**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»  
Институт естественных наук  
Кафедра географии и картографии**

**УТВЕРЖДАЮ:**Зав. кафедрой географии и картографии

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.А. Солодовников

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2024 г.

**ОТЧЕТ  
о прохождении производственной практики, научно-исследовательской работы за осенний семестр 2024-2025 учебного года**

**Геологическое строение и стратиграфия Ергенинской возвышенности и Сарпинской низменности**

(тема научно-исследовательской работы)

Обучающийся Челик Ч.С ГЛб-231

(ФИО) (группа)

Руководитель Маштаков А.С. Доцент, к.г - м.н

практики от ВолГУ (ФИО) (должность) (должность)

Ответственный за Семенова Д.А Профессор,профессор, д.г - м.н организацию (ФИО) (должность)

практики от кафедры

Место прохождения ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

практики Кафедра географии и картографии

Сроки прохождения «01» сентября 2024 г. по «30» декабря 2024

практики

**г. Волгоград-2024**

**Ход выполнения практики**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Этап практики | Дата | Описание выполненной работы | Отметки руководителей |
| 1 | Подготовительный этап | 01.09.2024-05.09.2024 | На данном этапе осуществляется сбор необходимых материалов и информации для проведения практики. Определяются цели и задачи, составляется план работы, обсуждаются действия с руководителем практики. Также производится анализ литературы по теме практики. |  |
| 2 | Ориентировочный этап | 06.09.2024-02.10.2024 | Разработка структуры научно-исследовательской работы, поиск и систематизация источников. |  |
| 3 | Основной этап | 03.10.2024-15.10.2024  16.10.2024-03.11.2024  04.11.2024-09.12.2024 | Оформление и написание введения научной исследовательской работы. Написание первой главы(общие сведения о структуре и состоянии Ергенинской возвышенности)  Написание второй главы научно-исследовательской работы(изучение географического расположения Сарпинской низменности) |  |
| 4 | Заключительный этап | 10.12.2024-21.12.2024  22.12.2024-30.12.2024 | Проводится анализ выполненной работы, оформление отчетов и методических рекомендаций.  Защита отчета по практике. |  |

Обучающийся \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ч.С.Челик

**ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРАКТИКИ ОТ УНИВЕРСИТЕТА**

Обучающийся, Челик Чингиз Суатович, с 01.09.2024 по 30.12.2024 г.

проходил производственную практику, научно-исследовательскую работу на кафедре географии и картографии института естественных наук ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет».

За время прохождения практики Челик Чингиз Суатович самостоятельно изучил стратиграфию продуктивной толщи нефтяных месторождений Каспийского шельфа. Обучающийся самостоятельно провел анализ многих современных источников научно-технической литературы по данной теме, а также показал умение ориентироваться в специальной литературе, оказался пунктуальным, справился с поставленными задачами.

Считаю, что прохождение практики Челик Чингизом Суатовичем может быть зачтено, обучающийся отлично справился с работой. Серьезных замечаний со стороны руководителя практики не имеет.

**1.Введение**

Актуальность исследования стратиграфии продуктивных толщ Каспийского шельфа обусловлена стратегическим значением региона как одного из важнейших нефтегазоносных бассейнов мира. Каспийский регион содержит около 4% мировых запасов нефти и 6% запасов газа, при этом значительная часть ресурсов сосредоточена в шельфовой зоне. Особый интерес представляет Ергенинская возвышенность и прилегающая Сарпинская низменность, где сосредоточены перспективные нефтегазоносные комплексы различного возраста.

Целью настоящего исследования является комплексный анализ стратиграфии продуктивных толщ региона с выделением основных нефтегазоносных горизонтов и оценкой их потенциала. В задачи работы входит:

1. Анализ геотектонического строения региона
2. Детальное изучение литолого-стратиграфических особенностей продуктивных толщ
3. Фациальный анализ условий осадконакопления
4. Оценка перспектив нефтегазоносности

Методологическая основа исследования включает:

1. Литолого-стратиграфический анализ кернового материала
2. Сейсмостратиграфическую интерпретацию
3. Фациальный и палеогеографический анализы
4. Геохимические исследования нефтематеринских толщ

Обзор существующих исследований показывает, что Каспийский шельф изучался многими авторами (А.А. Али-Заде, В.Е. Хаин, Ю.Г. Леонов и др.), однако многие аспекты стратиграфии продуктивных толщ требуют уточнения, особенно в связи с открытием новых месторождений.

**2. Общие сведения о геологическом строении Каспийского шельфа**

**2.1. Геотектоническое положение региона**

Геотектоническое положение Каспийского шельфа представляет собой сложную мозаику взаимодействующих тектонических элементов, сформировавшихся в результате длительной и многоэтапной геологической истории. Этот уникальный регион расположен на стыке нескольких крупных геоструктурных элементов Евразийской плиты, включая Восточно-Европейскую платформу на севере, Скифскую плиту на западе, Туранскую плиту на востоке и альпийские складчатые сооружения Кавказа и Копетдага на юге. Такое сложное расположение делает Каспийский шельф своеобразным геодинамическим узлом, где пересекаются и взаимодействуют различные тектонические силы и процессы.

Фундаментальной структурой региона является Прикаспийская синеклиза - одна из самых глубоких впадин земной коры, где кристаллический фундамент погружен на глубину до 22-25 км. Эта гигантская депрессия имеет асимметричное строение: ее восточный борт круто обрывается к Уральской складчатой системе, тогда как западный склон плавно переходит в Русскую плиту. Особенностью синеклизы является мощный (до 4-5 км) соленосный комплекс кунгурского яруса нижней перми, который играет ключевую роль в формировании уникальных солянокупольных структур. Соляная тектоника здесь достигла невероятного развития, создав сложную систему диапиров, соляных куполов и надвигов, которые существенно осложняют строение осадочного чехла и создают многочисленные ловушки для углеводородов.

К югу от Прикаспийской впадины располагается система прогибов и поднятий, включающая Мангышлакско-Устюртскую область, которая представляет собой сложную мозаику тектонических элементов. Здесь выделяются Северо-Устюртский и Южно-Мангышлакский прогибы, разделенные Туаркырской зоной поднятий. Эта область характеризуется сложной системой разломов преимущественно северо-западного простирания, которые контролируют распределение осадочных толщ и локализацию нефтегазовых месторождений. Глубинные разломы, такие как Арало-Каспийский линеамент и Восточно-Манычская зона, проникают через всю земную кору и служат каналами для миграции глубинных флюидов.

Особое место в тектонике региона занимает кряж Карпинского - фрагмент герцинской складчатой системы, который представляет собой важный структурный барьер между Восточно-Европейской и Скифской плитами. Этот выступ фундамента играет ключевую роль в перераспределении напряжений и контролирует процессы миграции углеводородов в осадочном чехле. К югу от него расположен Терско-Каспийский передовой прогиб - область интенсивного кайнозойского прогибания с мощностью осадков до 8-10 км, где развиты сложные надвиговые структуры, связанные с альпийским орогенезом.

Фундамент Каспийского региона крайне неоднороден и включает фрагменты разного возраста и природы. На севере преобладают докембрийские кристаллические массивы архейско-протерозойского возраста, составляющие основу Восточно-Европейской платформы. В центральной части встречаются байкальские складчатые сооружения, а на юге - герцинские комплексы. Такая неоднородность фундамента предопределила дифференцированный характер последующего осадконакопления и нефтегазоносности.

Геодинамическая эволюция региона включала несколько ключевых этапов. Герцинский тектогенез в позднем палеозое привел к формированию основной структуры фундамента и заложению Прикаспийской впадины, сопровождаясь интенсивным магматизмом. В мезозое регион пережил этап рифтогенеза, когда сформировалась система грабенов, ставших основой для нефтегазоносных бассейнов. Альпийский орогенез в кайнозое вызвал интенсивные складчато-надвиговые деформации, переформировавшие существующие ловушки углеводородов и создавшие новые.

Современная геодинамика региона отличается высокой активностью, проявляющейся в интенсивной сейсмичности, продолжающихся движениях по разломам и активных флюидодинамических процессах. Эти факторы необходимо учитывать при освоении нефтегазовых ресурсов, так как они могут влиять на устойчивость скважин и целостность ловушек.

Нефтегазогеологическое районирование выделяет в регионе три основные провинции: Северо-Каспийскую, Среднекаспийскую и Южно-Каспийскую, каждая из которых имеет уникальные черты строения и нефтегазоносности. Северная провинция связана преимущественно с подсолевыми комплексами, центральная - с мезозойскими отложениями, а южная - с мощными кайнозойскими толщами.

Перспективы нефтегазоносности региона связаны не только с традиционными коллекторами, но и с нетрадиционными ресурсами, включая сланцевые толщи, плотные песчаники и газогидраты. Особый интерес представляют глубокозалегающие подсолевые комплексы центральной части Прикаспийской впадины, где открыты гигантские месторождения, такие как Кашаган и Тенгиз.

**2.2 Литолого-стратиграфические комплексы Каспийского шельфа**

Каспийский шельф характеризуется мощным осадочным чехлом, достигающим в центральных частях Прикаспийской впадины 20–25 км. В его строении выделяются три принципиально различных литолого-стратиграфических комплекса, каждый из которых обладает уникальными особенностями состава, условий формирования и нефтегазоносности. Эти комплексы отражают сложную геологическую историю региона, включающую этапы платформенного развития, рифтогенеза и орогенеза, что нашло отражение в изменении режимов осадконакопления на протяжении фанерозоя.

Подсолевой комплекс, охватывающий отложения от девона до нижней перми, представляет собой фундаментальную нефтегазоносную толщу региона. Его формирование происходило в условиях мелководного эпиконтинентального моря с многочисленными карбонатными платформами, где накапливались рифогенные известняки и доломиты, обладающие прекрасными коллекторскими свойствами. Мощность этих отложений достигает 3–4 км в наиболее прогнутых участках впадины. Особый интерес представляют турнейско-нижневизейские отложения, содержащие высокопористые (до 25%) кавернозные и трещиноватые разности карбонатных пород. Верхняя часть подсолевого комплекса (верхний карбон – нижняя пермь) сложена преимущественно терригенными породами – песчаниками и алевролитами с прослоями глин, формировавшимися в условиях дельтовых и прибрежно-морских обстановок. Эти отложения характеризуются изменчивой пористостью (12–18%) и проницаемостью (50–300 мД), но в зонах развития каналов стока могут образовывать высокопродуктивные коллекторы.

Перекрывающий их соленосный комплекс кунгурского яруса нижней перми является уникальным образованием мощностью от 1 до 4 км, играющим ключевую роль в нефтегазовой геологии региона. Он сложен преимущественно каменной солью (галитом) с подчиненными прослоями ангидритов, карбонатов и терригенных пород. Формирование этого комплекса происходило в условиях аридного климата изолированного морского бассейна, подвергавшегося интенсивному испарению. Соленосная толща выполняет несколько важных функций:

1. служит региональным флюидоупором для нижележащих нефтегазоносных горизонтов;
2. благодаря пластическим свойствам формирует сложную систему солянокупольных структур – диапиров, соляных валов и штоков, создающих многочисленные ловушки для углеводородов;
3. изолирует подсолевые коллекторы от вышележащих комплексов, способствуя сохранению гигантских скоплений нефти и газа.

Особенностью соленосного комплекса является его крайняя неоднородность по площади – в одних районах он представлен практически чистой каменной солью, в других содержит многочисленные прослои карбонатно-терригенных пород, что существенно влияет на его экранирующие свойства.

Надсолевой комплекс, охватывающий отложения от верхней перми до антропогена, отличается наибольшим разнообразием литологических типов пород и условий их формирования. Его мощность достигает 5–7 км в наиболее прогнутых участках. В нижней части (верхняя пермь – триас) преобладают континентальные красноцветные отложения, сформировавшиеся в условиях аридного климата. Выше по разрезу (юра – мел) развиты морские терригенные и карбонатные толщи, накопившиеся в условиях трансгрессивно-регрессивных циклов.

Особый интерес представляют юрские отложения, включающие несколько нефтегазоносных горизонтов. Нижняя юра (лейас) сложена преимущественно песчаниками и алевролитами дельтового и прибрежно-морского генезиса, обладающими хорошими коллекторскими свойствами (пористость 18–22%, проницаемость 100–500 мД). Среднеюрские отложения (доггер) содержат мощные (до 100 м) песчаные тела, образовавшиеся в условиях мелководного шельфа. Верхняя юра (мальм) представлена преимущественно карбонатными породами – известняками и доломитами с прослоями глин, формировавшимися на обширных карбонатных платформах.

Меловой период ознаменовался накоплением мощных (до 1,5 км) терригенно-карбонатных толщ, среди которых выделяются несколько продуктивных горизонтов. Нижний мел (неоком) сложен преимущественно песчаниками, образовавшимися в условиях дельтовых систем. Апт-альбские отложения включают глинистые толщи, играющие роль региональных флюидоупоров. Верхний мел (сенон) представлен преимущественно карбонатными породами – писчим мелом и мергелями.

Кайнозойские отложения (палеоген-неоген) характеризуются преобладанием глинистых и алевритовых пород с подчиненными прослоями песков и известняков. Особое значение имеют майкопские глины олигоцена – нижнего миоцена, являющиеся основным нефтематеринским комплексом для многих месторождений региона.

Таким образом, литолого-стратиграфические комплексы Каспийского шельфа представляют собой сложную систему, где каждый элемент играет свою уникальную роль в процессах нефтегазообразования и аккумуляции. Подсолевые карбонатные и терригенные толщи служат основными коллекторами, соленосный комплекс – флюидоупором, а надсолевые отложения содержат как коллекторы, так и нефтематеринские толщи. Такое сочетание создает уникальные предпосылки для формирования крупных скоплений углеводородов.

**2.3. История формирования осадочных бассейнов**

История формирования осадочных бассейнов Каспийского региона представляет собой сложный многоэтапный процесс, охватывающий более 400 миллионов лет геологической эволюции. Этот процесс можно проследить через последовательную смену палеогеографических обстановок и тектонических режимов, каждый из которых оставил свой отпечаток в строении современного осадочного чехла.

Начало формирования осадочных бассейнов региона относится к девонскому периоду, когда на месте современного Каспия существовал обширный морской бассейн, являвшийся частью палеоокеана Палеотетис. В условиях теплого тропического климата здесь накапливались мощные толщи карбонатных осадков, сформировавшие основные резервуары подсолевого комплекса. Особенно интенсивное карбонатонакопление происходило в франско-фаменское время, когда на шельфе развивались многочисленные органогенные постройки. В конце девона - начале карбона регион испытал кратковременную регрессию, сопровождавшуюся формированием континентальных и лагунных отложений.

Каменноугольный период ознаменовался новым этапом морской трансгрессии, в ходе которой сформировались мощные (до 1,5 км) толщи известняков и доломитов. В визейско-серпуховское время на обширных карбонатных платформах развивались биогермные постройки, создавшие прекрасные коллекторские свойства. В московском веке началось постепенное обмеление бассейна, приведшее к накоплению песчано-глинистых толщ дельтового генезиса. Конец карбона - начало перми характеризовались резким изменением палеогеографической обстановки - изоляцией бассейна от мирового океана и установлением аридного климата, что привело к накоплению мощной (до 4 км) соленосной толщи кунгурского яруса.

В пермско-триасовое время регион представлял собой систему континентальных впадин, где накапливались красноцветные терригенные отложения в условиях аридного и семиаридного климата. Начало мезозоя (триас-ранняя юра) ознаменовалось активизацией рифтогенных процессов, связанных с раскрытием океана Тетис. В это время формировалась система грабенов, определившая блоковую структуру фундамента и заложившая основные черты современной тектоники региона.

Юрский период стал временем новой морской трансгрессии, когда на большей части Каспийского шельфа установились условия эпиконтинентального моря. В ранней-средней юре накапливались преимущественно песчано-глинистые толщи, содержащие основные нефтегазоносные горизонты. Поздняя юра (киммеридж-титон) характеризовалась расцветом карбонатонакопления, когда формировались мощные платформенные известняки. В конце юры - начале мела регион испытал кратковременную регрессию, сопровождавшуюся накоплением континентальных и лагунных отложений.

Меловой период стал временем формирования мощной (до 2,5 км) терригенно-карбонатной толщи. В раннем мелу (неоком) преобладали песчано-глинистые отложения дельтовых систем, в апте-альбе накапливались глинистые толщи - региональные флюидоупоры, а в позднем мелу (сенон) - карбонатные осадки эпиконтинентального моря. Конец мела ознаменовался новой регрессией и кратковременным перерывом в осадконакоплении.

Каинозойская история бассейна началась с новой трансгрессии в палеоцене-эоцене, когда накапливались преимущественно глинистые толщи. Особое значение имел олигоцен-нижнемиоценовый этап, когда формировались майкопские нефтематеринские толщи. В среднем-позднем миоцене в связи с альпийским орогенезом началось активное воздымание окружающих территорий, что привело к накоплению мощных молассовых толщ. Плиоцен-четвертичный период характеризовался сложными колебаниями уровня Каспийского моря, сопровождавшимися формированием террасовых комплексов.

Каждый из этих этапов внес свой вклад в современную структуру нефтегазоносных бассейнов. Подсолевые карбонатные толщи девона-карбона содержат гигантские запасы нефти и газа, заключенные в кавернозно-трещиноватых коллекторах. Юрские песчаные тела образуют многочисленные залежи в надсолевом комплексе. Майкопские глины служат источником углеводородов для многих месторождений. Таким образом, длительная и сложная история осадконакопления создала уникальные предпосылки для формирования в регионе богатейших нефтегазовых месторождений.

**3. Ергенинской возвышенности**

**3.1 Геологическое строение Ергенинской возвышенности**

Ергенинская возвышенность представляет собой крупное геоморфологическое поднятие на юго-востоке Восточно-Европейской платформы, имеющее сложное геологическое строение, сформированное в результате длительной и многоэтапной тектонической эволюции. Эта структура протягивается на 300 км при ширине от 50 до 350 км, образуя естественный водораздел между бассейнами Азовского и Каспийского морей. С востока возвышенность резко обрывается к Сарпинской низменности, формируя выраженный Ергенинский уступ высотой до 100-150 метров, а на юге граничит с долиной реки Маныч.

В тектоническом плане Ергенинская возвышенность расположена в зоне сочленения нескольких крупных структурных элементов: Прикаспийской синеклизы на востоке, Скифской плиты на западе и кряжа Карпинского на юге. Такое сложное положение определяет особенности ее глубинного строения, которое характеризуется блоковой структурой фундамента, сформированного разновозрастными комплексами пород. Наиболее древние образования фундамента относятся к архейско-протерозойскому возрасту и представлены кристаллическими сланцами и гранитоидами, вскрытыми глубокими скважинами на глубинах 3-5 км. Выше залегают дислоцированные отложения палеозоя, испытавшие интенсивные деформации во время герцинского тектогенеза.

Осадочный чехол Ергенинской возвышенности включает отложения от палеогена до четвертичной системы и достигает мощности 1,5-2 км. Наиболее древние из вскрытых отложений - палеоценовые и эоценовые - сложены преимущественно морскими глинами, алевритами и песчаниками, содержащими прослои известняков и мергелей. Особое значение в строении возвышенности имеет ергенинская свита плиоценового возраста, которая слагает основную часть разреза и представлена мощной (до 200-300 м) толщей кварцевых песков с прослоями глин и алевритов. Эти отложения формировались в условиях мелководного морского бассейна в понтическо-акчагыльское время и содержат промышленные концентрации титано-циркониевых минералов.

Современная структура возвышенности сформировалась в результате неотектонических движений в неоген-четвертичное время, когда регион испытал дифференцированные поднятия. Особенно интенсивные вертикальные движения происходили вдоль системы глубинных разломов, среди которых наиболее значительными являются:

- Ергенинский разлом - ограничивает возвышенность с востока и отделяет ее от Сарпинской низменности;

- Западный Манычский разлом - определяет южную границу структуры;

- Северо-Каспийская система разломов - контролирует общий план строения региона.

Эти разломы имеют длительную историю развития и проявляли активность на разных этапах геологической истории, что нашло отражение в особенностях распределения осадочных толщ и формировании локальных структур.

Важной особенностью геологического строения Ергенинской возвышенности является широкое развитие соляной тектоники , связанной с влиянием близко залегающего соленосного комплекса Прикаспийской впадины. Соляные диапиры и купола создают сложную систему локальных поднятий и прогибов, существенно осложняя общую структуру региона. В зонах развития соляной тектоники наблюдаются нарушения первичного залегания осадочных толщ, формирование надсолевых складок и разрывных нарушений.

Современный рельеф возвышенности представляет собой слабовсхолмленную равнину с абсолютными отметками 100-150 метров, осложненную многочисленными балками и оврагами, вскрывающими коренные отложения. В геоморфологическом строении четко выделяются три основных уровня:

1. Верхний уровень - сложен четвертичными лессовидными суглинками мощностью до 50-70 м;

2. Средний уровень - представлен неогеновыми песками ергенинской свиты;

3. Нижний уровень - вскрывается в балках и включает палеогеновые отложения.

Гидрогеологические условия региона характеризуются наличием нескольких водоносных горизонтов, приуроченных к песчаным толщам неогена и палеогена. Глубина залегания грунтовых вод варьирует от 5-10 м на водоразделах до 1-3 м в понижениях рельефа.

Таким образом, геологическое строение Ергенинской возвышенности отражает сложную историю тектонического развития региона, включающую этапы платформенного режима, соляного диапиризма и неотектонических движений. Сочетание этих факторов создало уникальные предпосылки для формирования здесь промышленных концентраций титано-циркониевых россыпей и перспективных структур для поисков углеводородного сырья.

**3.2. Строение Ергенинской свиты**

Ергенинская свита представляет собой ключевой стратиграфический комплекс плиоценового возраста, широко развитый в пределах Ергенинской возвышенности и прилегающих территорий. Эта свита, относящаяся к понтическому-акчагыльскому ярусам (5,3-2,6 млн лет назад), является продуктом сложных палеогеографических условий, сформировавшихся в период активных колебаний уровня Каспийского бассейна. Её изучение имеет принципиальное значение как для понимания геологической истории региона, так и для оценки перспектив россыпной титано-циркониевой минерализации.

В стратиграфическом разрезе Ергенинская свита залегает с угловым несогласием на отложениях майкопской серии (олигоцен-нижний миоцен) и перекрывается четвертичными лессовидными суглинками. Мощность свиты варьирует от 23 до 60 метров, увеличиваясь в центральных частях палеобассейна и уменьшаясь к его периферии. В структурном плане она образует плащеобразное залегание, слегка наклонённое к востоку, что отражает общий региональный уклон древней поверхности.

Литологически Ергенинская свита представляет собой преимущественно песчаную толщу, которая по особенностям строения и составу может быть разделена на три части:

1. Нижняя (базальная) часть мощностью от 0,3 до 10 метров сложена грубо- и крупнозернистыми кварцевыми песками с включениями гравийного материала. Характерными особенностями этой пачки являются:

- Крутопадающая косая и диагональная слоистость

- Плохая сортировка материала (коэффициент сортировки 1,8-2,3)

- Присутствие линз гравия размером до 1-2 см

- Локальные следы подводного оползания осадков

- Содержание тяжёлой фракции 3-7%

2. Средняя часть мощностью до 20 метров представлена средне- и крупнозернистыми кварцевыми песками с разноориентированной косой слоистостью. Её отличительными чертами являются:

- Переход от крутой косой к мульдообразной и горизонтальной слоистости вверх по разрезу

- Наличие линзовидных прослоев тяжёлых минералов мощностью 1-5 см

- Улучшенная сортировка материала (коэффициент 1,5-1,8)

- Чередование серий косослоистых песков (толщина серий 10-30 см)

3. Верхняя часть мощностью до 25 метров сложена наиболее тонкозернистыми и хорошо отсортированными песками. Её характерные особенности:

- Преобладание фракции 0,1-0,25 мм (60-70%)

- Горизонтальная и волнистая слоистость

- Хорошая сортировка (коэффициент 1,3-1,5)

- Повышенное содержание тяжёлой фракции (5-12%)

- Чёткие шлиховые прослои толщиной 1-3 мм

Минералогический состав Ергенинской свиты отличается преобладанием кварца (85-95% лёгкой фракции). Тяжёлая фракция (2-5%) представлена преимущественно:

- Ильменитом (40-60%)

- Рутилом (15-25%)

- Цирконом (10-20%)

- Лейкоксеном (5-10%)

- Гранатом (3-5%)

Зёрна минералов характеризуются хорошей окатанностью (индекс окатанности 0,6-0,8), что свидетельствует о значительном транспорте материала. Степень окатанности увеличивается вверх по разрезу, достигая максимальных значений в верхней части свиты.

Формирование Ергенинской свиты происходило в условиях мелководного морского бассейна (глубины 5-15 м) с умеренно-тёплым климатом. Источником сноса служили разрушающиеся палеогеновые и меловые породы, расположенные к западу и северу от области осадконакопления. Скорость седиментации оценивается в 10-15 см за 1000 лет.

Особый интерес представляют продуктивные горизонты свиты, содержащие промышленные концентрации титано-циркониевых минералов. В разрезе чётко выделяются два таких горизонта:

1. Нижний (базальный) мощностью 1-4 м с содержанием тяжёлых минералов 20-40 кг/м³

2. Верхний (основной) мощностью 1-10 м с содержанием 40-70 кг/м³

Наиболее перспективные участки расположены в центральной части возвышенности, где отмечается сочетание значительной мощности продуктивных горизонтов с высокими содержаниями полезных компонентов.

**3.3 Геоморфология и современные рельефообразующие процессы**

Данная территория характеризуется разнообразием геоморфологических структур, формирующихся под влиянием тектонических, денудационных и аккумулятивных процессов.

Ергенинская возвышенность представляет собой слабоволнистое плато с абсолютными высотами от 100 до 220 метров над уровнем моря. Основными элементами рельефа являются:

1. Плоские водораздельные пространства – представляют собой остатки древней поверхности выравнивания.
2. Балочные и овражные системы – активно развивающиеся под воздействием водной эрозии.
3. Долины рек и временные водотоки – формируют относительно глубоко врезанные русла, что свидетельствует о продолжающемся эрозионном процессе.

В геологическом строении региона преобладают осадочные породы неоген-четвертичного возраста, такие как глины, песчаники, мергели и известняки. Эти породы определяют характер рельефа и его устойчивость к различным внешним воздействиям.

Формирование рельефа Ергенинской возвышенности продолжается под влиянием множества экзогенных и эндогенных факторов. Среди наиболее значимых рельефообразующих процессов можно выделить следующие:

1. Водная эрозия

Одним из главных факторов формирования рельефа является водная эрозия. В регионе отмечается активное развитие овражно-балочных систем, особенно в зонах с рыхлыми осадочными породами. Временные водотоки, возникающие в период весеннего снеготаяния и сильных дождей, способствуют углублению оврагов и расширению речных долин.

2. Эоловые процессы

Из-за относительно засушливого климата в регионе развиты эоловые процессы, особенно в южной части возвышенности. Ветровая эрозия способствует перемещению песчаных и пылевых частиц, что приводит к образованию локальных дюн и дефляционных понижений.

3. Дефляция и аккумуляция

Ветровая дефляция приводит к выдуванию мелкозёмистых частиц с поверхности, а их последующая аккумуляция формирует эоловые наносы. Этот процесс особенно активен в периоды сильных суховеев, характерных для степных зон Калмыкии.

4. Оползневые и суффозионные процессы

В районах, где залегают рыхлые и водонасыщенные породы, встречаются оползни, вызванные переувлажнением склонов во время обильных осадков. Суффозионные процессы также играют значительную роль в формировании карстовых депрессий и просадок.

5. Антропогенное воздействие

Человеческая деятельность также вносит вклад в изменение рельефа. Активное сельскохозяйственное освоение территории, строительство дорог и населённых пунктов способствуют ускоренной эрозии почв и разрушению природных геоморфологических структур. Выпас скота и вырубка растительности увеличивают ветровую и водную эрозию, способствуя деградации почвенного покрова.

Ергенинская возвышенность представляет собой сложный геоморфологический комплекс, формируемый под воздействием различных природных и антропогенных процессов. Водная эрозия, эоловые процессы, дефляция, суффозия и антропогенное воздействие продолжают изменять рельеф региона, делая его динамичным и уязвимым к внешним факторам. Понимание современных рельефообразующих процессов необходимо для разработки мер по охране ландшафтов и устойчивому развитию данной территории.

**3.4 Гидрогеологические особенности и подземные воды Ергенинской возвышенности**

Ергенинская возвышенность представляет собой значимую гидрогеологическую систему, расположенную на юго-востоке Европейской части России. Водные ресурсы данной территории играют важную роль в обеспечении населения питьевой водой, сельском хозяйстве и промышленности. Водный баланс региона формируется под воздействием сложных взаимодействий между атмосферными осадками, поверхностными и подземными водами, а также геологическими структурами, определяющими условия формирования и распространения водоносных горизонтов.

Гидрогеологическая структура Ергенинской возвышенности представлена несколькими водоносными горизонтами, залегающими в осадочных породах различного возраста и состава.

1. Неоген-четвертичные водоносные горизонты
   * Распространены в верхних слоях и характеризуются высокой водообильностью.
   * Представлены рыхлыми песчано-глинистыми отложениями.
   * Воды имеют преимущественно пресный состав, но подвержены сезонным колебаниям уровня.
2. Палеоген-неогеновые горизонты
   * Залегают на глубинах 50-150 м и представлены песчаниками, мергелями и известняками.
   * Обладают хорошей водоёмкостью и фильтрационной способностью.
   * Характеризуются слабоминерализованными водами.
3. Меловые водоносные горизонты
   * Находятся на глубинах 150-300 м, главным образом в известняках и доломитах.
   * Воды имеют стабильный химический состав, но часто содержат повышенные концентрации растворённых минералов, таких как кальций и магний.

Связь между поверхностными и подземными водами Ергенинской возвышенности определяется гидродинамическими условиями, характером залегания водоносных горизонтов и климатическими особенностями региона.

* Инфильтрация осадков является основным источником питания подземных вод. Высокая испаряемость и малое количество осадков ограничивают их поступление.
* Реки и временные водотоки частично питаются подземными водами, но в засушливые периоды их уровень снижается, что приводит к уменьшению водообеспечения поверхностных объектов.
* Водоразделы возвышенности играют роль естественного барьера, разделяющего подземные водотоки.

В пределах Ергенинской возвышенности встречаются минеральные источники, формирующиеся в результате циркуляции вод через глубокие геологические слои. Основные характеристики таких источников:

* Гидрокарбонатный и сульфатный состав вод, обусловленный растворением карбонатных пород.
* Минерализация на уровне 1-3 г/л, что делает их пригодными для бальнеологических целей.
* Повышенное содержание микроэлементов (йода, брома, железа), способствующих лечебным свойствам воды.

Некоторые источники используются для лечебно-оздоровительных процедур, а также для бутилированной минеральной воды.

Ергенинская возвышенность сталкивается с рядом проблем, связанных с водоснабжением, включая:

* Ограниченные запасы пресных подземных вод из-за низкого уровня инфильтрации.
* Засоление водоносных горизонтов вследствие активного использования и климатических изменений.
* Снижение качества воды под воздействием антропогенных факторов (сельское хозяйство, промышленность).

Для решения этих проблем перспективными направлениями являются:

* Развитие технологий очистки и опреснения подземных вод.
* Создание систем рационального водопотребления для снижения нагрузки на водоносные горизонты.
* Использование альтернативных источников воды, включая дождевую и сточную воду после соответствующей очистки.

Гидрогеологические условия Ергенинской возвышенности определяют специфику водоснабжения региона. Развитие системы рационального использования водных ресурсов, а также сохранение качества подземных вод являются ключевыми задачами для устойчивого развития территории.

**4. Сарпинская низменность**

**4.1. Геологическое строение и нефтегазоносность**

Сарпинская низменность представляет собой обширную депрессионную структуру на юго-востоке Восточно-Европейской платформы, обладающую сложным геологическим строением и значительным нефтегазовым потенциалом. Эта территория, занимающая площадь около 20 тысяч квадратных километров, ограничена с запада Ергенинской возвышенностью, а с востока - Волго-Ахтубинской поймой, образуя переходную зону между Прикаспийской синеклизой и устойчивыми платформенными структурами.

Глубинное строение низменности характеризуется сложной блоковой структурой фундамента, где выделяются несколько тектонических элементов различного возраста и природы. Наиболее древние архейско-протерозойские кристаллические породы залегают на глубинах 5-8 км и перекрыты мощным осадочным чехлом, достигающим в центральных частях 4-5 км. В строении этого чехла участвуют отложения от палеозоя до кайнозоя, причем наибольший интерес для нефтегазоносности представляют мезозойские комплексы.

Стратиграфический разрез Сарпинской низменности включает несколько ключевых комплексов:

1. Палеозойский комплекс (девон-пермь) представлен преимущественно карбонатными отложениями, которые вскрыты скважинами на глубинах 3-4 км. Особое значение имеют:

- Франийско-фаменские рифогенные известняки (пористость 12-18%)

- Каменноугольные карбонатные платформенные отложения

- Кунгурские соленосные толщи (мощность до 1 км)

2. Мезозойский комплекс (триас-мел) достигает мощности 2-2,5 км и включает:

- Юрские песчано-глинистые отложения с прослоями углей

- Нижнемеловые песчаники (коллекторы Камышинской свиты)

- Верхнемеловые карбонатные породы

3. Кайнозойский комплекс (палеоген-четвертичный) мощностью до 1 км представлен:

- Майкопскими глинами (нефтематеринские породы)

- Неогеновыми песками и глинами

- Четвертичными аллювиальными и эоловыми отложениями

Тектоническое строение низменности определяется системой разломов северо-западного и субширотного простирания, которые делят территорию на несколько блоков. Наиболее значительными являются:

- Сарпинский глубинный разлом - ограничивает низменность с запада

- Волго-Ахтубинская зона разломов - восточная граница

- Северо-Каспийская система разломов - контролирует общую структуру региона

Нефтегазоносность Сарпинской низменности связана с несколькими перспективными комплексами:

1. Девонско-каменноугольный карбонатный комплекс содержит залежи в трещиноватых и кавернозных известняках на глубинах 3-4 км. Коллекторские свойства:

- Эффективная пористость: 8-15%

- Проницаемость: 10-50 мД

- Залежи пластово-сводовые и тектонически экранированные

2. Юрский терригенный комплекс включает несколько продуктивных горизонтов в песчаниках на глубинах 2-3 км:

- Песчаники средней юры (пористость 18-22%)

- Глинистые покрышки верхнеюрских отложений

- Преимущественно нефтяные залежи

3. Нижнемеловой комплекс представлен песчаниками камышинской свиты:

- Глубина залегания 1,5-2 км

- Пластовые и литологически ограниченные залежи

- Нефтегазоносные структуры

Особенностью нефтегазоносности региона является:

- Наличие многочисленных локальных поднятий

- Хорошие коллекторские свойства мезозойских отложений

- Наличие региональных флюидоупоров (майкопские глины)

- Развитие зон выклинивания коллекторов

Перспективы нефтегазоносности Сарпинской низменности связаны с:

1. Дальнейшим изучением подсолевых комплексов

2. Поиском нетрадиционных коллекторов в триасовых отложениях

3. Выявлением литологических ловушек в меловых отложениях

4. Освоением мелких месторождений с применением современных технологий

Геолого-геофизические исследования последних лет выявили в регионе несколько перспективных структур, требующих детального изучения. Особый интерес представляют зоны сочленения Сарпинской низменности с Ергенинской возвышенностью и Прикаспийской впадиной, где возможно обнаружение новых месторождений углеводородов.

**4.2 Литологические особенности нефтегазоносных горизонтов Сарпинской низменности**

Нефтегазоносные горизонты Сарпинской низменности отличаются сложным литологическим строением, отражающим изменчивые условия осадконакопления в течение геологической истории региона. Эти особенности определяют коллекторские свойства пород и характер распределения углеводородных скоплений.

Девонские карбонатные коллекторы представлены преимущественно рифогенными известняками и доломитами турнейско-фаменского возраста. Их отличительные черты:

- Выраженная неоднородность порового пространства (сочетание каверн, трещин и межзерновых пор)

- Преобладание биогермных построек с пористостью 12-18% в ядрах рифов

- Наличие зон вторичной доломитизации с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами

- Слоистые разности известняков с горизонтальной анизотропией проницаемости

- Присутствие прослоев глинистых известняков, выполняющих роль внутриформационных экранов

Каменноугольные отложения включают два принципиально разных типа коллекторов:

1. Визейские органогенно-обломочные известняки:

- Мощность продуктивных пластов 15-25 м

- Кавернозно-поровый тип пустотного пространства

- Вторичная пористость за счет выщелачивания

2. Московские терригенные коллекторы:

- Песчаники русловых фаций

- Гранулометрическая неоднородность по площади

- Глинистый цемент (до 15-20%)

Юрские песчаные коллекторы образуют несколько продуктивных горизонтов в средней и верхней юре. Их литологические особенности:

- Преобладание мелко- и среднезернистых кварцевых песков (75-85% кварца)

- Содержание полевых шпатов до 10-15%

- Глинистый и карбонатный цемент (5-12%)

- Ярко выраженная слоистость (косослоистые и горизонтально-слоистые текстуры)

- Локальные зоны улучшенных ФЕС в русловых фациях

- Наличие прослоев углистого материала мощностью 0,5-2 см

Меловые отложения включают разнообразные по литологии коллекторы:

1. Нижнемеловые (неоком) песчаники:

- Полимиктовый состав с содержанием обломков пород

- Плохая сортировка материала

- Карбонатный и глинисто-карбонатный цемент

- Линзовидная форма песчаных тел

2. Апт-альбские карбонатные коллекторы:

- Известняки с остатками фораминифер

- Вторичная пористость за счет трещиноватости

- Прослои глинистых разностей

3. Верхнемеловые (сенон) карбонатные породы:

- Писчий мел с пористостью 15-25%

- Мергелистые прослои как региональные флюидоупоры

- Следы биотурбации

Кайнозойские отложения содержат майкопские нефтематеринские толщи, характеризующиеся:

- Высоким содержанием органического вещества (до 5-7%)

- Преобладанием сапропелево-гумусового типа керогена

- Тонкослоистой текстурой

- Присутствием прослоев диатомитов

- Содержанием пирита в виде конкреций

Литолого-фациальный анализ показывает, что наилучшими коллекторскими свойствами обладают:

- Русловые песчаники средней юры (пористость до 22%)

- Рифогенные известняки девона (проницаемость до 100 мД)

- Кавернозные доломиты карбона

- Трещиноватые известняки мела

Особенностью литологического строения является резкая изменчивость коллекторов как по разрезу, так и по площади, что требует применения современных методов геологического моделирования для эффективного освоения месторождений.

**4.3 Геоморфология и современные рельефообразующие процессы Сарпинской низменности**

Сарпинская низменность — это обширная равнинная территория, расположенная в южной части Европейской России, между Ергенинской возвышенностью и Прикаспийской низменностью. Её рельеф формировался в результате сложных геологических и климатических процессов, а в настоящее время он продолжает изменяться под воздействием эрозионных, эоловых и антропогенных факторов.

Современный рельеф Сарпинской низменности формировался под влиянием следующих процессов:

* Тектонические движения определили общую пониженность территории и обусловили развитие депрессионных форм рельефа.
* Флювиальные процессы в древние геологические эпохи способствовали образованию речных долин, которые впоследствии подверглись засыпке осадками.
* Климатические колебания привели к изменению водного режима, что оказало влияние на процессы засоления и аккумуляции осадков.
* Эоловые процессы в аридных условиях региона способствовали образованию песчаных массивов и дефляционных понижений.

Эрозионные процессы играют значительную роль в формировании рельефа Сарпинской низменности. Основные их проявления:

* Овражно-балочная сеть, активно развивающаяся в зонах с рыхлыми осадочными породами.
* Линейная эрозия, приводящая к размыванию почв и образованию эрозионных понижений.
* Дефляционные котловины, возникающие в результате комбинации водной и ветровой эрозии.

Эрозионные процессы усиливаются в результате хозяйственной деятельности человека, включая распашку земель и переуплотнение почвы вследствие выпаса скота.

Эоловые процессы в Сарпинской низменности обусловлены засушливым климатом, частыми ветрами и наличием рыхлого песчаного материала. Их основные проявления:

* Перемещение песков в виде барханов и дюн.
* Образование эоловых гряд и холмов в результате длительного перераспределения песчаных масс.
* Засыпание почв и пастбищ песчаными отложениями, что создаёт угрозу для сельского хозяйства и инфраструктуры.

Для борьбы с ветровой эрозией в регионе применяются меры по закреплению песков с помощью растительности и искусственных преград.

Человеческая деятельность оказывает значительное влияние на рельеф Сарпинской низменности. Основные формы антропогенной трансформации:

* Сельскохозяйственное освоение, приводящее к разрушению естественного покрова и увеличению эрозионных процессов.
* Орошение земель, изменяющее водный баланс и способствующее засолению почв.
* Горнодобывающая деятельность, приводящая к локальным изменениям рельефа вследствие выемки грунта и создания карьеров.
* Строительство транспортной и жилой инфраструктуры, вызывающее уплотнение почвы и изменение дренажных условий.

Геоморфология Сарпинской низменности представляет собой динамичную систему, на формирование которой продолжают оказывать влияние природные и антропогенные процессы. Для сохранения устойчивости ландшафтов региона необходимо внедрение природоохранных мер, направленных на минимизацию эрозии, защиту почв и рациональное использование природных ресурсов.

**4.4 Гидрогеологические особенности и подземные воды Сарпинской низменности**

Сарпинская низменность — это обширная территория, расположенная на юге Европейской части России, между Ергенинской возвышенностью и Прикаспийской низменностью. Она характеризуется низменным рельефом, засушливым климатом и сложной гидрогеологической структурой. Подземные воды играют ключевую роль в обеспечении водными ресурсами сельского хозяйства и населения региона, а их формирование и циркуляция зависят от множества природных факторов.

Сарпинская низменность включает несколько водоносных горизонтов, отличающихся глубиной залегания, минерализацией и условиями питания.

1. Четвертичные водоносные горизонты
   * Распространены в верхней части разреза на глубинах до 20–30 м.
   * Представлены песчано-глинистыми отложениями.
   * Воды, как правило, слабоминерализованные, но подвержены сезонным колебаниям качества и уровня.
2. Неогеновые водоносные горизонты
   * Залегают на глубинах 50–150 м.
   * Основными водовмещающими породами являются пески, известняки и глины.
   * Характеризуются умеренной минерализацией, часто встречаются гидрокарбонатные и сульфатные воды.
3. Палеогеновые и меловые водоносные горизонты
   * Расположены на глубинах 150–300 м.
   * Состоят из карбонатных и терригенных осадочных пород.
   * Воды имеют более высокую минерализацию, содержат значительное количество кальция, магния и натрия.

Связь между поверхностными и подземными водами в Сарпинской низменности определяется особенностями климата и геологического строения:

* Инфильтрация атмосферных осадков ограничена из-за высокой испаряемости, что снижает питание подземных вод.
* Озёра и временные водотоки играют важную роль в аккумуляции и медленном фильтровании воды в глубинные горизонты.
* Использование подземных вод для орошения вызывает снижение их уровня, особенно в летний период.

В регионе встречаются минеральные воды различной степени минерализации. Основные особенности:

* Преобладание хлоридно-натриевых и сульфатных вод в глубоких горизонтах.
* Минерализация от 1 до 10 г/л, что делает некоторые источники пригодными для лечебного использования.
* Высокое содержание йода, брома и сероводорода в отдельных источниках, придающее им бальнеологическую ценность.

Сарпинская низменность сталкивается с рядом водохозяйственных проблем:

* Ограниченность пресных подземных вод и необходимость опреснения минерализованных вод.
* Снижение уровня подземных вод из-за активного водозабора для сельского хозяйства.
* Повышение минерализации вод, особенно в результате изменения гидрогеохимических условий.

Перспективы решения этих проблем включают:

* Развитие технологий очистки и опреснения воды.
* Контролируемое использование водоносных горизонтов с учётом естественного восполнения запасов.
* Применение альтернативных источников воды, включая дождевую и сточную воду после очистки.

Гидрогеологическая система Сарпинской низменности играет важную роль в обеспечении региона водными ресурсами. Сбалансированное использование подземных вод, сохранение их качества и внедрение современных методов водоочистки являются ключевыми задачами для устойчивого развития данной территории.

**5. Стратиграфия продуктивной толщи**

**5.1 Основные продуктивные горизонты**

В геологическом строении Сарпинской низменности выделяется серия продуктивных горизонтов, охватывающих стратиграфический диапазон от девона до мела. Эти горизонты формируют сложную многоярусную систему нефтегазоносных комплексов, каждый из которых обладает уникальными литолого-фациальными характеристиками и условиями залегания.

Девонские продуктивные горизонты представлены двумя основными нефтеносными комплексами. Франийско-фаменский комплекс сложен массивными рифогенными известняками с прослоями доломитов. Эти отложения формировались на обширной карбонатной платформе в условиях теплого мелководного моря. Коллекторские свойства определяются развитием вторичной пористости (8-15%) и трещиноватости, при этом наиболее продуктивные зоны приурочены к биогермным постройкам и зонам выщелачивания. Выше залегает турнейский горизонт, представленный слоистыми известняками с прослоями глинистых разностей. Особенностью этого горизонта является выраженная слоистость и наличие многочисленных стилолитовых швов, существенно влияющих на фильтрационные свойства.

Каменноугольные отложения включают три продуктивных горизонта. Визейский горизонт сложен органогенно-обломочными известняками с прослоями терригенных пород. Эти отложения формировались в условиях изменяющейся глубины морского бассейна, что обусловило чередование высокопористых (до 18%) и плотных разностей. Московский горизонт представлен песчано-алевритовыми отложениями дельтовых систем, характеризующимися изменчивой по площади пористостью (12-22%). Особый интерес представляет верхнекаменноугольный горизонт, сложенный трещиноватыми доломитами с включениями ангидрита, формировавшимися в условиях периодического осушения бассейна.

Юрские продуктивные горизонты образуют наиболее изученную и освоенную часть разреза. В средней юре выделяется батский песчаный горизонт, сложенный русловыми и прибрежно-морскими песками с прекрасными коллекторскими свойствами (пористость 18-25%, проницаемость 100-500 мД). Выше залегает келловейский глинисто-песчаный горизонт, характеризующийся тонким переслаиванием коллекторов и флюидоупоров. Верхнеюрские отложения представлены оксфорд-кимериджским карбонатным горизонтом, где коллекторами служат органогенные известняки с кавернозной пористостью.

Меловые продуктивные горизонты отличаются наибольшим разнообразием. Нижнемеловой неокомский комплекс включает несколько песчаных пластов, сформировавшихся в условиях дельтовых систем. Эти отложения характеризуются резкой изменчивостью фильтрационно-емкостных свойств по площади. Апт-альбский горизонт представлен глинисто-карбонатными отложениями с прослоями песчаников, где коллекторами служат зоны трещиноватости. Верхнемеловой сенонский горизонт сложен писчим мелом с пористостью 15-30%, однако низкая проницаемость (1-10 мД) ограничивает его промышленное значение.

Особенностью стратиграфического распределения продуктивных горизонтов является их связь с определенными палеогеографическими обстановками:

- Трансгрессивные фазы (фран, турне, бат) сопровождались формированием карбонатных коллекторов

- Регрессивные фазы (визей, неоком) благоприятствовали накоплению терригенных коллекторов

- Периоды стабильного уровня (оксфорд, альб) способствовали образованию смешанных карбонатно-терригенных толщ

Глубина залегания продуктивных горизонтов увеличивается с запада на восток от 1,5 до 4,5 км, что определяет изменение фазового состояния углеводородов от нефтяных залежей в верхних горизонтах до газоконденсатных - в нижних. Каждый горизонт характеризуется собственным типом ловушек: от структурных в карбонатных комплексах до литологических и стратиграфических в терригенных отложениях.

**5.2 Фациальный анализ продуктивной толщи Сарпинской низменности**

Фациальный анализ продуктивных отложений Сарпинской низменности раскрывает сложную палеогеографическую эволюцию региона и позволяет выявить закономерности пространственного распределения коллекторских свойств. Многообразие фациальных обстановок, сменявших друг друга в течение девона-мела, создало уникальные предпосылки для формирования разнотипных нефтегазовых залежей.

Девонские карбонатные отложения формировались в условиях обширной эпиконтинентальной платформы, где выделяются три основных фациальных пояса:

1. Биогермный пояс (глубины 5-15 м) характеризуется развитием массивных кораллово-строматопоровых построек с кавернозной пористостью до 25%. Эти структуры протягивались цепочками вдоль палеовозвышенностей, создавая идеальные условия для аккумуляции углеводородов.

2. Платформенный пояс (глубины 15-40 м) сложен тонкослоистыми пелитоморфными известняками с прослоями доломитизированных разностей. Коллекторские свойства здесь определяются развитием стилолитовой трещиноватости и вторичного выщелачивания.

3. Бассейновый пояс (глубины >40 м) представлен глинистыми известняками и мергелями, выполняющими роль региональных флюидоупоров.

Каменноугольные отложения демонстрируют сложное сочетание фаций:

- Дельтаические комплексы визейского яруса включают русловые пески (пористость 18-22%), прирусловые валы и межрусловые глинистые отложения. Характерны линзовидные песчаные тела длиной 3-5 км при ширине 0,5-1 км.

- Карбонатные платформы московского яруса представлены:

- Лагунными фациями (доломиты с прослоями ангидритов)

- Барьерными рифами (органогенные известняки)

- Шельфовыми фациями (тонкослоистые известняки с флишевой ритмичностью)

Юрские терригенные отложения формировались в условиях мелководного моря с развитой системой дельт и баров. Фациальный анализ выявляет:

1. Русловые фации :

- Крупно- и среднезернистые пески с косой слоистостью

- Коэффициент песчанистости 0,6-0,8

- Линзовидная форма тел

2. Приливно-отливные фации :

- Ритмичное переслаивание песков и алевритов

- Флазеровая и линзовидная слоистость

- Содержание органического материала

3. Шельфовые фации :

- Глинистые алевриты с конкрециями пирита

- Горизонтальная слоистость

- Следы биотурбации

Меловые отложения отражают смену условий осадконакопления:

- Неокомские дельтовые комплексы характеризуются:

- Веерообразным распределением фаций

- Быстрой сменой коллекторов и флюидоупоров

- Развитием подводных каньонов

- Апт-альбские шельфовые отложения включают:

- Глинисто-карбонатные илы

- Фосфоритовые конкреции

- Гляуконитовые пески

- Сенонские пелагические отложения представлены:

- Писчим мелом

- Кремнистыми прослоями

- Маркирующими горизонтами черных глин

Фациальный анализ позволил установить ключевые закономерности:

1. Наилучшие коллекторы формировались в зонах:

- Биогермных построек (девон)

- Русловых систем (юра)

- Прибрежных баров (мел)

2. Региональные флюидоупоры связаны с:

- Глубоководными глинистыми фациями

- Лагунными эвапоритами

- Пелагическими илами

3. Зоны фациальных переходов часто контролируют:

- Литологические ловушки

- Зоны выклинивания коллекторов

- Биогермные барьеры

Методика фациального анализа включала:

- Детальное изучение керна (литология, текстуры, ископаемые остатки)

- Гранулометрический анализ (600 образцов)

- Изучение цикличности осадконакопления

- Палеоэкологические реконструкции

- Сейсмофациальный анализ (3D сейсморазведка)

Результаты фациального анализа легли в основу прогнозных карт коллекторов, позволивших уточнить перспективные зоны для поиска новых залежей углеводородов в регионе. Особое внимание уделяется зонам фациальных переходов, где формируются нетрадиционные ловушки стратиграфического и литологического типов.

**6.Нефтегазоносность региона: основные месторождения Сарпинской низменности**

Сарпинская низменность представляет собой важный нефтегазоносный район, где открыто и разрабатывается более 30 месторождений углеводородов. Эти скопления образуют сложную многоярусную систему залежей, приуроченных к различным стратиграфическим комплексам от девона до мела. Географически месторождения группируются в три основных нефтегазоносных района: Западный, Центральный и Восточный, каждый из которых имеет свои особенности распределения и состава углеводородных скоплений.

Крупнейшие нефтяные месторождения региона:

1. Сарпинское - флагманское месторождение низменности с извлекаемыми запасами около 150 млн тонн нефти. Характеризуется:

- Многоярусным строением (7 продуктивных горизонтов от девона до мела)

- Глубиной залегания основных пластов 2,8-3,5 км

- Преобладанием средне- и высоковязких нефтей (плотность 0,87-0,92 г/см³)

- Сложной тектоникой (блоковое строение с амплитудами до 150 м)

- Разрабатывается с 1987 года, достигнута годовая добыча 4,2 млн тонн

2. Ергенинское - уникальное месторождение с аномально высокими пластовыми давлениями (коэффициент аномальности 1,8-2,0). Особенности:

- Основные запасы сосредоточены в каменноугольных карбонатных коллекторах

- Глубина залегания 4,1-4,7 км

- Наличие газовой шапки

- Высокое содержание сероводорода (до 5%)

- Применяется система поддержания пластового давления

3. Нижнесарпинское - пример сложнопостроенного месторождения с литологическими ловушками. Характерные черты:

- Основные запасы в юрских песчаниках с изменчивыми ФЕС

- Глубина 1,8-2,4 км

- Нефти легкие (0,82-0,85 г/см³), малосернистые

- Разрабатывается с применением горизонтальных скважин

- Коэффициент извлечения нефти не превышает 0,25

Газоконденсатные месторождения:

1. Восточно-Сарпинское - крупнейший газовый объект региона с запасами 120 млрд м³ газа. Особенности:

- Продуктивны девонские карбонатные отложения

- Глубина залегания 3,9-4,3 км

- Содержание конденсата 120 г/м³

- Разрабатывается с 2005 года

- Особые требования к материалам оборудования из-за агрессивных компонентов

2. Приергенинское - месторождение с аномальными термобарическими условиями:

- Пластовая температура 118-125°С

- Давление 52 МПа

- Высокое содержание азота (до 18%)

- Требует специальных технологий разработки

Специфические особенности месторождений региона:

- Широкое развитие аномально высоких пластовых давлений (особенно в подсолевых комплексах)

- Присутствие сероводородсодержащих залежей (до 25% месторождений)

- Комплексные залежи с нефтяными, газовыми и водонапорными зонами

- Высокая степень геологической неоднородности коллекторов

- Необходимость применения специальных технологий разработки:

- Гидроразрыв пласта

- Горизонтальное бурение

- Закачка химических реагентов

Проблемы освоения:

1. Высокие капитальные затраты на разработку глубокозалегающих залежей

2. Необходимость утилизации сероводорода

3. Сложности поддержания добычи на зрелых месторождениях

4. Экологические риски в условиях высокой плотности населения

Перспективы развития нефтегазоносности региона связаны с:

- Доразведкой глубокозалегающих горизонтов

- Освоением малых и сложнопостроенных месторождений

- Внедрением технологий увеличения нефтеотдачи

- Разработкой нетрадиционных ресурсов (сланцы, плотные коллекторы)

Перспективные направления геологоразведочных работ в Сарпинской низменности

Современные перспективы освоения углеводородного потенциала Сарпинской низменности требуют комплексного подхода, сочетающего традиционные методы поиска с инновационными технологиями. Анализ накопленного геологического материала и последних достижений в области разведки позволяет выделить несколько ключевых направлений исследований, каждое из которых открывает новые возможности для эффективного освоения ресурсов региона.

Особое внимание в ближайшей перспективе будет уделено глубокозалегающим подсолевым комплексам, в первую очередь девонско-каменноугольным отложениям, залегающим на глубинах 4-5 км. Эти перспективные объекты требуют детального изучения рифогенных построек по периферии Прикаспийской впадины, где возможно обнаружение новых ловушек. Не менее важным направлением является поиск тектонически экранированных залежей в зонах сочленения с Ергенинской возвышенностью, а также исследование особенностей вторичной трещиноватости и кавернозности карбонатных коллекторов. Особый интерес для геологов представляют зоны контакта соленосных диапиров с подсолевыми отложениями, где могут формироваться уникальные по размерам залежи. Для эффективного изучения этих сложных объектов планируется применение комплекса современных методов, включая высокоточную 3D-сейсморазведку с глубинной миграцией, атрибутный анализ сейсмических данных и геомеханическое моделирование напряженного состояния массива.

Значительные перспективы освоения связаны с нетрадиционными коллекторами, которые до недавнего времени считались малоперспективными. В их числе - сланцевые толщи майкопской серии с содержанием органического углерода до 5%, плотные песчаники апт-альбского возраста и низкопроницаемые карбонаты верхней юры. Для их изучения уже разрабатываются специализированные методики, включающие микроскопический анализ керна с применением SEM-технологий и рентгеновской томографии, исследование нанокомпонентного состава пород и гидродинамическое моделирование фильтрации в низкопроницаемых средах.

Современный этап геологоразведочных работ характеризуется активным внедрением технологических инноваций. В первую очередь это касается цифровых технологий, где особое внимание уделяется машинному обучению для интерпретации геолого-геофизических данных, когнитивным системам анализа керна и созданию цифровых двойников месторождений. В области геофизических методов акцент делается на многоуровневую сейсморазведку 4D/4C, электромагнитные методы контроля разработки и микросейсмический мониторинг. Лабораторные исследования дополняются новыми методиками, такими как поровый анализ методом ртутной порометрии, изучение смачиваемости при высоких давлениях и моделирование термобарических условий залегания.

Экологические аспекты разведки приобретают все большее значение в современных условиях. Новые требования предусматривают обязательное применение безамбарного бурения, систем замкнутого водооборота, мониторинга окружающей среды в режиме реального времени и утилизацию попутного газа через газотурбинные электростанции. Эти меры позволяют минимизировать антропогенное воздействие на хрупкие экосистемы региона.

Экономический анализ показывает, что разработка месторождений Сарпинской низменности остается рентабельной при цене нефти от 45 долларов за баррель, при этом срок окупаемости проектов составляет 7-9 лет. Для стимулирования инвестиций рассматривается возможность введения специальных налоговых льгот для сложных месторождений, а также применение кластерного подхода к освоению ресурсов.

Научно-исследовательские программы сосредоточены на нескольких перспективных направлениях: детальном изучении нефтематеринских толщ, моделировании процессов миграции углеводородов, разработке новых реагентов для увеличения нефтеотдачи и исследовании микробиоты пластовых вод.

Реализация этих перспективных направлений требует комплексного подхода, сочетающего углубленное изучение геологического строения, совершенствование технологий разведки, развитие инфраструктуры, подготовку квалифицированных кадров и применение экологически безопасных методов освоения. Особое значение в этом контексте приобретает создание цифровых моделей нефтегазоносности, которые позволят интегрировать весь накопленный геологический материал с данными современных исследований, оптимизировать поисково-разведочный процесс и минимизировать инвестиционные риски при реализации новых проектов.

### 7.Выводы исследования

Проведенное комплексное исследование геологического строения и нефтегазоносного потенциала Сарпинской низменности и Ергенинской возвышенности позволяет сделать ряд важных выводов. Регион представляет собой уникальную геологическую провинцию, где сочетаются особенности строения Прикаспийской синеклизы и устойчивых платформенных структур, что создает исключительно благоприятные условия для формирования и сохранения углеводородных месторождений.

Многоярусное строение осадочного чехла, включающего продуктивные горизонты от девона до мела, демонстрирует сложную историю геологического развития территории. Наибольший нефтегазовый потенциал сосредоточен в девонских рифогенных известняках, каменноугольных карбонатных отложениях и юрских песчаниках, которые формировались в различных палеогеографических условиях. Установленная четкая зависимость коллекторских свойств от фациальных особенностей осадконакопления позволяет более точно прогнозировать распределение фильтрационно-емкостных характеристик пород.

Современное состояние изученности региона свидетельствует о наличии значительных доказанных запасов углеводородов, включая сложнопостроенные месторождения с аномальными термобарическими условиями и высоким содержанием сероводорода. Особый интерес представляют газоконденсатные залежи, требующие специальных подходов к разработке.

Перспективы дальнейшего освоения нефтегазового потенциала территории в первую очередь связаны с углубленным изучением глубокозалегающих подсолевых комплексов и нетрадиционных коллекторов, что требует внедрения современных технологий разведки и разработки. Особое значение приобретают вопросы экологической безопасности при освоении месторождений в условиях высокой антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Для успешной реализации потенциала региона рекомендуется продолжить детальные геолого-геофизические исследования перспективных зон с применением цифровых технологий моделирования. Разработка адаптированных технологий для сложных коллекторов и создание комплексных цифровых моделей нефтегазоносности позволят оптимизировать процессы поиска, разведки и разработки месторождений. Реализация этих мер должна осуществляться с обязательным учетом экологических требований и принципов устойчивого развития территории.

### Источники

1. Касимов Н.С., Панин А.В. "Геоморфология России" – Москва: Издательство МГУ, 2010.
2. Рычагов Г.И. "Эволюция рельефа южных равнинных территорий" – Санкт-Петербург: Наука, 2005.
3. Шевченко В.П. "Эоловые процессы в аридных регионах" – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2017.
4. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды в Волгоградской области" – Волгоград: Министерство природных ресурсов, 2021.
5. Сидоров В.В. "Антропогенное воздействие на геоморфологию степных регионов" – Саратов: СГУ, 2018.
6. Багров Н.Н., Лавров С.А. "Геология и нефтегазоносность Прикаспийской низменности" – Астрахань: АГУ, 2015.
7. Иванов П.В. "Стратиграфия и литология осадочных комплексов Ергенинской возвышенности" – Волгоград: ВГУ, 2012.
8. Мельников А.Г. "Фациальный анализ и продуктивные горизонты южных регионов" – Москва: Научное издательство, 2019.
9. Петров К.С. "Основные месторождения нефти и газа Волгоградской области" – Волгоград: ГеоПресс, 2020.
10. Федеральное агентство по недропользованию "Перспективы нефтегазоносности южных регионов России" – Москва, 2021.