

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

*На правах рукописи*

**Ткач Николай Тимофеевич**

**Северный Каспий в позднем плейстоцене и голоцене:  
литология, стратиграфия и палеогеография**

Специальность: 1.6.5. Литология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва — 2024

Диссертация подготовлена на кафедре нефтегазовой седиментологии и морской геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

**Научный руководитель —**

**Сорокин Валентин Михайлович**

*доктор геолого-минералогических наук, доцент*

**Официальные оппоненты —**

**Левитан Михаил Аркадьевич**

*доктор геолого-минералогических наук,  
лаборатория геохимии осадочных пород  
Института геохимии и аналитической химии  
имени В. И. Вернадского РАН, заведующий  
лабораторией*

**Тучкова Марианна Ивановна**

*доктор геолого-минералогических наук,  
лаборатория геологии континентальных окраин,  
Геологический институт РАН, заведующий  
лабораторией*

**Козина Нина Владимировна**

*кандидат геолого-минералогических наук,  
аналитическая лаборатория, Институт  
океанологии им. П.П. Ширшова РАН, ведущий  
научный сотрудник*

Защита диссертации состоится «01» ноября 2024 г. в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета МГУ.016.8 Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова по адресу: г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, геологический факультет, 6 этаж, ауд. 621

E-mail: poludetkinaelena@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М. В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3119>

Автореферат разослан «    » сентября 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета МГУ.016.8,  
кандидат геолого-минералогических наук

Е.Н. Полудеткина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Работа посвящена изучению верхнечетвертичных отложений северной части крупнейшего в мире изолированного водоёма — Каспийского моря. Строение и состав толщи этих отложений отражают в себе разномасштабные палеогеографические изменения как в самом бассейне, так и на прилегающей территории. Несмотря на длительную историю изучения Северокаспийского региона, многие вопросы стратиграфии, палеогеографии, истории осадконакопления и колебаний уровня моря остаются нерешёнными. Во многом это связано с тем, что вплоть до конца XX века основой для изучения региона были обнажения речных и морских террас и разрезы скважин в прибрежных областях суши, где геологическая летопись позднечетвертичного времени фрагментарна. Диссертационное исследование основано на изучении гораздо более полного архива геологической записи — отложений разных участков современной акватории Северного Каспия. Актуальность работы обусловлена потребностью разрешить дискуссионные вопросы верхнечетвертичной геологии Каспийского региона, выявить и проследить закономерности его геологического развития в позднем плейстоцене и голоцене на новых материалах отложений Северного Каспия. В диссертационном исследовании проведена попытка внести вклад в решение части вопросов геологии региона, на которые ранее было проблематично дать ответ, исследуя лишь береговые разрезы. Наиболее дискуссионными для позднечетвертичного времени в регионе являются вопросы, связанные с последней крупной трансгрессией Каспийского моря – хвалынской: её отложениями, временными рамками, палеогеографическими условиями. Поэтому работа соискателя посвящена преимущественно изучению соответствующих отложений.

**Цель исследования** — выявление особенностей позднечетвертичного седиментогенеза на шельфе Северного Каспия.

**Основные задачи:** (1) стратиграфическое расчленение верхнечетвертичных отложений Северного Каспия; (2) изучение вещественного состава отложений; (3) минералогический анализ отложений и определение питающих провинций по комплексам обломочных и глинистых минералов; (4) геохимическая характеристика отложений Северного Каспия, анализ распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) для определения изменений в питающих провинциях; (5) обобщение и анализ опубликованных малакофаунистических данных и определений абсолютного возраста отложений; (6) палеогеографическая интерпретация результатов.

**Объектом исследования** являются верхнечетвертичные отложения Северного Каспия. **Предметом** — история седиментогенеза и палеогеография Северного Каспия.

**Фактический материал и личный вклад автора.** В основу работы положены материалы исследований 40 скважин и 22 сейсмоакустических профилей, полученных в ходе инженерно-геологических изысканий преимущественно в центральной части Северного Каспия в 2002-2017 гг.

В исследовании использованы литологические описания для всех 40 скважин (1200 п.м.), для 32 из них — керновый материал или результаты аналитических исследований. Рентгенодифрактометрический анализ состава глинистых минералов

отложений выполнен для 246 образцов соискателем и н.с. В.Л. Лукшой. Гранулометрический, рентгенофлуоресцентный анализ и потери при прокаливании также выполнены диссертантом, начиная с этапа отбора проб керна до получения и анализа результатов. Помимо этого, соискателем построены литологические колонки и обобщающий разрез через несколько изученных районов Северного Каспия. В работе использованы данные определения ископаемой малакофауны к.б.н. Е.В. Бабак, а также опубликованные и полученные впервые данные об абсолютном возрасте отложений, которые были обобщены и унифицированы диссертантом. По результатам анализа этих материалов соискателем составлены две базы данных, которые используются в работе для биостратиграфического и геохронологического расчленения верхнечетвертичной толщи отложений.

**Методы исследований.** Изучение литологического состава отложений, их строения, биостратиграфических и геохронологических данных позволило описать литологические типы отложений и обосновать выделение ательского, хвалынского, мангышлакского и новокаспийского горизонтов. Характер строения толщи верхнечетвертичных отложений, а также серия аналитических исследований (малакофаунистических, литологических, геохимических) и обобщения литературных данных позволили выявить смены условий осадконакопления в регионе и изменений в питающих провинциях. Полученные результаты использованы для палеогеографической реконструкции.

**Научная новизна.** Впервые дана комплексная характеристика отложений позднего плейстоцена и голоцена Северного Каспия, включающая литологический, геохимический, стратиграфический и геохронологический аспекты. В диссертационном исследовании автором выявлены и показаны изменения в питающих провинциях Северного Каспия по данным РЗЭ и состава глинистых минералов в позднечетвертичное время. Установлены закономерности распределения минералов тяжёлой фракции тонкого песка в верхнечетвертичных отложениях Северного Каспия. Впервые прослежены хронологические границы палеогеографических этапов и накопления горизонтов, выделяемых в верхнечетвертичных отложениях региона.

**Защищаемые положения:**

1. В последовательности верхнечетвертичных отложений Северного Каспия по смене комплексов фауны моллюсков и литологических признаков выделяются и четко коррелируются по сейсмоакустическим профилям четыре горизонта, разделенных серией разновозрастных врезов. Возраст ательского горизонта до 30 т.л.н., хвалынского — 30-11,5 т.л.н., мангышлакского — 11,5-8 т.л.н., новокаспийского — 8-0 т.л.н. Отложения горизонтов, маркирующих периоды падения уровня моря, выполняют палеопонижения и отличаются по условиям залегания от горизонтов, соответствующих подъемам уровня моря.

2. В центральной части Северного Каспия в позднечетвертичное время формировалась единая волжская терригенно-минералогическая провинция, трансформировавшаяся по мере удаления от дельты Волги. В периоды подъема уровня моря преобладал сток Камского бассейна, а в периоды падения уровня моря — Верхневолжского.

3. Позднечетвертичная история Северного Каспия включает два регрессивных и два трансгрессивных этапа: окончание регрессивного ательского этапа соответствует времени до 30 т.л.н., когда уровень моря опускался до -55 м от современного уровня Каспия (от СК) (-83 м абс. Балтийской системы), а осадконакопление происходило в дельтовых и ильменно-озёрных пресноводных обстановках; хвалынский этап, продолжавшийся от 30 до 11,5 т.л.н., за время которого уровень моря поднимался как минимум дважды: до +38 – +40 м от СК (+20 – +22 м абс. БС) и до +73 – +78 м от СК (+45 – +50 м абс. БС) в максимум трансгрессии, а отложения накапливались непрерывно в морских – солоноватоводных условиях; регрессивный мангышлакский этап, соответствующий периоду 11,5-8 т.л.н., когда уровень моря опускался до отметок -72 м от СК (-100 м абс. БС), осадки накапливались в дельтовых и ильменно-озёрных пресноводных обстановках; новокаспийский этап, начавшийся с 8 т.л.н., характеризовавшийся осцилляциями уровня моря в пределах от -12 м от СК (-40 м абс. БС) до +6 м (-22 м абс. БС), в результате чего условия в Северном Каспии менялись от пресноводных до солоноватоводных, а осадконакопление происходило с перерывами, которые отмечаются в проксимальной к дельте Волги области.

**Практическая значимость.** Результаты исследования могут быть использованы при составлении стратиграфической и палеогеографической схемы Каспийского региона для позднего плейстоцена и голоцена, для понимания строения толщи отложений при инженерно-геологических изысканиях и для возможного средне- и долгосрочного прогнозирования динамики изменения уровня Каспия, а также в образовательных целях — в лекционных курсах Геологического и Географического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова.

**Степень достоверности.** Аналитические исследования, проведенные соискателем лично или при его непосредственном участии, выполнялись с чётким соблюдением всех методических указаний для каждого вида анализа. Для гранулометрического анализа достоверность результатов подтверждается повторяемостью измерений – не менее 5 для каждого образца. Для комплекса геохимических методов результаты измерений для одних и тех же компонентов методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией (ЛА-ИСП-МС) показали высокую сходимость. Сравнение созданной палеогеографической реконструкции климатически обусловленных колебаний уровня Каспийского моря с изотопно-кислородной кривой NGRIP, отражающей климатические изменения в северном полушарии, позволяет убедиться в достоверности проведенной работы.

**Апробация работы.** Результаты исследования и основные положения диссертации представлены диссертантом на российских и международных научных форумах: X Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода (Москва, 2017), LXIV сессия Палеонтологического общества при РАН (Санкт-Петербург, 2018), XXXVI Пленум геоморфологической комиссии РАН (Москва, 2018), UNESCO-IUGS-IGCP 610 and INQUA POCAS Joint Plenary Conference (Анталья, 2018), INQUA (Дублин, 2019), Экзолит-2019 (Москва, 2019), IX Всероссийское литологическое совещание (Казань, 2019), INQUA IFG 1709F POCAS (Тегеран, 2019),

V Всероссийской научной конференции с международным участием «Динамика экосистем в голоцене» (Москва, 2019), Экзолит – 2020 (Москва, 2020), Марковские чтения (Москва, 2020), Экзолит – 2021 (Москва, 2021), Очевские чтения (Москва-Самара-Тольятти, 2021), Geological Society of America Meeting (Вашингтон, 2021), Пути эволюционной географии (Москва, 2021), INQUA SEQS (Вроцлав, 2021), PAGES AGADIR (Агадир, 2022), IAL IPA 2022 Lagos, Memorias del Territorio (Сан-Карлос-де-Барилоче, 2022), LXIX сессия Палеонтологического общества при РАН (Санкт-Петербург, 2023), XXXVII пленум Геоморфологической комиссии РАН (Москва, 2023).

Результаты проведенного диссертационного исследования изложены в 7 статьях в рецензируемых изданиях (журналах) из списка Scopus, WoS и RSCI (из них 3 статьи в зарубежных журналах) и в изданиях из перечня, рекомендованных Минобрнауки РФ, в коллективной монографии, где диссертант является соавтором одного из разделов, а также в 42 статьях в сборниках и материалах всероссийских и международных конференций и в 12 тезисах докладов. Во всех работах вклад автора является определяющим.

**Структура работы.** Диссертационная работа состоит из 6 глав, введения и заключения, включающих 82 рисунка, 25 таблиц и 6 приложений. Объем диссертации составляет 162 страницы, основной текст изложен на 141 странице. В работе содержится 6 приложений. Список литературы включает 156 источников (из них 49 на иностранных языках).

**Благодарности.** Диссертант выражает глубокую благодарность своему научному руководителю проф., д.г.-м.н. В.М. Сорокину за организационную и научную помощь в работе и поддержку; Ю.П. Безродных и Б.Ф. Романюку за предоставленный фактический материал; н.с В.Л. Лукше за помощь в анализе состава глинистых минералов; коллективу кафедры нефтегазовой седиментологии и морской геологии и особенно с.н.с. А.Г. Рослякову за ценные замечания; заведующей НИЛ НОиПП Географического факультета МГУ проф. д.г.н. Т.А. Яниной и её коллегам за конструктивную критику, а также к.г.н. А.А. Ткач за безграничную поддержку и понимание.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Геолого-географический очерк

Каспийское море представляет собой крупнейший в мире замкнутый внутриконтинентальный водоем. Сегодня оно является озерной системой, однако геологическое строение, значительные размеры, солоноватые воды и водный режим, сходный с морским, а также связь с Мировым океаном, неоднократно устанавливавшаяся в геологической истории, сформировали традиционное отношение к Каспию как к морскому бассейну. В данной работе основное внимание сосредоточено на самой мелководной — северной части Каспия, представляющей собой участок шельфа, отделенный от Среднего Каспия. В тектоническом отношении она занимает участок Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ. Важной особенностью Каспийского моря являются высокоамплитудные колебания уровня моря в четвертичное время. Неизменным на протяжении многих лет остается выделение в неоплейстоцене и голоцене Каспийского моря нескольких этапов:

хазарского, хвалынского и новокаспийского, каждому из которых соответствует одноименный горизонт.

Основными источниками седиментационного материала для Северного Каспия являются реки Волга и Урал, в меньшей степени Терек, Кума и Эмба. Водосбор Каспия отличается тем, что имеет черты как аридной зоны, так и гумидной. Интенсивное химическое выветривание на главном водосборе (особенно в средней части Волги) способствует поступлению большого количества пелита и алевроита в Северный Каспий. В нижнем течении Волги преобладает физическое выветривание и эоловый перенос, которые поставляют более крупный материал.

## **Глава 2. История изучения региона**

Верхнечетвертичная стратиграфия и палеогеография Каспия (в том числе Северного) до последнего времени была разработана по большей части на основе изучения морских, аллювиальных и прибрежных отложений Прикаспийской низменности (Федоров, 1957; Рычагов, 1977, 1997; Квасов, 1975; Свиточ, 1991; Маев, 1994; Свиточ, Янина, 1997; Безродных и др., 2015; Чепалыга, 2004; Янина, 2012; Chepalyga et al., 2008, 2009; Yanina 2012, 2014, 2018; Krijgsman et al., 2019 и др.) и является предметом дискуссий многих исследователей. В большинстве работ, в первую очередь, уделяется внимание отложениям наиболее обширных трансгрессий Каспия, что создает некоторую ограниченность представлений о стратиграфии в силу продолжительных перерывов в осадконакоплении на низменности. Несмотря на то, что акватория Северного Каспия осушалась в позднечетвертичное время, она имеет гораздо более полную летопись осадконакопления и, соответственно, предоставляет более надежные основания для составления стратиграфической схемы, изучения отложений и реконструкции палеогеографических событий.

В акватории Северного Каспия геологические исследования велись с середины XX века (Кленова, 1951, Кленова и др., 1962), однако, в большей степени, внимание уделялось изучению современных осадков и процессов осадконакопления (Хрусталёв, 1978, 1989). Отдельные исследования по изучению строения отложений в акватории реализовывались, но не были системными. В 1959-1964 гг. Нижневолжской партией НИЛНефтегаз была пробурена серия скважин в северо-западной части акватории Северного Каспия (Рихтер, Гофман, 1962; Гофман, Рихтер, 1963; Мяконин, Тураев, 1970), но интерпретация вскрытых отложений осложнялась отсутствием биостратиграфического анализа и некачественным бурением. Обширная работа по комплексному изучению осадков всего Каспия была проведена Л.И. Лебедевым и коллегами (1973). Глинистые минералы в современных осадках Каспия были изучены Д.С. Туровским (1981). Некоторые выводы об отложениях и палеогеографии Северного Каспия также сделаны в работах по изучению палеоделт и палеорусел Волги на Мангышлакском пороге по данным сейсмоакустических исследований (Лохин, Маев, 1990; Куприн, Росляков, 1991; Куприн и др., 1992). В XXI веке появились исследования, посвященные минералогии и геохимии современных и голоценовых осадков Северного Каспия (Маслов и др., 2014, 2016; Козина, 2015; Лукашин и др., 2016; Чеховская и др., 2014, 2018). В связи с освоением нефтегазовых месторождений на рубеже веков появились обобщающие работы по геологическому строению (в основном глубинному) Каспийского региона (Глумов и

др., 2004). Тогда же в связи с началом инженерно-геологических изысканий в Северном Каспии стали появляться работы по строению, стратиграфии и палеогеографии позднего квартера региона на основе материалов бурения (Безродных и др., 2004; Безродных и др., 2014; Янина и др., 2014; Безродных и др., 2015; Безродных и др., 2017; Болиховская и др., 2017; Sorokin et al., 2018; Yanina et al., 2021; Сорокин и др., 2023).

### Глава 3. Материалы и методы

**Материалы.** В основу диссертации положены материалы инженерно-геологического бурения в Северном Каспии (Рис. 1). Помимо этого, использовались доступные литературные данные по региону. Изученные скважины расположены преимущественно в центральной зоне Северного Каспия от дельты Волги до Мангышлакского порога. Отбор керна скважин проводился в период 2002-2017 гг. Работа велась по секторам, бурение каждой скважины сопровождалось извлечением серии колонок в ее окрестностях, что позволяло более точно охарактеризовать строение верхней части толщи.

Помимо этого, соискателем в работе использованы и другие материалы — преимущественно литологические колонки и описания предшественников.

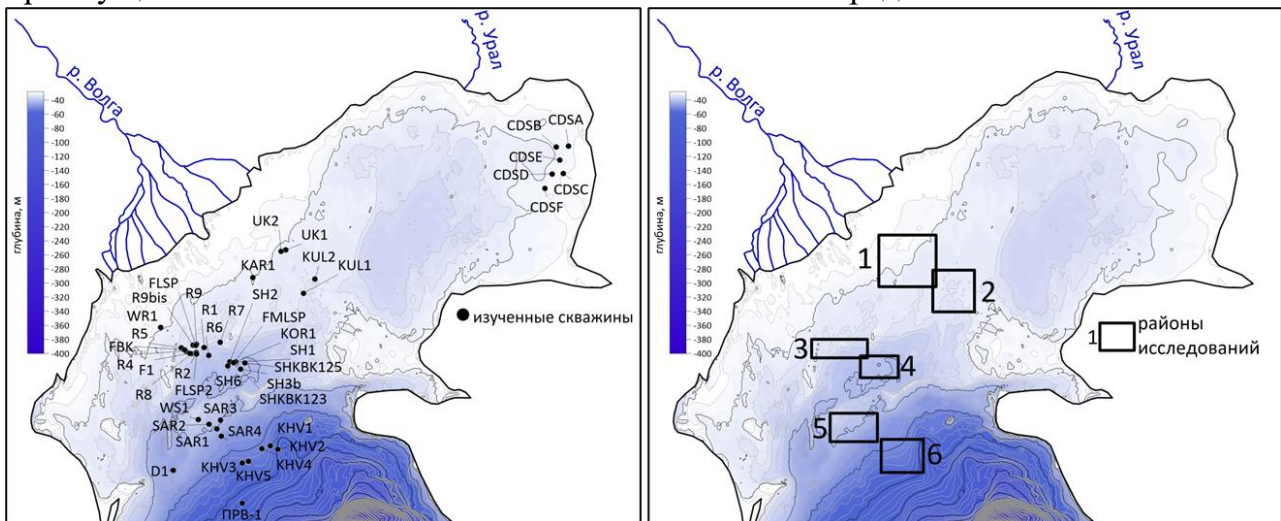


Рис. 1. Схема фактического материала. Слева: буровые скважины, использованные в работе. Справа: группировка материала по районам.

**Методы.** В работе использовались обширные данные сейсмоакустического профилирования. Проанализированы небольшие профили, не отображенные в виду масштаба схемы (Рис. 1), и серия профилей через палеодолину Волги. Кроме того, соискателем применен набор методов для изучения вещественного состава отложений и палеогеографической интерпретации истории седиментогенеза. Геохимический состав был изучен по серии скважин в районе 3. Основные оксидные соединения были определены методом РФА на волнодисперсионном спектрометре «Спектроскан» на Географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, а редкоземельные элементы, металлы и редкие металлы для тех же проб — в ФГБУ ВИМС методом ЛА-ИСП-МС (Elan-6100, Perkin-Elmer). Гранулометрический состав отложений был изучен соискателем с помощью лазерного анализатора «ЛаСка». Для определения содержания карбонатов и органики в пробах были использованы изменения в массе проб после последовательных потерь при прокаливании.



Минеральный состав лёгкой и тяжёлой подфракций тонкого песка был изучен методом оптической микроскопии (в пробах подсчитывалось около 300-400 зёрен). Содержание во фракции <2 мкм отложений глинистых минералов: смектита (и смешанослойных минералов), иллита, хлорита и каолинита было определено рентгенодифрактометрическим методом.

Для обобщения палеогеографической реконструкции созданы две базы данных: (1) с определениями состава ископаемой малакофауны (по материалам Е.В. Бабак) и (2) с данными абсолютного датирования отложений Северокаспийского региона. Для малакофаунистических определений диссертантом выполнена унификация номенклатуры согласно экспертному заключению (Wesselingh et al., 2019) и систематизирована информация об условиях обитания моллюсков из различных исследований по современным видам. База данных определений абсолютного возраста включает в себя результаты опубликованного радиоуглеродного и люминесцентного датирования, а также новые радиоуглеродные даты. База составлена согласно протоколу, предложенному N. Khan и соавторами (2019), и включает в себя полную информацию о каждой дате и вывод об условиях формирования датированных отложений (морские, пляжевые, субконтинентальные). Для каждого определения возраста установлена степень достоверности, введены поправки на изотопное фракционирование и резервуарный эффект (Boutton, 1991; Kuzmin et al., 2007), а также проведена калибровка по кривым IntCal20 (Reimer et al., 2020) и Marine20 (Heaton et al., 2020).

#### **Глава 4. Строение, биостратиграфия и геохронология верхнечетвертичных отложений Северного Каспия**

В строении верхнечетвертичных отложений всех шести основных районов исследования были обнаружены некоторые отличия. К сожалению, в виду ограниченной доступности материала хазарского горизонта, он был исключен из дальнейшего рассмотрения. По данным сейсмоакустического профилирования во всех районах прослежены четыре основных отражающих горизонта, которые разделяют пять сеймостратиграфических комплексов, соответствующих четырем толщам отложений: ательским, хвалынским, мангышлакским и новокаспийским.

*Сеймостратиграфический комплекс (ССК) 5* развит фрагментарно во всех районах, кроме 6-ого. Нижний отражающий горизонт неровный, вогнутый или слабовонутый, маркирует палеопонижения или палеоврезы. Сейсмоакустический рисунок представлен слоистой картиной сейсмосаписи, где слои постепенно выполняют палеопонижения, в целом повторяя характер его нижней границы. Мощность ССК 5 варьируется от 1 до 9 м. Верхняя граница ССК 5 преимущественно ровная, слабоволнистая (ОГ 4).

*ССК 4* развит повсеместно во всех рассмотренных районах. Нижний отражающий горизонт (ОГ 4) слабоволнистый, практически ровный. Волновая картина разительно отличается от ССК 5, сейсмоакустический рисунок слоистый, слои выдержаны по разрезу, слабоволнистые, практически ровные, повторяют форму ОГ 4. Мощность ССК 4 варьируется от 10 до 17 м, увеличиваясь при этом по мере продвижения на юг, в сторону более глубокой части Каспия. Тем не менее, на каждом отдельно взятом участке она выдержана.

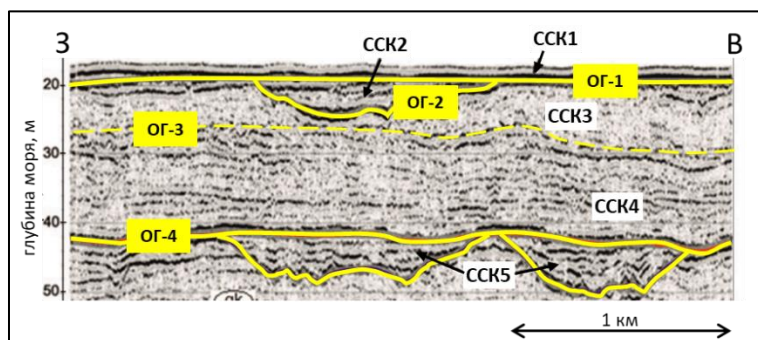


Рис. 2. Фрагмент сейсмоакустического профиля в районе 3 с ательскими отложениями, выполняющими палеоврезы

ССК 3 является совокупностью участков с слабовыраженным подошвенным прилеганием и участков хаотичной, крапчатой и слабослоистой волновой картины. Мощность ССК 3 варьируется от 7 до 18 м и сопоставима с ССК 4.

ССК 2 представлен фрагментарно, но во всех изученных районах. Нижний ОГ 2 вогнутый на разрезе, неровный, маркирует палеоврезы. Сейсмоакустический рисунок ССК 2 слоистый, слои постепенно выполняют палеоврезы, в основном повторяя форму ОГ 2. Размеры палеоврезов по сейсмоакустическим данным от 100 до 1000 м, мощность до 8 м. В районе 6 ССК 2 имеет несколько отличающийся характер: размеры палеовреза превышают 3 км, а мощность 25 м, при этом волновая картина имеет более крапчатый и хаотичный характер, что позволяет предположить, что это палеоруло Волги.

ССК 1 представлен повсеместно во всех изученных районах. Нижняя граница ОГ 1 ровная, чёткая. Волновая картина на сейсмоакустической записи преимущественно слоистая, выдержанная в пространстве. Однако на некоторых участках (районы 1-4) слоистая картина ССК 1 нарушается двумя сериями палеоврезов с более хаотичным слабослоистым сейсмоакустическим рисунком.

Таким образом, на основе сеймостратиграфического расчленения отложений можно сказать, что толща состоит из двух регрессивно-трансгрессивных ритмов, где регрессиям соответствуют ССК 5 и ССК 2, а трансгрессиям ССК 4, 3 и 1. Обратимся к отложениям, вскрытым скважинами и соответствующим описанным сеймостратиграфическим комплексам, и к их биостратиграфической и геохронологической характеристике.

*Ательские отложения (ССК 5).* В нижней части разреза во всех районах залегает ательский горизонт, вскрытый изученными скважинами не полностью, фрагментарно, и вследствие этого изученный слабее, чем другие, рассмотренные в диссертации горизонты.

Ательские отложения соответствуют этапу регрессии Каспийского моря и преимущественно залегают в небольших понижениях палеорельефа дна или даже во врезках. Для врезок, выраженных на сейсмоакустических профилях, характерны глины с прослоями алевролитистого материала, а для ательских отложений повышений в палеорельефе — алевролиты песчаные или пелитовые, местами с обилием органики (Рис. 3). Во всех районах для отложений горизонта характерно распространение раковинного детрита и редких раковин моллюсков в разном

соотношении. Важной чертой отложений ательского горизонта являются обнаруженные в скважине R1 тонкие (~1 мм) вертикальные трещины (Рис. 4) различной ориентировки. Судя по своей структуре, это трещины усыхания отложений на субаэральных поверхностях. В отложениях ательского горизонта отсутствуют раковины эндемичных для региона бивальвий рода *Didacna*, но встречаются разнообразные гастроподы и другие бивальвии, которые характеризуют пресноводную палеоэкологическую обстановку, однако не несут стратиграфической информации об этих отложениях.

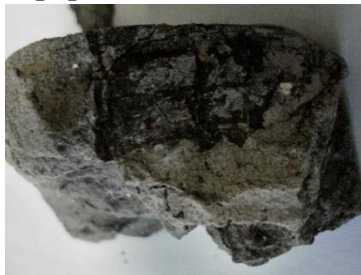


Рис. 3. Ательские отложения в скважине SH3 (22.3-22.4 м), остатки органики



Рис. 4. Скважина R1, 26.9 м. Трещины усыхания в ательских отложениях.

Возрастные оценки начальной стадии накопления отложений привести затруднительно ввиду неполноты материала. Обобщение данных радиоуглеродного датирования по верхней части горизонта позволяет сделать заключение о завершении накопления ательских отложений не позднее 30 калиброванных

тысяч лет назад (т.л.н.кал.).

*Хвалынские отложения (ССК 4-3)*. Во всех рассмотренных районах они представлены наиболее мощной толщей (18-45 м), которая имеет двучленное строение — на сейсмоакустических профилях ОГ 3 разделяет ее на нижнюю и верхнюю пачку.

Обобщая рассмотренные литологические типы отложений, можно проследить снизу вверх структуру составного хвалынского горизонта (Рис. 7), где три нижних слоя представляют нижнюю пачку, а два верхних — верхнюю: (1) в нижней части хвалынский горизонт повсеместно представлен сильно обогащенными раковинным материалом отложениями; (2) выше представлен толщей серых глин с песчаными прослоями у Мангышлакского порога и к югу от него; (3) над ней залегает толща серовато-коричневых алевритистых песков и алевритов с глинистыми прослоями и рассеянной малакофауной, не представленная в более южных и глубоководных районах; (4) ее перекрывает маломощная толща глин в районах 3, 4, 6, замещенная более песчаными отложениями в районе 5 и имеющая высокое содержание гипса в своей подошве в районах 3 и 4; (5) венчает хвалынский горизонт толща алевритистых отложений, переслаивающихся с пелитово-алевритовыми, реже (районы 5 и 6) — более песчаными отложениями. С биостратиграфической точки зрения хвалынский горизонт выделяется по преобладанию *Didacna parallela*, *Didacna subcatillus* и наличию *Didacna protracta*.

Накопление хвалынских отложений по результатам обобщения соискателя происходило в интервале примерно с 30 т.л.н.кал. до не менее, чем 14,8 т.л.н.кал. Возраст кровли хвалынских отложений не установлен, однако по данным корреляции с береговыми разрезами окончание их накопления происходило и в более позднее время — вплоть до 11,5 т.л.н.кал.

Мангышлакские отложения (ССК 2) соответствуют времени значительного понижения уровня моря — мангышлакской регрессии. Главным образом, отложения представлены фрагментарно и заполняют палеопонижения двух типов.

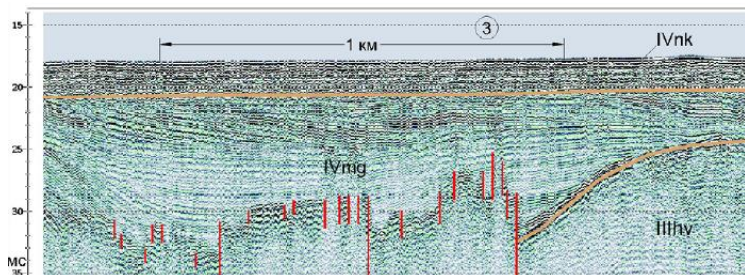


Рис. 5. Временной сейсмоакустический разрез через палеодолину Волги в районе 4.

Первый тип — участки широкой речной палеодолины — прослежен на серии сейсмоакустических профилей (Безродных и др., 2014) от Мангышлакского порога до дельты Волги (Рис. 5). Пески, выполняющие нижнюю часть

палеодолин, практически не опробованы, прослежены в основном по характеру сейсмоакустического сигнала. Верхняя часть палеодолин заполнена тонкослоистыми глинами с алевроитистыми прослоями.

Второй тип — замкнутые или полузамкнутые понижения, имеющие ту же субширотную ориентировку и морфометрические характеристики, что и ильменные понижения в современной дельте Волги, что может говорить об их схожем происхождении. Обширная группа таких палеопонижений отмечается в районах 3, 4, 5 и ближе к дельте. Основной объём палеопонижений представлен текучими глинами с обилием раковин пресноводных моллюсков и растительных остатков и тонким песком с редкими раковинами в верхней части. Возрастные оценки литологических типов, отсутствуют, но можно предположить, что они имеют схожие хронологические рамки с накоплением отложений в замкнутых палеопонижениях, которые оцениваются в 11,5-8 т.л.н.кал.

Новокаспийские отложения (ССК 1) Северного Каспия отвечают одноименной трансгрессивной фазе, которая продолжается и по сегодняшний день. Они формировались при уровне моря, близком к современному, и представлены во всех рассмотренных районах, в целом залегают плащеобразно поверх хвалыньских и мангышлакских с мощностью 1-5 м. Однако в их структуре по результатам сейсмоакустического профилирования в середине 2010-х гг. (Безродных и др., 2018) было выявлено, что в придельтовой части Северного Каспия новокаспийские отложения имеют два перерыва в осадконакоплении, которые характеризуются двумя сериями врезов. Два перерыва в осадконакоплении прослеживаются в районах 1-3 на придельтовой равнине, в то же время в районе 4 прослеживается лишь один из них — нижний. Глинистые отложения заполняют врезы и схожи между собой вне зависимости от возраста, разделяют их песчаные отложения.

Первый новокаспийский подгоризонт ( $nk_1$ ) накапливался в период 8-6 т.л.н.кал., согласно данным, полученным по районам 3-5. Отложения, выполняющие врезы первой генерации ( $nk_2$ ) по данным датирования накопились во временном интервале 6-4.2 т.л.н.кал. Меньше всего возрастных оценок существует для среднего новокаспийского подгоризонта ( $nk_3$ ) — в районе 3 получена дата 3 т.л.н.кал. Вышележащие отложения подгоризонта 4, выполняющие врезы второй генерации, имеют хронологические рамки 3-2 т.л.н.кал. в районах 1-3. По отложениям  $nk_5$  получен возраст, в основном близкий к современному, самая древняя дата 1,6

т.л.н.кал. В результате исследования строения толщи верхнечетвертичных отложений был составлен обобщающий разрез, включающий основные горизонты, описанные выше (Рис. 6).

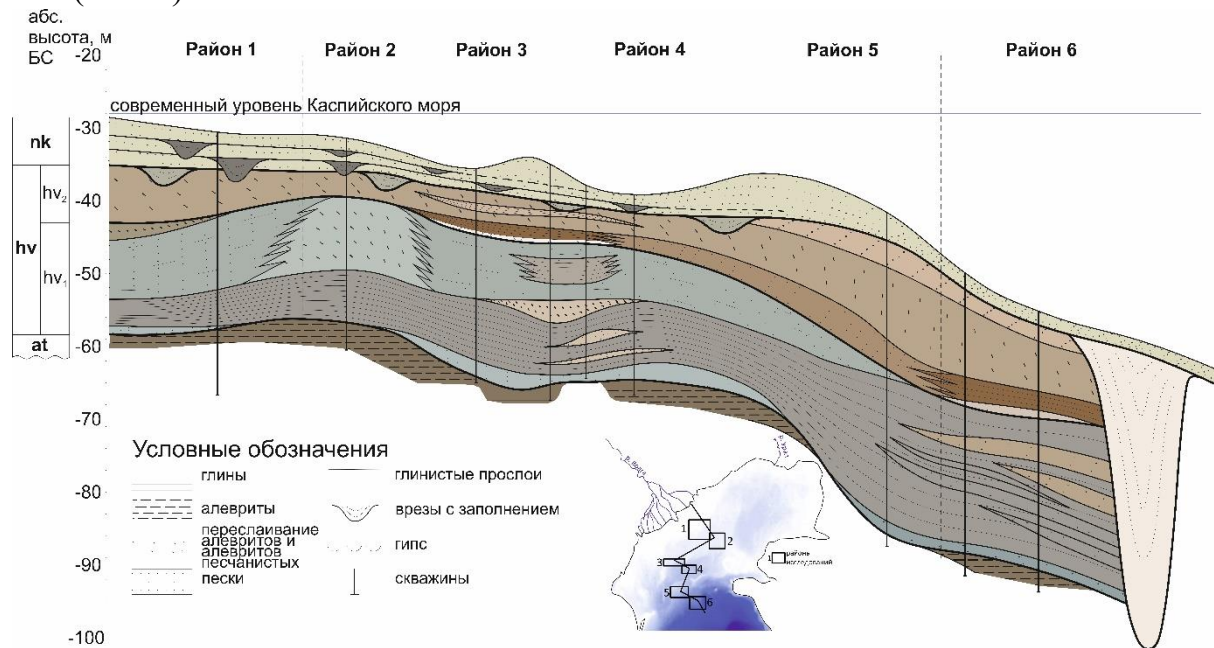


Рис. 6. Обобщающий разрез через районы 1-6 и схема его расположения

## Глава 5. Вещественный состав верхнечетвертичных отложений Северного Каспия

*Химический состав* отложений изучен в трёх скважинах на структуре Широкая и обработан корреляционным, факторным и кластерным анализами, на основании чего диссертантом выделяются следующие геохимические ассоциации: (1)  $\text{CaO} - \text{Sr} - \text{Mo} - \text{As}$  — характерна для осадков с высоким содержанием моллюскового детрита разной размерности, типично изоморфное замещение кальция стронцием в раковинах; (2)  $\text{Na}_2\text{O} - \text{Ba}$  — повышенные концентрации этих компонентов характерны для отложений морских вод повышенной солености; (3)  $\text{TiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ , а также группа металлов и РЗЭ — отражают наличие материала пелитовой фракции с органикой и оксидом железа, которые сорбируют на себе множество редкоземельных элементов и металлов.

Ввиду сильных фациальных различий между отложениями создание полноценной хемотратиграфии по полученным данным невозможно.

Состав редкоземельных элементов (РЗЭ) в отложениях отличается суммой их содержания в зависимости от принадлежности к конкретному горизонту. Состав РЗЭ был использован для отслеживания смены питающих провинций. В современном Северном Каспии главными источниками кластического материала являются Восточно-Европейская платформа и Урал. Соотношения  $\text{Zr}/\text{Sc}$  и  $\text{Th}/\text{Sc}$  на диаграмме (Рис. 7), а также  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  и  $\text{Sr}/\text{Th}$  позволяют сравнить состав геохимических образцов (Маслов и др., 2016) питающих провинций с современными осадками дельты Волги и Северного Каспия и отложениями ательского, хвалынского, мангышлакского и новокаспийского времени.

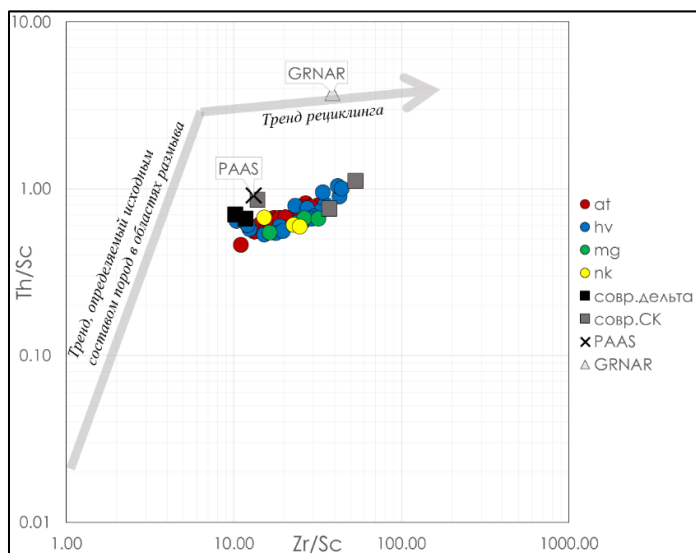


Рис. 7. Диаграмма Zr/Sc-Th/Sc и положение на ней точек геохимических образцов питающих провинций, современных волжских дельтовых и северокаспийских осадков и серии верхнеплейстоцен-голоценовых отложений.

На диаграмме (Рис. 7) точки, соответствующие современным и верхнечетвертичным осадкам, удалены от точек архейских гранитов, а их тяготение к геохимическому образу пород цоколя Восточно-Европейской платформы указывает на неизменно определяющий вклад Волги в геохимический состав северокаспийских отложений. Вариации в положении точек могут говорить о небольших изменениях — к примеру, менялось соотношение вклада в сток Верхневолжской и Камской

провинций.

Для отложений из всех изученных районов (250 проб) был определен состав глинистых минералов (иллит, смектит, каолинит и хлорит) (Рис. 8). В первую очередь, были прослежены изменения их состава в зависимости от содержания пелита, однако оказалось, что ни один из компонентов не имеет значимой связи с гранулометрическим составом.

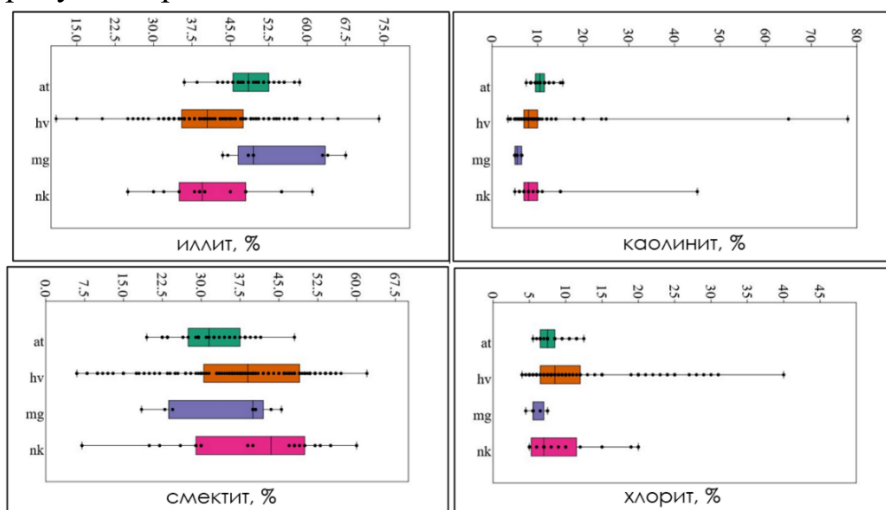


Рис. 8. Графики типа «ящик с усами» содержания глинистых минералов в ательских, хвалынских, мангышлакских и новокаспийских отложениях

логнормальному распределению, их наибольшие содержания встречаются в хвалынских и новокаспийских отложениях.

Высокая отрицательная корреляция отмечается между иллитом и смектитом в составе отложений (Рис. 9). Ательские и мангышлакские отложения по соотношению этих двух минералов идентичны. Отдельные «выбросы» хвалынских и новокаспийских проб тяготеют к оси абсцисс. Именно к ним обычно приурочены повышенные значения хлорита или каолинита.

В составе отложений за исключением нескольких проб преобладают иллит и смектит. В ательских и мангышлакских отложениях больше иллита, в то время как в хвалынских и новокаспийских — смектита. Каолинит и хлорит имеют близкое к

Для сравнения состава глинистых минералов в отложениях Северного Каспия и его водосборе были проанализированы литературные данные (Рис. 10). Волжская питающая провинция (ПП) была разделена на две части: Верхневолжскую и Камскую. Состав глинистых минералов в Верхневолжской ПП в разновозрастных моренах (которые в основном размывает Волга на этом участке) по данным Н.Г. Судаковой и Г.М. Немцовой (2004) отличается преобладанием иллитовой составляющей. В то время как состав глинистых минералов в пермско-триасовых породах в бассейне Камы отличается существенным преобладанием смектита над остальными глинистыми минералами (Немцова, 1986).

Отмечается, что повышенные содержания смектита в отложениях Северного Каспия характерны для отложений хвалынского и новокаспийского горизонтов, которые отвечают повышениям уровня моря. Как следствие, можно связать эти трансгрессивные этапы с увеличением стока из Камской ПП относительно Верхневолжской.

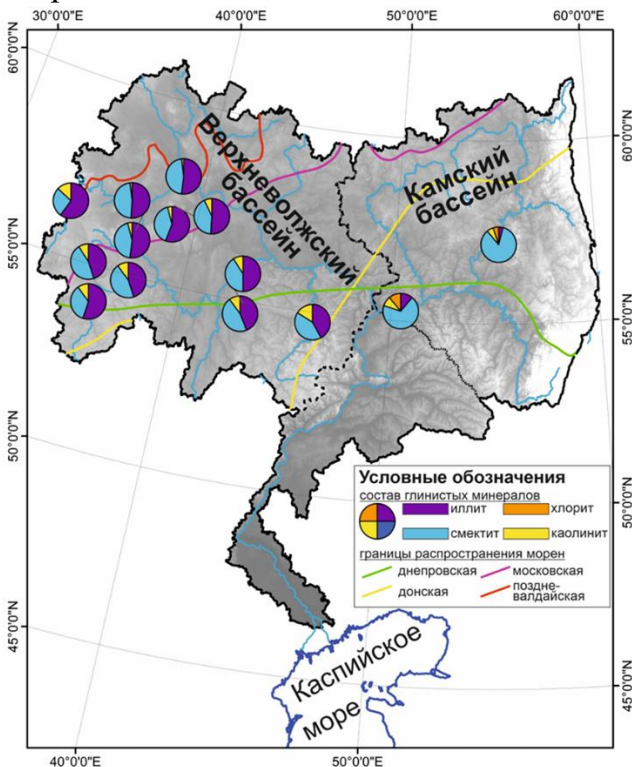


Рис. 10. Обобщенная карта преобладающих геологических образований Волжском (Верхневолжском и Камском) бассейнах с составом глинистых минералов

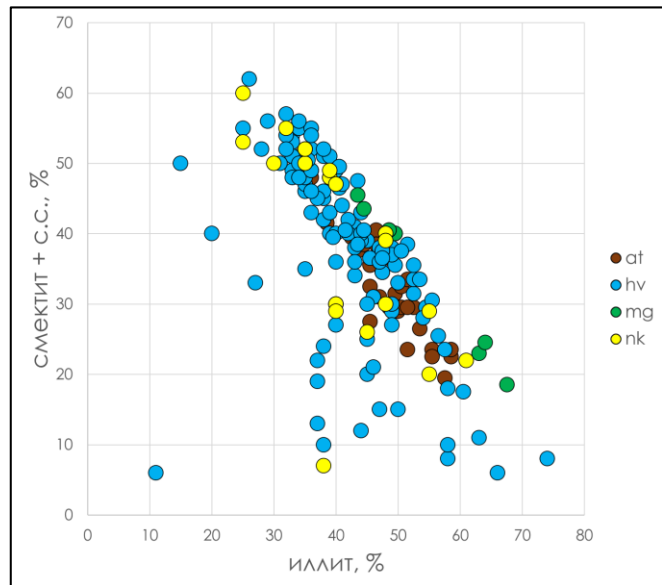


Рис. 9. Соотношение иллита и смектита в разновозрастных отложениях ( $R^2 = 0.41$ )

Минеральный состав отложений был определен, для выявления смены минералогических провинций. Состав лёгкой подфракции тонкого песка в отложениях существенно не меняется, это олигомиктовые пески. Рассмотренное соотношение кварца и полевых шпатов позволяет отметить увеличение полевошпатовой составляющей относительно кварца в нижней части верхнехвалынских отложений. Однако отсутствие площадных исследований по соотношению кварца и полевого шпата в современных осадках Северного Каспия затрудняет интерпретацию этих данных.

В составе тяжёлой подфракции наблюдается чуть большая вариативность (Рис. 11): почти во всех пробах преобладают рудные минералы,

клиноцоизит, эпидот и роговая обманка, однако в разном соотношении; в отдельных пробах велико число гранатов, биотита и циркона. В ательских и мангышлакских отложениях преобладают рудные минералы. Хвалынские и новокаспийские отложения делятся довольно чётко на две группы: с преобладанием рудных минералов и с преобладанием клиноцоизита. Такое распределение обусловлено удаленностью источника привноса материала, т.е. дельты р. Волги, что характерно и для современных отложений центральной части акватории Северного Каспия (Хрусталёв, 1978, Козина и др., 2014).

Комплексное изучение вещественного состава и строения осадков позволило выявить существенные изменения литологических типов, обусловленные колебаниями уровня моря, а также установить по результатам изучения минералогического состава обломочной и глинистой фракций и составу РЗЭ соотношение влияния во времени

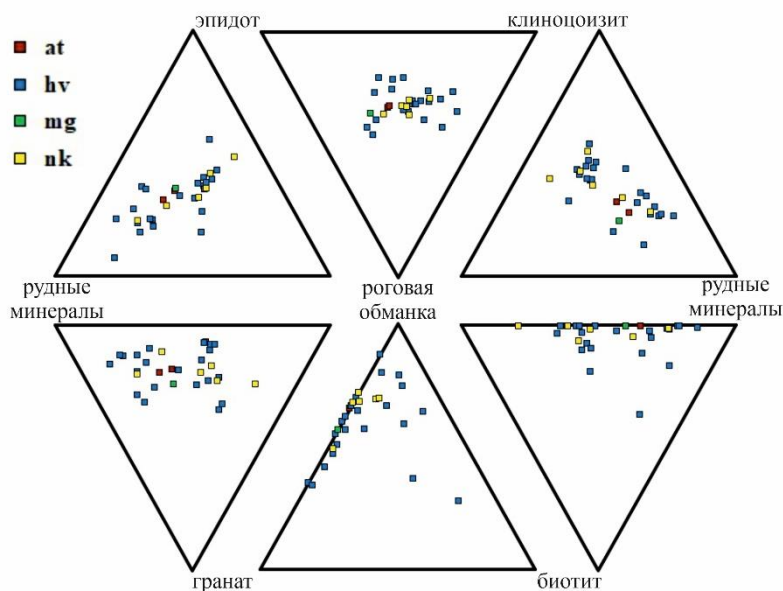


Рис. 11. Треугольные диаграммы соотношения минералов тяжелой фракции в песках (63-125 мкм).

Верхневолжского и Камского источников питания терригенным материалом с формированием единой волжской терригенно-минералогической провинции, трансформирующейся по мере удаления от дельты реки.

## Глава 6. Палеогеографическая реконструкция и история геологического развития

Рассмотренные результаты анализа строения верхнечетвертичной толщи каспийских отложений и комплекса разнообразных методов позволяют реконструировать палеогеографическую историю региона в соответствующий период времени. В главе прослежены изменения природной среды и условий осадконакопления в этапы, соответствующие четырем горизонтам, описанным в главе 4. Однако перед этим был рассмотрен вспомогательный материал по оценке изменений уровня моря.

Обобщение данных абсолютного датирования позволило оценить скорости осадконакопления отложений и реконструировать колебания уровня моря. Наивысшие скорости седиментации подсчитаны для начала хвалынского этапа (2,05 мм/год), самые низкие — для новокаспийского (0,21 мм/год).

Учитывая низкие скорости неотектонических движений в регионе и преобладающий вклад эвстатических колебаний уровня моря над локальными факторами, составленный график колебаний (Рис. 12) отражает изменения уровня, связанные с изменением объема воды. Картина распределения точек (дат),



соответствующих морским и континентальным условиям, позволяет проследить ход береговой линии. Полученный тренд изменения уровня Каспия в позднем плейстоцене и голоцене позволяет выделить основные этапы позднечетвертичной истории региона: ательский этап низкого стояния уровня до -55 м от СК (-83 м абс. БС), продолжавшийся примерно до 30 т.л.н.; хвалынский этап высокого стояния уровня моря до +78 м от СК (+50 м абс. БС) (до 11,5 т.л.н., с максимумом в 14-13 т.л.н.); мангышлакский этап низкого стояния (до -72 м от СК или -100 м абс. БС) до 8 т.л.н.; и продолжающийся по сей день новокаспийский этап с флуктуациями уровня, близкими к положению его современной отметки.

*Ательскому этапу* соответствуют условия пониженного уровня Каспийского моря (Рис. 12, 13). Степень регрессии бассейна в данном случае оценить затруднительно – данные, полученные в рамках исследования, позволяют лишь указать уровень, ниже которого опускалось море (-55 м от СК или -83 м абс. БС).

Характер остатков флоры и фауны позволяет реконструировать дельтовые или авандельтовые условия накопления изученной ательской толщи в Северном Каспии. Минеральный состав тяжёлой подфракции подтверждает принадлежность к этим условиям, поскольку среди всего приносимого Волгой материала, первыми осаждаются тяжелые рудные минералы и относительно много граната. О пресноводных условиях говорит и изотопно-кислородный состав остракод из отложений. По преобладанию иллита над смектитом реконструируется относительно высокий сток из Верхневолжского бассейна.

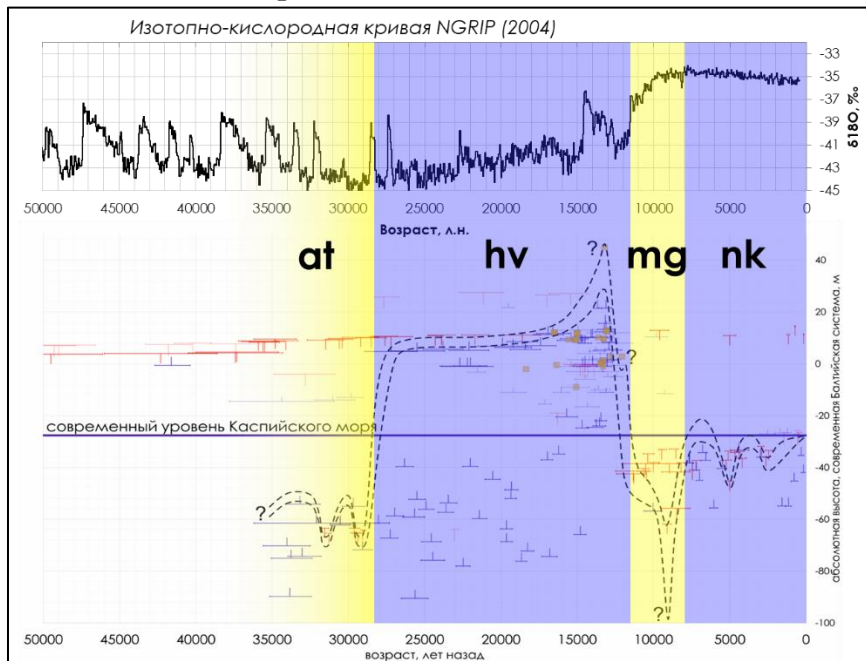


Рис. 12. График обобщения абсолютных даты в регионе с примерным ходом кривой колебания уровня моря за последние 35 т.л.н. (внизу) и изотопно-кислородная кривая NGRIP (вверху)

Достоверно проследить на основе имеющихся данных перестройку речной системы Волги и Урала при глубокой регрессии проблематично. В западной части Мангышлакского порога предшественниками вскрыто палеорусло Волги (Куприн и др., 1992), судя по глубине его заложения оно относится к ательскому времени. Изученные скважины

позволяют проследить лишь окончание ательского регрессивного этапа, когда уровень моря достигал отметок как минимум до -55 м от СК (-83 м абс. БС). Накопление этих отложений происходило в прохладных условиях в волжских

дельтовых обстановках при падении уровня моря в МИС 3. Основным поставщиком терригенного материала на данном этапе являлась Волга.

*Хвалынский этап.* Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, позволяют предположить, что к 30 т.л.н. в Северокаспийском регионе приурочено начало хвалынского этапа (Рис. 12, 13). Разумеется, в силу большой площади Северного Каспия и постепенного характера трансгрессии изменение обстановок осадконакопления в разных частях современной акватории происходило поступательно.

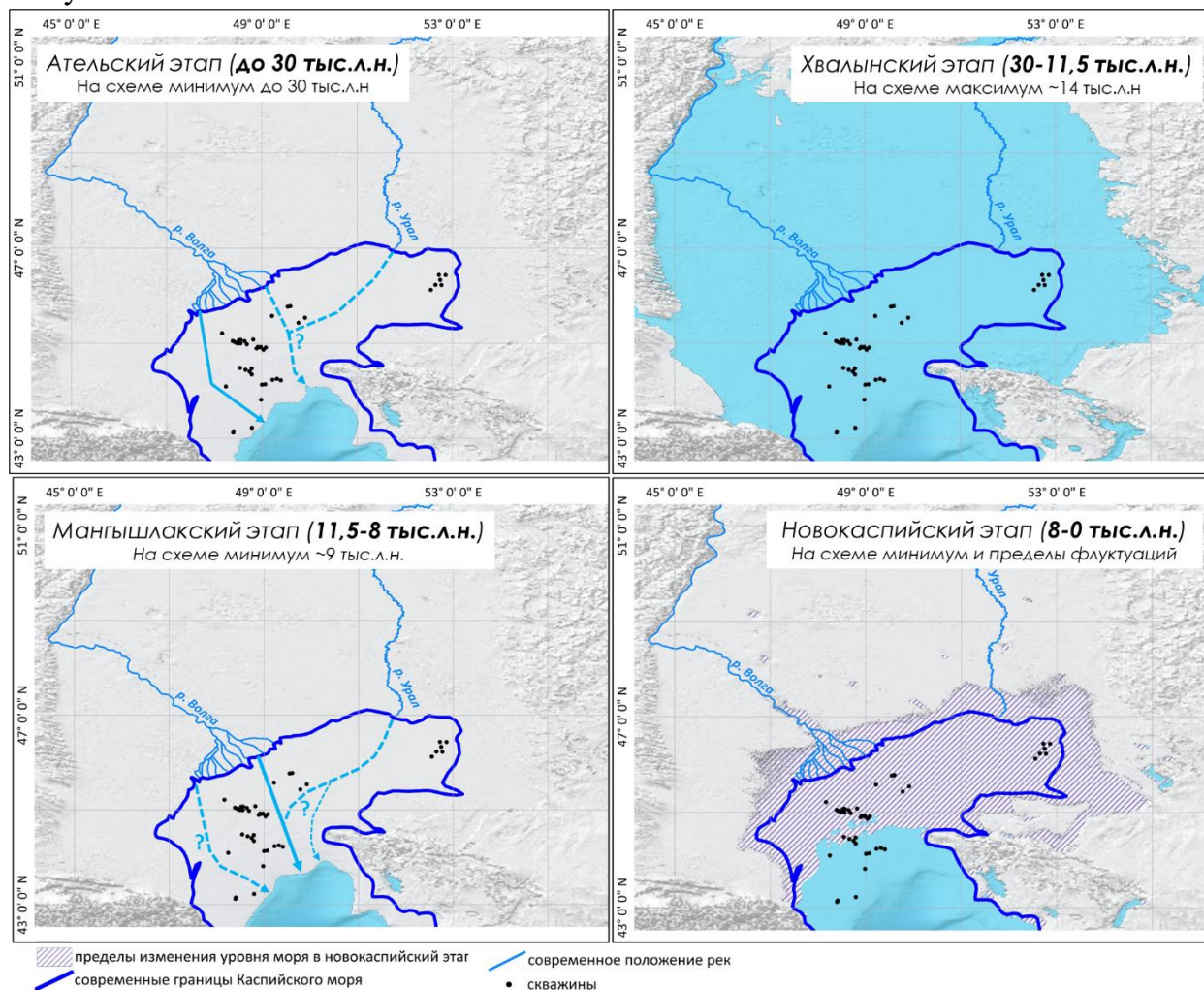


Рис. 13. Схема положения моря и речной системы в разные этапы

Первый хвалынский подэтап сопровождается началом подъема уровня моря и предшествует наступлению поздневалдайской ледниковой эпохи и аридизации климата в Северном полушарии (конец МИС 3). Постепенный подъем моря до уровня современной дельты Волги происходил с 32,1 до 26,9 т.л.н., позже он достиг отметок +33 м от СК (+5 м абс. БС), что проявилось в накоплении лагунных серых глин, вскрытых в разрезе Ленинск (Kurbanov et al., 2022). Весь период подъема уровня моря сопровождался накоплением в Северном Каспии отложений, богатых раковинным материалом, которые постепенно стали перекрываться серыми глинами в период 26-22 т.л.н. Этот этап совпадает с началом периода относительной стабилизации уровня моря на отметках +38 – +48 м от СК (+10 – +20 м абс. БС). Для этого подэтапа характерно увеличение стока с Камского бассейна. Причины подъема уровня моря

вероятно связаны непосредственно с климатическими изменениями (переход МИС 3-2). Тем не менее, открытым остается вопрос: произошло ли повышение уровня за счет суммарного увеличения стока или за счет уменьшения испарения над акваторией? Поскольку установление холодного и сухого климата ледниковой эпохи (МИС 2) должно было способствовать уменьшению общего стока Волги, предполагается, что большее влияние оказало уменьшение расходной составляющей водного баланса.

Второй подэтап развития хвалынского бассейна сопровождался относительной стабилизацией уровня моря, возможно, с некоторыми осцилляциями (22-18 т.л.н.). В отложениях рассматриваемого временного отрезка уменьшается содержание рудных минералов за счёт постепенного удаления от источника привноса материала. Изменения в составе минералов тяжелой подфракции в хвалынских отложениях второго этапа, вероятно, могли быть обусловлены несколькими факторами: а) изменением циркуляции вод в бассейне из-за увеличения его глубины, б) развитием песчаных бурь. Стабилизация уровня моря подтверждается данными датирования по разрезам северной части Нижнего Поволжья (Янина и др., 2017, Kurbanov et al., 2021, Kurbanov et al., 2022, Taratunina et al., 2022). В климатическом отношении это довольно стабильный этап аридного климата ледниковой эпохи.

Третий подэтап отвечает максимальной стадии трансгрессии Каспийского моря на рассматриваемом промежутке (18-11,5 т.л.н.). Уровень моря резко поднялся за короткий срок до отметок, по некоторым данным, превышающим +78 м от СК (+50 м абс. БС). Данный этап маркируется в рельефе разных побережий Каспия, а также по распространению лагунных шоколадных глин в Северном Прикаспии (Макшаев, 2019). В акватории Северного Каспия этому времени соответствует толща переслаивающихся алевритов. Наиболее «молодой» возраст, полученный по отложениям, составляет 14,8 т.л.н.кал. Причина высокого подъема уровня моря на данном этапе, скорее всего, кроется не в уменьшении расходной составляющей водного баланса, а в увеличении приходной. Так, для этого же хронологического интервала (18-13 т.л.н.) многими исследователями фиксируется пльвиальная эпоха на Европейской части России, существенно увеличившийся речной сток (Panin, Matlakhova, 2015; Gelfan et al., 2024).

Однако при пересчете имеющейся кривой колебаний уровня моря (Рис. 12) на изменение объема бассейна на основе данных SRTM, подъем уровня моря третьего подэтапа существенно сглаживается из-за того, что при подъеме выше чем на +20 м абс. рельеф прибрежной зоны сменяется со плоского равнинного на более расчлененный и для подъема на 1 м требуется меньший объем воды.

Рассмотренное строение толщи хвалынского горизонта не позволяет реконструировать глубокую (ниже современного уровня Каспия) енотаевскую регрессию (Свиточ, 2016), выделяющуюся по разрезам Нижнего Поволжья некоторыми исследователями между разными стадиями хвалынской трансгрессии. В толще хвалынских отложений в акватории Северного Каспия не наблюдается ни перерывов в осадконакоплении, ни врезов, которые могли бы свидетельствовать о регрессии. Таким образом, имеющиеся материалы не дают оснований и для выделения следующей за ней позднехвалынской трансгрессии в самостоятельный этап. Возможно, это была фаза стабилизации уровня моря.

В результате падения уровня моря в *мангышлакский этап* шельф Северного Каспия осушался, что подтверждается повсеместно прослеженной зоной размыва и серией врезов в кровле хвалынского горизонта. Явные свидетельства наличия затопленных береговых линий для мангышлакского этапа отсутствуют, что не позволяет оценить предел падения уровня моря, как и в случае с ательским этапом. Однако по положению тальвега погребенной долины палео-Волги можно утверждать, что море опускалось до уровня -72 м от СК (-100 м абс. БС), что косвенно подтверждается наличием на схожих глубинах в рельефе северного склона Среднего Каспия очертаний палеодельты (Маев, 1992). Отложения данного этапа начинали накапливаться сразу после образования врезов и понижений 11,3 т.л.н.кал. в ильменно-дельтовых условиях. Преобладающий сток Камского бассейна сменился большим стоком с Верхневолжского. Окончание накопления отложений данного этапа пришлось примерно на 8,3 т.л.н.кал. (Рис. 12, 13). Причины столь глубокой регрессии в начале голоцена, вероятно, обусловлены климатическими изменениями: в результате голоценового потепления увеличилась расходная составляющая водного баланса, тогда как аридные условия на водосборе не позволили увеличиться приходной составляющей.

Глубокий регрессивный этап вновь сменился трансгрессией Каспийского моря — *новокаспийской* — которая продолжается и по сегодняшний день. Уровень моря в ходе данного этапа поднялся примерно до современных отметок и осциллировал в обе стороны от современного его положения (Рис. 12, 13). В нем выделяется 5 подэтапов: три трансгрессивных и два регрессивных. Первый подэтап начался практически без перерыва с момента окончания заполнения мангышлакских палеоврезов около 8,2 т.л.н.кал., что соотносится с началом тёплого и влажного атлантического периода голоцена и повышенного речного стока в Европейской части России (Panin, Matlakhova 2015). Кроме того, отнесение данного этапа к теплым и влажным условиям подтверждается спорово-пыльцевыми спектрами в отложениях дельты Волги (Болиховская, 2011). По составу глинистых минералов для этапа реконструируется увеличение стока с Камского бассейна. Трансгрессивный подэтап продолжался до 6 т.л.н.кал (до уровня +6 м от СК или -22 м абс. БС). Он сменился падением уровня моря до отметок -12 м от СК (-40 м абс. БС), судя по тальвегам палеоврезов. Временные рамки заполнения врезов подэтапа — до 4,2 т.л.н.кал. Затем до 3 т.л.н.кал. уровень моря поднялся как минимум до современных отметок, судя по отложениям, перекрывающим заполненные врезы и отложения первого новокаспийского подэтапа. Четвертый подэтап (3-2 т.л.н.кал.) отвечает регрессии моря — тальвеги врезов достигают -10 м от СК (-38 м абс. БС). В остальном, условия осадконакопления были схожими — дельтовыми, слабопроточными. Финальный этап ознаменовался формированием современного покрова осадков в Северном Каспии и стабилизацией уровня моря на высотных отметках, близких к современным. Начало заключительной стадии датировано возрастом 1,6 т.л.н.кал. В этот период формировались осадки, подробно описанные в ряде работ, посвященных региону (Лебедев и др., 1973, Хрусталеv, 1978, 1989, Козина, 2015).

## Заключение

В результате проведенного диссертационного исследования достигнута цель — выявлены особенности позднечетвертичного седиментогенеза в Северном Каспии. Обратимся к основным выводам, сделанным в ходе работы:

1) В отличие от фрагментарных разрезов четвертичных отложений в прибрежных областях, на шельфе Северного Каспия многочисленными скважинами вскрыта заметно более полная последовательность верхнечетвертичных отложений. В их составе по смене комплексов фауны моллюсков и литологических признаков выделены 4 горизонта, отражающие существенные колебания уровня моря в интервале до  $\pm 80$  м от современного уровня моря. Датирование позволило установить их возрастные границы в интервалах более 30 тыс.л.н. для регрессивного ательского, 30-11,5 тыс.л.н. для трансгрессивного хвалынского, 11-8 тыс.л.н. для регрессивного мангышлакского и 8-0 тыс.л.н. для новокаспийского трансгрессивного горизонтов. По данным сейсмоакустического профилирования выделенные толщи разделены региональными отражающими горизонтами, соотнесены с разрезами скважин, скоррелированы между изученными участками шельфа.

2) В строении верхнечетвертичных отложений Северного Каспия участвуют различные литологические типы, сформированные в терригенных условиях осадконакопления: ильменно-озерных, дельтовых, авандельтовых и шельфовых. В регрессивные эпохи палеорельеф определял латеральное распределение отложений. Смена обстановок осадконакопления происходила без заметных хронологических перерывов.

3) Изучение вещественного состава осадков (минерального состава и РЗЭ) позволило установить во времени соотношение вклада Верхневолжского и Камского источников питания терригенным материалом с формированием единой волжской терригенно-минералогической провинции осадков. Волга, несмотря на существенные изменения в ее бассейне на протяжении рассматриваемого периода, по данным геохимии и минералогии являлась преобладающим источником привноса материала в Северный Каспий.

4) Анализ строения, вещественного состава и геохронологических данных по хвалынским отложениям свидетельствует о составном характере хвалынской трансгрессии, который отличается от того, что было реконструировано предшественниками по береговым разрезам. Отложения первого и, как правило, второго этапов прослеживаются лишь в скважинах Северного Каспия, в то время как отложения, традиционно выделяемые как нижне- (шоколадные глины) и верхнехвалынские в береговых разрезах, соотносятся с третьим хвалынским этапом, выделяемым в данной работе.

5) Строение отложений Северного Каспия не позволяет выделить глубокую енотаевскую регрессию, описанную предшественниками по одному из разрезов Нижнего Поволжья между ранне- и позднехвалынской трансгрессиями. Как следствие, позднехвалынская трансгрессия Каспия, выделяемая по береговым разрезам и морским террасам, является не самостоятельным трансгрессивным событием, а осцилляцией или фазой стабилизации уровня моря.

б) Реконструированные в рамках диссертационного исследования колебания уровня моря и смены условий осадконакопления обусловлены климатическими изменениями, что подтверждается общих сходством динамики кривой колебаний Каспийского моря, построенной в рамках диссертации, с изотопно-кислородной кривой NGRIP.

**Список основных публикаций по теме диссертации**

***В журналах Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ:***

1. **Tkach N.T.**, Sorokin V.M., Luksha V.L., Tkach A.A. Provenances of Upper Quaternary sediments in the Northern Caspian Sea // *Limnology and Freshwater Biology*, 2024, 4, pp. 696-699. doi: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-696 0,832 усл.печ.л. Импакт-фактор по РИНЦ, 2023: 0,285 (авторский вклад 80 %)
2. Tkach A., **Tkach N.**, Zenina M.A. Stable oxygen isotopes in modern ostracods from the Caspian Sea // *Journal of Paleolimnology*, 2024, №72, pp. 145-161. doi: 10.1007/s10933-024-00321-3 1,96 усл.печ.л. Импакт-фактор по SJR,2023: 0,57 (авторский вклад 45 %)
3. Макшаев Р.Р., **Ткач Н.Т.** Хронология хвалынского этапа развития Каспия по данным радиоуглеродного датирования // *Геоморфология и палеогеография*, 2023, т. 54, №1, с. 37-54. 2,08 усл.печ.л. Имп.-фактор по РИНЦ: 0,547 (автор. вклад 50 %)
4. Ponomareva V., Portnyagin M., Danišik M., Konstantinov E., Zelenin E., **Tkach N.** et al. Distal tephras along the SE European margin date powerful explosive eruptions from the Elbrus volcanic center (Greater Caucasus) // *Quaternary Science Reviews*, 2023, 300: DOI:10.1016/j.quascirev.2022.107910 2,08 усл.печ.л. Импакт-фактор по SJR, 2023: 1,56 (автор. вклад 15 %)
5. Makshaev R.R., **Tkach N.T.** Chronology of Khvalynian stage of the Caspian Sea according to radiocarbon dating // *Doklady Earth Sciences*, 2022, 507, pp. 51-60. 1,16 усл.печ.л. Импакт-фактор по SJR, 2023: 0,30 (автор. вклад 50 %)
6. Yanina T., Bolikhovskaya N., Sorokin V., Romanyuk B., Berdnikova A., **Tkach N.** Paleogeography of the Atelian regression in the Caspian Sea (based on drilling data) // *Quaternary International*, 2021, 590 P. 73-84 DOI: 10.1016/j.quaint.2020.07.023 1,39 усл.печ.л. Импакт-фактор по SJR, 2021: 0,67 (автор. вклад 20 %)
7. Янина Т.А., Свиточ А.А., Курбанов Р.Н., Мюррей А.С., **Ткач Н.Т.**, Сычев Н.В. Опыт датирования плейстоценовых отложений Нижнего Поволжья методом оптически стимулированной люминесценции // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*, 2017, №1, с. 21-29. 1,04 усл.п.л. Импакт-фактор по РИНЦ: 0,601 (автор. вклад 15 %)

***Глава в монографии:***

8. Янина Т.А., Болиховская Н.С., Сорокин В.М., Бердникова А.А., **Ткач Н.Т.** Палеогеография Каспийского моря в позднем плейстоцене – голоцене (анализ материалов бурения) // *Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена. Научные достижения Школы академика К.К. Маркова.* (Под ред. Т.А. Яниной, Н.С. Болиховской, Е.И. Поляковой, Т.С. Ключиткиной, Р.Н. Курбанова). — М.: Географический факультет МГУ Москва, 2020. — С. 358-364.