буровых установок

Геоэкологические параметры										
№ ИГЭ	Мощность и глубина залегания подошвы ИГЭ (м) под опорными колоннами			Эколого-литологические параметры	Геоэколого-инженерные параметры					
					Y aha	Ω.	C.	E	S.,	
	Носовой	Кормовой правой	Кормовой левой		кН/м ³	ү, град	кПа	Д, МПа	~u, к∏а	
ИГЭ-1	0,87/0,87	0,64/0,64	0,65/0,65	Песок мелкий и пылеватый средней плотности с тонки- ми слойками раковинного детрита	9,1	36	10	10,5	_	
ИГЭ-2	1,63/2,50	1,90/2,54	1,60/2,25	Песок пылеватый, местами мелкий, средней плотно- сти с редкими включения- ми раковин пресноводных видов	8,4	28	17	8,6	_	
ИГЭ-3	1,50/4,00	1,26/3,80	1,85/4,10	Супесь текучая и пластич- ная с прослоями песка пы- леватого глинистого, с включениями раститель- ных остатков и мелкого раковинного детрита	9,0	23	16	7,6	(138)	

Продолжение таблицы 23

ИГЭ-4	2,60/6,60	3,20/7,00	2,50/6,60	Супесь пластичная и твердая постепенно заме- щающаяся в низах песком пылеватым глинистым	10,3	32	10	23,1	(159)
ИГЭ-7	0,60/14,35 0,33/15,3	0,90/14,8 0,45/15,95	3,30/15,30	Раковинный грунт плот- ный – песок крупный и гравелистый, карбонат- ный, чередующийся с песком мелким	(10,1)	(37)	(7)	(62)	_
ИГЭ-8	> 9,90/25,2	> 9,05/25,0	> 9,70/25,0	Глина мягко- и тугопла- стичная с прослойками песка пылеватого в верх- ней половине слоя	8,2	8	60	8,7	68

Примечание: 1) по γ_{sb}, **I**_L, φ, **C**, **S**_u, и **E** расчетные значения при α = 0,95; 2) в скобках приведены нормативные значения по данным интерпретации результатов статического зондирования



Рис. 35. Сводная проектная инженерно-геологическая-литологическая колонка для планируемых морских поисково-разведочных скважин



Рис. 36. Инженерно-геологический разрез для проектной постановки морских поисково-разведочных скважин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аэрогидросиноптические геоэкологические условия акватории влияют на масштабы и технологию морских геологоразведочных работ. Установлены геоэкологические условия газоносности донных грунтов северной части Каспийского моря, необходимые для обоснования техники и технологии геологоразведочных работ, эксплуатации буровых установок, добычи и транспортировки нефти и газа в акватории. Выполнено геоэкологическое районирование донного рельефа северной акватории и обоснованы геоэкологические факторы постановки геологоразведочных и эксплуатационных морских буровых установок. Исследованы особенности строения и геоэкологические функции геологического разреза донных грунтов для обоснования перспектив нефтегазоносности исследуемой территории. В работе впервые предложена концепция геоэкологического мониторинга поисков и разведки, эксплуатации бурового оборудования, добычи и транспортировки нефти и газа в Российском секторе Каспийского моря. Впервые предложена для условий Каспийского моря математическая модель оценки геоэкологического состояния морской окружающей среды.

Практическое значение работы состоит в использовании ее результатов при производстве морских поисково-разведочных и эксплуатационных работ, добыче и транспортировке нефти и газа и разработке инженерногеологических рекомендаций по районированию донного рельефа для оптимального выбора участков расположения морских буровых установок, направления геологических работ, а также минимизации техногенного воздействия на морскую окружающую геоэкосистему при проведении поисков, разведки, добычи и транспортировки углеводородного сырья в акватории Каспийского моря.

Выводы и рекомендации можно применять на производстве работниками нефтяной и газовой промышленности геологоразведочных и инженерно-геологических предприятий преподавателями и аспирантами вузов, а также студентами специальности «Науки о Земле».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алиханов, Э. Н. Геология Каспийского моря / Э. Н. Алиханов. – Баку, 1978. – 189 с.

2. Алиханов, Э. Н. Геология и нефтегазоносность Каспийского моря / Э. Н. Алиханов. – М., 1964.

3. Алиханов, Э. Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Южно-Каспийской впадины / Э. Н. Алиханов, А. А. Геодекян и др. // Доклады на выездной сессии отделения наук о земле АН СССР. – М., 1966.

4. Антонов, П. Л. О диффузионной проницаемости некоторых глинистых горных пород / П. Л. Антонов // Геохимические методы поисков нефти и газа. – М. : Гостоптехиздат, 1954.

5. Апресов, С. М. Роль дизьюнктивной дислокации в нефтяных месторождениях / С. М. Апресов. – М. : Азнефтеиздат, 1947.

6. Апресов, С. М. Нефтяные месторождения зарубежных стран / С. М. Апресов, А. А. Якубов. – М. : Азнефтеиздат, 1948.

7. Архангельский, А. Д. Условия образования нефти на Северном Кавказе / А. Д. Архангельский. – М. : Изд-во АН СССР, 1927.

8. Аствацатуров, С. А. Перспективы нефтегазоносности меловых отложений северо-восточной периферии Малого Кавказа в пределах АзербССР / С. А. Аствацатуров // АНХ. – 1960. – № 10.

9. Багир-Заде, Ф. М. Классификация залежей нефти и газа Азербайджана / Ф. М. Багир-Заде. – Азнешр, 1960.

10. Багир-Заде, Ф. М. Основы морской нефтегазоносной геологии / Ф. М. Багир-Заде, П. А. Буряковский. – Баку, 1974. – 126 с.

11. Бакиров, А. А. Главнейшие этапы развития взглядов на происхождение нефти в отечественной науке. Происхождение нефти / А. А. Бакиров. – М. : Гостоптехиздат, 1955.

12. Бакиров, А. А. О классификации и геотектонических закономерностях размещения крупных территорий (региональных зон) нефтегазонакопления в земной коре. Проблемы нефти и газа / А. А. Бакиров // Труды МИНХ и ГП. – 1959. – Вып. 24.

13. Баркан, Е. С. Перспективы газоносности больших глубин / Е. С. Баркан, В. П. Якуцени // Советская геология. – 1981. – № 4. – С. 6–15.

14. Безродных, Ю. П. Особенности строения и состав верхней части четвертичной толщи Северного Каспия / Ю. П. Безродных, С. В. Делия, В. М. Сорокин // Геология океанов и морей : тез. докл. XIII Междунар. школы морской геологии. – М. : Изд-во ГЕОС, 1999. – Т. II. – С. 93–94.

15. Безродных, Ю. П. Применение сейсмоакустических и сейсмических методов для изучения газоносности грунтов Северного Каспия / Ю. П. Безродных, С. В. Делия, В. П. Лисин // Экология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2001. – № 5. – С. 476–480.

16. Безродных, Ю. П. Опыт применения сейсмоакустики и комплексирования ее с другими методами при инженерных изысканиях и обследовании подводных трубопроводов / Ю. П. Безродных, В. П. Лисин, В. И. Федоров, А. Н. Кутузов // Разведка и охрана недр. – 2002. – № 1.

17. Безродных, Ю. П. Биостратиграфия, строение верхнечетвертичных отложений и некоторые черты палеогеографии Северного Каспия / Ю. П. Безродных, С. В. Делия, Б. Ф. Ромашов, Р. Д. Магомедов, В. М. Сорокин, О. Б. Парунин, Е. В. Бабак // Стратиграфия, геологическая корреляция. – 2004. – Т. 12, № 1. – С. 114–124.

18. Брод, И. О. Основные результаты изучения рассеянного органического вещества в мезозое и кайнозое Предкавказья в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности. Происхождение нефти и газа – М.: Гостоптехиздат, 1960.

19. Брод, И. О. Современные взгляды на формирование и закономерности в распространении скоплений нефти и газа / И. О. Брод // Геология нефти и газа. – 1960. – № 11.

20. Брод, И. О. Нефтегазоносные бассейны (регионы) земного шара / И. О. Брод, М. И. Баренцев [и др.] // Международный геологический конгресс, XXI сессия. – М. : Изд-во АН СССР, 1960.

21. Варенцов, М. И. Проблемы нефтегазоносности Туркмении в свете новых данных / М. И. Варенцов. – М. : Изд-во АН СССР, 1940.

22. Варенцов, М. И. Перспективы нефтегазоносности Туркмении и прилегающих областей Западного Узбекистана / М. И. Варенцов, П. Т. Суворов // Советская геология. – 1938. – № 6.

23. Вартанян, Г. С. Экогеологическое картирование: методология, опыт, направление развития / Г. С. Вартанян, М. С. Голицин, В. Н. Островский [и др.] // Разведка и охрана недр. – 2000. – № 5. – С. 25–27.

24. Варущенко, С. И. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов и палеовремени / С. И. Варущенко, А. Н. Варущенко, Р. К. Клиге. – М. : Наука, 1987. – 240 с.

25. Вассоевич, Н. Б. Микронефть. Исследования ВНИГРИ в области нефтяной геологии / Н. Б. Вассоевич // Труды ВНИГРИ. – 1959. – Вып. 132.

26. Вассоевич, Н. Б. О происхождении нефти / Н. Б. Вассоевич // Вестник МГУ. – 1962. – № 3.

27. Вебер, В. В. Битумообразование в четвертичных морских осадках в связи с проблемой происхождения нефти. Происхождение нефти и газа / В. В. Вебер. – М. : Гостоптехиздат, 1964.

28. Вебер, В. В. Нефтеносные фации / В. В. Вебер. – М. : Гостонтех-издат, 1947.

29. Вопросы геологии и нефтегазоносности мезозойских отложений Азербайджана. – М. : Наука, 1966.

30. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям // Приказ Роскомгидромета № 250-1163 от 22 марта 1986. – М., 1986.

31. Геодекян, А. А. О нефтеобразовании в Южно-Каспийском бассейне / А. А. Геодекян // Геология нефти и газа. – 1966. – № 9.

32. Геодекян, А. А. Геохимические показатели и основные закономерности состава природных газов / А. А. Геодекян, М. А. Корабельников. – М. : Изд-во АН СССР, 1960.

33. Геодекян, А. А. Опыт глубинной экстраполяции температуры в области Южно-Каспийского тектонического прогибания / А. А. Геодекян, Ф. А. Макаренко. – М. : Наука, 1967.

34. Глумов, И. Ф. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря / И. Ф. Глумов [и др.]. – М. : ООО «Недра – Бизнесцентр», 2004. – 342 с.

35. ГОСТ 23634-83. Морская навигация и морская гидрография. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1983.

36. ГОСТ 18452-73*. Океанология. Уровень моря. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1973.

37. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. – М. : Изд-во стандартов, 1995.

38. ГОСТ 5180-2000. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М. : Изд-во стандартов, 2000.

39. ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортировка и хранение образцов. – М. : Изд-во стандартов, 2000.

40. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – М. : Изд-во стандартов, 2001.

41. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – М. : Изд-во стандартов, 1996.

42. ГОСТ 23740-79. Грунты. Метод лабораторного определения содержания органического вещества. – М. : Изд-во стандартов, 1979.

43. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 1996.

44. ГОСТ 21.302-96. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям. – М. : Изд-во стандартов, 1996.

45. ГОСТ 9.602-89 Е СЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Изменение 1 ИУС 3-95. – М. : Изд-во стандартов, 1989.

46. Денисевич, В. В. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Туркмении, ближайшие задачи геолого-поисковых и разведочных работ / В. В. Денисевич. – Изд-во АН ТуркмССР, 1959. 47. Денисевич, В. В. Основные результаты геологоразведочных работ в республиках Средней Азии / В. В. Денисевич // Геология нефти и газа. – 1961. – № 10.

48. Двали, М. Ф. Перспективы поисков нефти и газа на больших глубинах не территории СССР / М. Ф. Двали. – М. : Наука, 1967.

49. Ермилов, В. С. Комплексные технологии инженерно-геологических исследований в мелководных акваториях / В. С. Ермилов, В. И. Лазарев, Ю. В. Матвеев, В. А. Чаленко // II Международная научно-практическая конференция «Инженерная геофизика-2006». – Геленджик, 2006. – С. 84–85.

50. Жабреев, Д. В. Сингенетично-нефтеносные свиты и нефтепродуцирующие породы, слагающие их недра / Д. В. Жабреев. – М. : Недра, 1964.

51. Жданов, М. А. Нефтепромысловая геология и гидрогеология / М. А. Жданов, А. А. Карцев. – М., 1958.

52. Желудев, А. Н. Геохимические особенности эрегской нефти и ее производных. – Изв. Воронеж, гос. пед. ин-та, 1957. – Вып. 22.

53. Жузе, Т. П. Характеристика газовой и жидкой фаз нефтегазоконденсатных систем на больших глубинах / Т. П. Жузе, Г. Н. Юшкевич // Нефтяное хозяйство. – 1961. – № 7.

54. Захаров, Е. В. О формировании и размещении скоплений нефти и газа в акваториях южных морей СССР / Е. В. Захаров, Г. И. Ледовская // Поиски и разведка газовых месторождений на поздних стадиях освоения газодобывающих районов : тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та природных газов. – М., 1984. – С. 84–91.

55. Кабанов, А. И. Закономерности размещения зон газонефтеносности нефтегазоносных бассейнов Каспия / А. И. Кабанов, П. М. Ломако, А. А. Нариманов // Обзор. инф. – М. : ВНИИЭгазпром, 1984. – Вып. 2. – 60 с. (Сер. Важнейшие научно-технические проблемы газовой промышленности).

56. Калинко, М. К. Методы сравнительной оценки перспектив нефтегазоносности акваторий и поисков в них нефти и газа / М. К. Калинко. – М. : Недра, 1964. – 239 с.

57. Калинко, М. В. Основные закономерности распределения нефти и газа в земной коре / М. К. Калинко. – М. : Недра, 1964.

58. Капелюшников, М. А. К вопросу о миграции рассеянной нефти в осадочных горных породах / М. А. Капелюшников // ДАН АН СССР. – 1954. – Т. 99, № 6.

59. Капелюшиников, М. А. Физическое состояние нефти и газа и воды в условиях нефтяного пласта / М. А. Капелюшников, Т. П. Жузе, С. Л. Закс // Известия АН СССР. – 1952. – № 11.

60. Карцев, А. А. Геохимические критерии при изучении формирования нефтяных залежей. Проблема миграции и формирования скоплений нефти и газа / А. А. Карцев. – М. : Гостоптехиздат, 1958. 61. Карцев, А. А. Геохимические закономерности размещения нефтей разного состава в недрах : дис. ... д-ра геол.-минер. наук / А. А. Карцев. – М., 1960.

62. Карцев, А. А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождении / А. А. Карцев. – М. : Гостоптехиздат, 1963.

63. Касьянова, Н. А. Геодинамическая нестабильность земной коры и ее геологические последствия / Н. А. Касьянова // Геодинамика и геоэкология : мат-лы Междунар. конф. – Архангельск, 1999. – С. 156–158.

64. Касьянова, Н. А. Трещинно-блоковая модель геологического строения Алексеевского месторождения по результатам изучения напряженно-деформационного состояния земной коры / Н. А. Касьянова [и др.] // Геология нефти и газа. – 2008. – № 6. – С. 31–36.

65. Кирокосьян, М. А. О происхождении некоторых древних названий Каспийского моря / М. А. Кирокосьян // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2005. – № 3. – С. 35–41.

66. Колодий, В. В. Некоторые геохимические особенности подземных вод нефтяных месторождений Закаспийской впадины в связи с ее нефтегазоносностью / В. В. Колодий // Труды Туркм. ФВНИИ. – 1962. – Вып. 15.

67. Кормак, Д. Борьба с загрязнением моря нефтью химическими веществами / Д. Кормак. – М. : Транспорт, 1989. – 365 с.

68. Коробов, В. Б. Экогеологическое обоснование проектных решений: нормативные требование и применение их на практике / В. Б. Коробов, В. С. Кузнецов, Е. А. Скольская // Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду. – 2001. – № 5. – С. 111–131.

69. Косыгин, А. И. Геофизические работы в Западной Туркмении в 1930–1936 гг. / А. И. Косыгин // Нефтяное хозяйство. – 1937. – № 6.

70. Кудрявцев, Н. А. Глубинные разломы и нефтяные месторождения / Н. А. Кудрявцев. – М. : Гостоптехиздат, 1963.

71. Куприн, Н. П. Геологическая структура Мангышлакского порога / Н. П. Куприн, А. Г. Росляков // Геотектоника. – 1991. – № 2. – С. 28–40.

72. Лебедев, Л. И. Строение и нефтегазоносность современных гетерогенных депрессий / Л. И. Лебедев. – М. : Наука, 1978. – 110 с.

73. Леонтьев, О. К. Древние береговые линии четвертичной трансгрессии Каспийского моря / О. К. Леонтьев // Труды Ин-та географии АН СССР. – 1961. – Т. 8. – С. 45–64.

74. Маев, Е. Г. Стратиграфия и условия формирования мелководных осадков дагестанского шельфа Каспийского моря / Е. Г. Маев, В. И. Артамонов, Т. А. Абрамова, А. В. Поротов // Комплексные исследования Каспийского моря. – М. : Изд-во МГУ, 1976. – Вып. 5. – С. 73–82.

75. Маев, Е. Г. Стратиграфия и абсолютный возрат осадков внешнего шельфа восточной части Каспийского моря / Е. Г. Маев, С. А. Маева, Ю. А. Карпычев // Геология континентальной террасы окраинных и внутренних морей. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – С. 105–114.

76. Мелик-Пашаев, В. С. Геология морских нефтяных месторождений Апшеронского архипелага / В. С. Мелик-Пашаев. – М. : Гостоптехиздат, 1959.

77. Мелик-Пашаев, В. С. Зависимость газоносности нефтеносных свит от их литологического состава / В. С. Мелик-Пашаев // Нефтяное хозяйство. – 1937. – № 6.

78. Мирчинк, М. Ф. О закономерностях размещения региональных зон нефтегазонакопления в Южно-Каспийской области прогибания земной коры / М. Ф. Мирчинк, Б. К. Баба-Заде [и др.]. – М. : Гостоптехиздат, 1963.

79. Мирчинк, М. Ф. О размещении зон нефтегазонакопления в Южно-Каспийской области прогибания / М. Ф. Мирчинк, Б. К. Баба-Заде [и др.] // ННТ. – 1960. – № 7.

80. Мустафаев, И. С. Литофации и палеогеографии среднеплиоценовых нефтегазоносных отложений Каспийской впадины / И. С. Мустафаев. – Баку : Азерб. гос. изд-во, 1963.

81. Мяконин, В. С. Литолого-стратиграфические характеристики и особенности строения четвертичных отложений северо-западной части Каспийского моря / В. С. Мяконин, И. А. Гураев // Комплексные исследования Каспийского моря. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – Вып. 1. – С. 149–159.

82. Наливкин, В. Д. Методические основы оценки геолого-экономической структуры ресурсов нефти и газа / В. Д. Наливкин, М. Д. Белонин, Ю. В. Подольский // Месторождения нефти и газа : сб. докл. XXVII Междунар. геол. конф. – М. : Наука, 1984. – Т. 13. – С. 141–145.

83. Неручев, С. Г. Нефтепроизводящие свиты / С. Г. Неручев. – М. : Гостоптехиздат, 1962.

84. Ниязов, А. М. Нефти Туркмении / А. М. Ниязов. – Изд-во АН ТуркмССР, 1962.

85. Нефтегазообразование и возможные зоны нефтегазонакопления в пределах Среднего Каспия / А. А. Геодекян, Ю. М. Берлин, В. Л. Пиляк, В. Я. Троцюк // Геолого-морфологические исследования Каспийского моря. – М. : Наука, 1983. – С. 77–82.

86. О перспективах нефтегазоносности триасовых отложений Казахского сектора Каспийского моря в свете новых данных поисковоразведочного бурения // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1981. – № 11. – С. 9–15.

87. Перспективы нефтегазоносности дагестанского шельфа Каспийского моря и направление поисково-разведочных работ / Ф. Г. Шарафутдинов, И. А. Аббасов, Д. А. Мирзоев, В. М. Пирбудагов // Обзор. инф. – М. : ВНИИЭгазпром, 1980. – Вып. 3. – С. 1–9. – (Сер. Геология и разведка морских нефтяных и газовых месторождений).

88. Порфирьев, В. Б. К вопросу о разведке газовых месторождений Туркмении / В. Б. Порфирьев // Природные газы. – 1932. – № 4–5.

89. Рихтер, Я. А. Очерки региональной геодинамики Прикаспийской впадины и ее обрамления / Я. А. Рихтер. – Саратов, 2003. – 86 с.

90. Рожков, В. А. Методы вероятностного анализа океанологических процессов / В. А. Рожков. – Л. : Гидрометеоиздат, 1979. – 280 с.

91. Сает, Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает, Т. Л. Онищенко, Е. П. Янин. – М., 1990. – 335 с.

92. Саркисян, Б. М. Зависимость качества нефтей от геологических условий / Б. М. Саркисян. – Азнефтеиздат, 1947.

93. Свиточ, А. А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря / А. А. Свиточ, Г. А. Янина. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 268 с.

94. Семенович, В. В. Об условиях формирования складок в плиоценовых и постплиоценовых комплексах Западно-Туркменской низменности / В. В. Семенович // Труды ВНИГРИ. – 1959. – Вып. 23.

95. Сейсмическое районирование территории СССР. – М. : Наука, 1980. – 535 с.

96. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения. – М., 1994.

97. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., 1996.

98. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. – М., 1995.

99. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. – М., 1983.

100. СНиП 2.02.02-85 Основания гидротехнических сооружений. – М., 1985.

101. СНиП 7-81*. Строительство в сейсмических районах. Госстрой России. – М., 2003.

102. СН 528-80. Единицы физических величин, применяемых в строительстве. – М., 1980.

103. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – М., 1997. – Ч. III. Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства.

104. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. – М., 1998.

105. СП 11-105-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. – М., 1998. – Ч. І. Общие правила.

106. СП 11-105-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. – М., 1997. – Ч. III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов.

107. СП 11-114-2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых соружений. – М., 2004.

108. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. – М., 1985.

109. Соколов, В. А. Очерки генезиса нефти / В. А. Соколов. – М. : Гостоптехиздат, 1948.

110. Соколов, В. А. Миграция газа и нефти / В. А. Соколов. – М. : Издво АН СССР, 1956.

111. Соколов, В. А. Процессы образования и миграции нефти и газа / В. А. Соколов. – М. : Недра, 1965.

112. Соколов, В. А. Об образовании газообразных углеводородов в современных отложениях / В. А. Соколов // Геология нефти и газа. – 1966. – № 6.

113. Соколов, Б. А. Генетический анализ газоносности и глубокопогруженных отложений / Б. А. Соколов, Е. П. Ларченков // Обзор. инф. – М. : ВНИИЭгазпром, 1985. – Вып. 4. – 49 с. – (Сер. Геология и разведка морских нефтяных и газоконденсатных месторождений).

114. Соловьев, В. Ф. Новые данные о тектонической структуре дна Южного Каспия / В. Ф. Соловьев, Л. А. Кулакова, Г. В. Агапова. – М., 1959. – Т. 129, № 5.

115. Соловьев, В. Ф. Современная тектоническая структура дна Южного Каспия / В. Ф. Соловьев, Л. А. Кулакова, Г. В. Агапова // Известия АН СССР. – 1960. – № 4. – (Геология).

116. Справочник капитана дальнего плавания. – М. : Транспорт, 1988. – 248 с.

117. Старобинец, И. С. К геохимии нефтей и газов зоны грязевых вулканов Кеймир-Чикишлярского р-на Западной Туркмении / И. С. Старобинец // Советская геология. – 1961. – № 9.

118. Степанова, А. И. Некоторые особенности формирования месторождений нефти и газа восточной части Прибалханского р-на Туркмении / А. И. Степанова // Труды ВНИИ. – 1963. – Вып. 38.

119. Страхов, Н. М. Образование осадков в современных водоемах / Н. М. Страхов [и др.]. – М. : Изд-во АН СССР, 1954.

120. Сулин, В. А. Воды нефтяных месторождений в системе природных вод / В. А. Сулин. – М. : Гостоптехиздат, 1946.

121. Тектоника и нефтегазоносность западных районов Средней Азии. – М. : Гостоптехиздат, 1963.

122. Тикунов, В. С. Классификации в географии / В. С. Тикунов. – М. – Смоленск : Изд-во Смоленск. гуманит. ун-та, 1997.

123. Трофимук, А. А. Проблема диагностики нефтематеринских свит / А. А. Трофимук // Геология и геофизика. – 1963. – № 6.

124. Федоров, П. В. Плейстоцен Понто-Каспия / П. В. Федоров. – М. : Наука, 1978. – 166 с.

125. Хаин, В. Е. К проблеме строения Каспийской впадины и структур ных связей между Кавказом и Закаспием / В. Е. Хаин // Геология нефти. – 1958. – № 9.

126. Хрусталев, Ю. П. Основные этапы позднеплейстоце новой и голоценовой истории Северного Каспия / Ю. П. Хрусталев, В. В. Ковалев // Палеогеография и геоморфология Каспийского региона в плейстоцене. – М. : Недра, 1991. – С. 106–115.

127. Чахмахчев, В. А. Геохимия процесса миграции углеводородных систем / В. А. Чахмахчев. – М. : Недра, 1983. – 231 с.

128. Юдахин, Ф. Н. Геодинамические процессы в земной коре и сейсмичность / Ф. Н. Юдахин // Литосфера. – 2002. – № 2. – С. 3–23.

129. Юсуф-Заде, Х. Б. Разработка и разведка морских нефтегазовых месторождений (на примере месторождений Каспийского моря) / Х. Б. Юсуф-Заде. – Баку : Азернешр, 1979. – 152 с.

130. Recommended Practice for site specific assessment of mobile Jack-Upunits // Revision. – 2002. – Jan.

131. Lunne, T. Cone penetration testing in geotechnical practice / T. Lunne, P. K. Robertson, J. J.M. Powell. – Reprinted 2001, 2002 by Spon Press, Taylor & Francis Group.

Серебрякова Алексей Олегович Серебряков

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ДОННЫХ ПОРОД-ГРУНТОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Монография

Редактирование, компьютерная правка Ю.А. Повх Верстка

Заказ № 2031. Тираж 500 экз. (первый завод 50 экз.) Усл. печ. л. 8,0. Уч.-изд. л. 7,4.

Издательский дом «Астраханский университет» 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20 Тел.: (8512) 48-53-47 (отдел маркетинга), 48-53-45 (магазин), 48-53-44, факс: (8512) 48-53-46. E-mail: asupress@yandex.ru