

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

УДК 551.4.07: 551.435.126(556.54:282.247.36)

ПАЛЕОГИДРОГРАФИЯ АНТИЧНОГО ТАНАИСА В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ДЕЛЬТЫ ДОНА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

© 2025 г. А. В. Панин^{1,*}, Д. С. Бунин², С. М. Ильяшенко³,
П. И. Калинин⁴, А. Л. Чепалыга¹, К. Г. Филиппова¹

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия

³Институт археологии РАН, Москва, Россия

⁴Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Московская область, Россия

*e-mail: a.v.panin@igras.ru

Поступила в редакцию 19.09.2024 г.

После доработки 27.11.2024 г.

Принята к публикации 28.12.2024 г.

Греко-варварское поселение Танаис, основанное в начале III в. до н.э. на высоком северном берегу нынешней донской дельты и существовавшее до конца V в. н.э., на рубеже эр описано Страбоном как портовый город, лежащий на реке и на озере. Сейчас остатки Танаиса выходят на Мертвый Донец, отмирающий рукав донской дельты, в 7–8 км от ее морского края, однако в период активного существования античного поселения гидрографическая обстановка была иной. Одни исследователи считают, что Танаис располагался на морском краю дельты, другие — уже на морском побережье. Для прояснения ситуации выполнен комплексный анализ отложений (литология, валовая химия, фауна моллюсков, радиоуглеродное датирование), вскрытых бурением в предполагаемой портовой зоне античного города. Вскрытый бурением русловой аллювий рукава Мертвый Донец свидетельствует об активном течении в нынешнем слабопроточном рукаве. В первые века н.э. Мертвый Донец был не менее чем в полтора раза шире и глубже современного, что позволяло ему выполнять функции главной транспортной магистрали. Непосредственно после формирования на поверхности руслового аллювия культурного слоя III в. н.э. водность и скорости течения Мертвого Донца стали убывать, рукав начал заиливаться. Причиной послужило, по-видимому, перераспределение стока в пользу рукавов центральной и южной частей дельты. Для оценки динамики выдвижения дельты проведено бурение и датирование ее отложений. Получено, что в створе Танаиса морской край дельты находился в промежутке V–III тыс. до н.э., а во времена послеполюмоновского Танаиса во II–III вв. н.э. — в 5–6 км ниже по течению. Оценка скорости выдвижения северной части дельты — от 1.2 до 2.8 м в год — показывает, что в момент основания в III в. до н.э. Танаис располагался в 3.5–5 км от устья. Основание портового поселения внутри дельтового рукава, а не на побережье, было связано с необходимостью укрытия от разрушительных морских штормов.

Ключевые слова: дельтовая пойма, русловые процессы, аллювиальные фации, ветровые нагоны, античная колонизация, древний порт, Боспорское царство, археология Северного Причерноморья, Приазовье

DOI: 10.31857/S2587556625020062

ВВЕДЕНИЕ

Античный Танаис был основан в первой четверти III в. до н.э. боспорскими греками в рамках заключительного этапа греческой колонизации Северного Причерноморья и Приазовья. Свое название он получил от греческого имени р. Дон, в устье которой и было выбрано место для его строительства. На протяжении

значительной части своей почти восьмивековой истории Танаис был известен как крупный экономический центр региона. Кроме рыболовства, земледелия и работоторговли население Танаиса занималось различными ремеслами. Город долгое время являлся связующим звеном между эллинским миром Средиземноморья и варварским миром Приазовских степей.

По свидетельству Страбона, оставившего одно из первых упоминаний о городе, он был "...самым большим после Пантикапея эмпорием (торжищем) варваров" [Strab. VII. 4, 5 — цит. по (Страбон, 1964)]. История города, по данным археологии, разделяется на несколько периодов. В первоначальный период Танаис был относительно независим от метрополии — Боспорского царства, владевшего территориями по обе стороны Керченского пролива и стремившегося распространить влияние на области вокруг Меотиды. Первый период расцвета города во II—I вв. до н.э. заканчивается на рубеже I в. до н.э. — I в. н.э. Как раз к этому времени относится сообщение Страбона: "На реке и на озере лежит одноименный город Танаис, основанный греками, владевшими Боспором. Недавно его разрушил царь Полемон за неподчинение. Это был общий торговый центр азиатских и европейских кочевников, с одной стороны, и прибывающих на кораблях в озеро с Боспора, с другой..." [Strab. XI, II, 3 — цит. по (Страбон, 1964, с. 468–469)]. Под озером здесь подразумевается Меотида — Азовское море, под рекой — Танаис, нынешний Дон, впадающий в Таганрогский залив. Через некоторое время после полемонского разрушения в конце I в. до н.э. Танаис смог восстановиться, и во второй половине II — середине III в. н.э. происходит новый подъем в жизни города. Затем, в начале пятидесятых годов III в. н.э. Танаис был снова захвачен, на этот раз — племенами готского союза. Почти через столетие в IV в. н.э. жизнь на территории города возобновилась. Позднеантичный Танаис представлял собой крупнейший на Нижнем Дону центр оседлой культуры, транзитный пункт на путях передвижения мощных волн кочевого степного населения. Однако в середине—конце V в. н.э. жизнь на этом месте все же постепенно остановилась, и в настоящее время остатки Танаиса находятся в 8–10 км от Таганрогского залива и выходят на Мертвый Донец — отмирающий мелководный рукав донской дельты, малопригодный для судоходства (рис. 1).

В периоды наивысшего экономического подъема Танаиса огромные по тем временам объемы товаров транспортировались с помощью морских судов. Несомненно, город обладал мощной инфраструктурой, позволявшей оперировать большим количеством товаров и транспортных средств, однако точное расположение гавани, динамика развития припортовой части города, да и само расположение Танаиса относительно моря, а также характеристики речной артерии долгое время оставались невыясненными из-за попыток ответить на эти вопросы одними археологическими методами.

Уже первые исследователи Танаиса поставили вопрос о том, что в античное время гидрография дельты отличалась от современной. Так, геолог В.В. Богачев пишет: "... порт Танаиса ... был доступен для судов в I–IV веках и испортился впоследствии. Донской Чулек дает много осадков, а течение М. Донца неспособно удалять или прорывать их" (Богачев, 1910, с. 244).

Главным источником информации о географическом окружении античного Танаиса до последнего времени служило цитированное выше свидетельство Страбона. Исходя из прямой трактовки указания "на реке и на озере", уже П.М. Леонтьев, один из первых исследователей Недвиговского городища, предположил, что в античное время морской край дельты Дона проходил значительно восточнее современного, примерно по линии Недвиговка — Азов (Леонтьев, 1854), т.е. Танаис располагался на морском краю дельты, непосредственно при впадении Мертвого Донца в Таганрогский залив. Близок к этой точке зрения был и В.В. Богачев (1910), считавший, что Танаис после разрушения Полемоном был основан на побережье при впадении донского гирла. С этой точкой зрения согласился ряд последующих исследователей (Тимошенко, 1966; Шелов, 1970), проводивших границу дельты по линии Недвиговка — хут. Рогожкино (линия *a* на рис. 1). Ряд авторов (Белявский, 1888; Самойлов, 1956, 1958) располагали край дельты еще восточнее, в районе так называемого Елизаветинского городища (линия *b* на рис. 1). Эта точка зрения была раскритикована В.Г. Житниковым (1992а, 1992б), который на основе анализа археологических и исторических материалов заключил, что в середине I тыс. до н.э. морская граница дельты в северной части проходила несколько восточнее Недвиговки, а в южной части выдвигалась сильнее, проходя несколько западнее хут. Рогожкино и в 6–7 км к западу от г. Азова (линия *c* на рис. 1). Таким образом, во всех предложенных реконструкциях Танаис располагался либо при впадении крупного рукава донской дельты, либо уже на морском побережье.

Аргументация всех предшествующих исследований основывалась либо на анализе текстов античных авторов, либо на экстраполяции современных скоростей выдвижения дельты Дона, оценивавшихся путем наложения разновременных карт или по данным о стоке наносов. Опыт показывает, что исторические тексты зачастую допускают весьма разные трактовки, а скорости выдвижения дельты в прошлом могли не соответствовать современным, вплоть до смены выдвижения размывом. Общепринятая точка зрения по вопросу о географическом окружении античного Танаиса так и не была выработана.

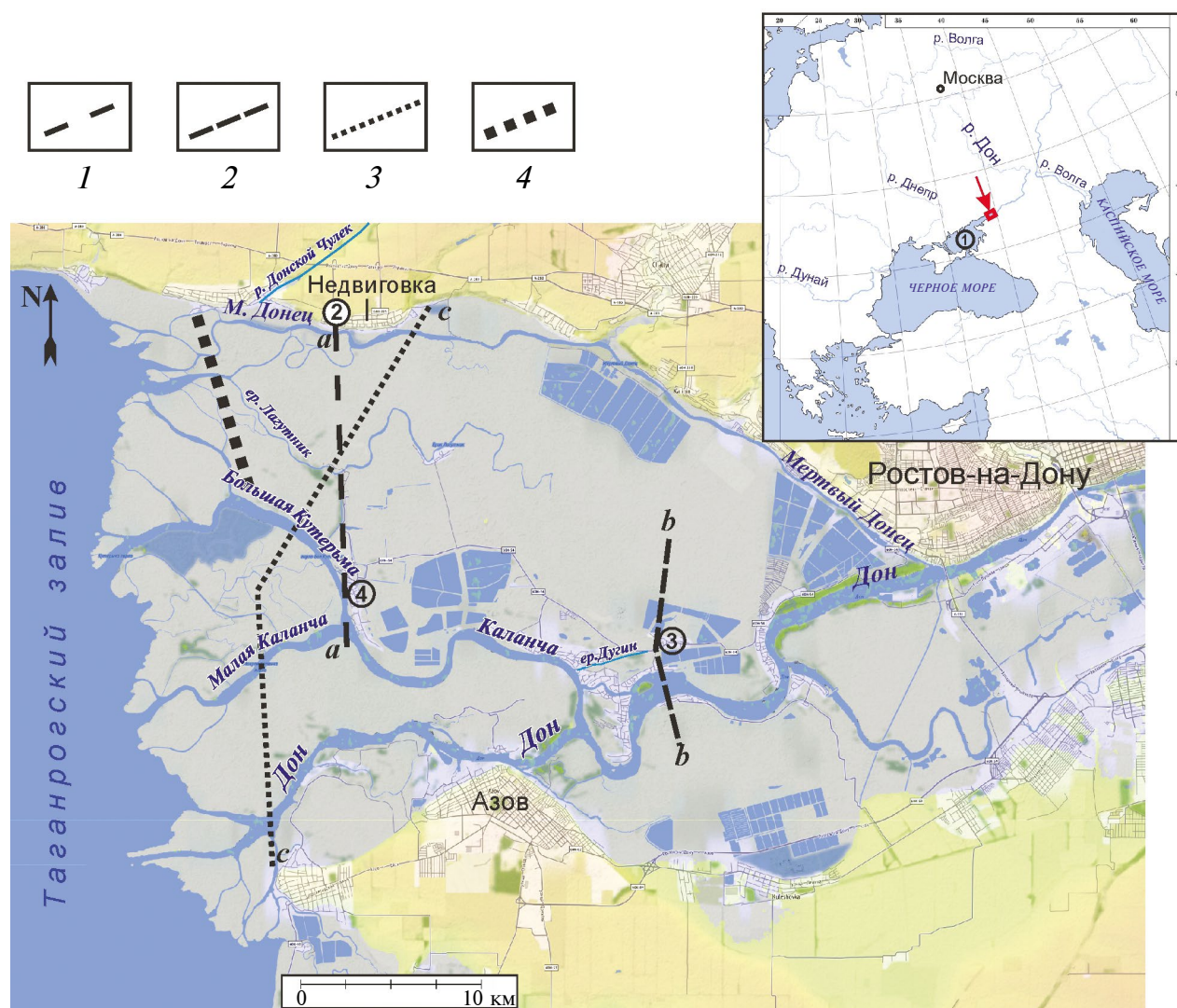


Рис. 1. Ситуационная карта района исследований и положение края дельты Дона во времена Танаиса согласно разным исследователям. Врезка показывает положение района исследований на карте Восточной Европы. Цифрами в кружках обозначены: 1 — Азовское море, 2 — городище Танаис, 3 — городище Елизаветовка, 4 — хутор Рогожкино. Курсивом подписаны названия рек и дельтовых протоков. Пунктирные линии показывают положение морского края дельты в античное время согласно разным авторам: 1 — Леонтьев, 1854; Богачев, 1910; Тимошенко, 1966; Шелов, 1970. 2 — Белявский, 1888; Самойлов, 1956; Самохин, 1958. 3 — Житников, 1992а; 4 — данная работа (край дельты в первые века н.э.).

Решить этот вопрос могло бы изучение отложений дельты — природного архива, который еще не был задействован ни одним из исследователей. Цель настоящей работы состоит в оценке положения Танаиса относительно морского края дельты Дона по данным о геолого-геоморфологическом строении и возрасте дельтовых отложений.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Дон (античный Танаис) — одна из крупнейших рек Русской равнины. В настоящее время Дон впадает в Азовское море. В максимум последнего оледенения, когда уровень Миро-

вого океана и Черного моря упал более чем на 100 м, Азовского моря не существовало, Дон протекал по его нынешнему дну через будущий Керченский пролив и впадал непосредственно в Черное море (Матишов и др., 2019). Образование современного Азовского моря произошло в ходе послеледникового подъема уровня океана в среднем голоцене, около 6.5 тыс. л. н. (Матишов и др., 2025). Быстрая трансгрессия привела к образованию в низовьях донской долины крупного эстуария — Таганрогского залива. После относительной стабилизации уровня моря около 6 тыс. л. н. происходило постепенное заполнение вершины эстуария дельтовыми осадками и продвижение края дельты на запад, в сторону моря — процесс, характерный для

речных дельт внутриконтинентальных водоемов Северной Евразии, испытывавших в прошлом значительные изменения уровня (Коротаяев, 2023). Этот процесс происходил в античное время, продолжается он и сейчас. Изменения уровня моря и выдвижение дельты происходили на фоне существенных изменений климата. По данным (Хохлова и др., 2018; Khokhlova et al., 2019), за время существования Танаиса сменились две эпохи гумидного климата — с рубежа III–II до конца II в. до н.э. и с середины II по конец IV в. н.э., и две эпохи аридизации, с рубежа эр до конца I в. н.э. и с рубежа IV–V вв. н.э. вплоть до окончания существования Танаиса в конце V в. н.э.

Голоценовая дельтовая равнина начинается у г. Ростова-на-Дону. За вершину донской дельты принято считать узел бифуркации на западной окраине города, где от основного русла Дона отходит вправо рукав Мертвый Донец (далее — М. Донец). Протяженность дельтовой равнины от истока М. Донца до взморья составляет 30 км, ширина по морскому краю — 25 км. Поверхность дельты плоская, высотой 1–2 м над ур. м., сложена преимущественно тяжелосуглинистыми дельтово-пойменными отложениями. Лишь вблизи основных дельтовых рукавов, в основном во внутренних частях их меандров, заметен грядово-ложбинный рельеф — следы латерального смещения речных русел. На большей же части дельты рельеф монотонный, плоский. Лишь на правобережье Дона в центральной части дельты в районе хуторов Городище, Елизаветовка, Дугино поверхность поднимается местами до 4–5 м и сложена песчаными отложениями, которые даже разрабатываются карьерами. Очевидно, это фрагменты древних плейстоценовых террас, включенные в состав дельты в ходе ее голоценового выдвижения.

Плоская поверхность дельтовой равнины расчленена сетью мелководных протоков — ериков, густота которой нарастает ближе к морскому краю дельты, где ерики соединяют более крупные дельтовые рукава. Во внутренней части дельты ерики большей частью начинаются как небольшие ручьи, а не ответвления крупных рукавов, т.е. имеют, по-видимому, грунтовое питание, и в плане имеют рисунок, характерный для древовидных эрозионных систем. Руслу таких ериков местами меандрируют, но не обнаруживают широкого пояса горизонтальных деформаций. Таким образом, большая часть дельты представляет собой наращенное пойменной аккумуляцией дно мелководного эстуария, лишь незначительно переработанное эрозией дельтовых рукавов.

Городище Танаис располагается на западной окраине хут. Недвиговка в прибрежной части коренного берега, сложенного известняками-ракушечниками понтического яруса (нижний плиоцен), перекрытыми 5–8 м четвертичных лессовидных суглинков. В основании коренного склона вскрываются морские глины сарматского яруса (верхний миоцен). Коренной склон опирается на пологонаклонную аккумулятивную поверхность поймы рукава М. Донец. Сам рукав в районе Недвиговки имеет ширину от 100 до 180 м и глубину до 2–2.5 м.

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСЕЛЕНИЯ ТАНАИС

История изучения Танаиса насчитывает более полутора столетий. Первые археологические раскопки здесь были начаты еще в 1853 г. В результате работ последних десятилетий мы можем уверенно говорить о достаточно обширной городской территории древнего Танаиса. В настоящее время выделены следующие составляющие его части: Верхний город, включающий “основной четырехугольник” (citadella) (первая четверть III в. до н.э. — середина V в. н.э.), западный городской район (III–I вв. до н.э.), западный пригород (конец III в. до н.э. — I в. н.э.) и восточный район (вторая половина IV — первая половина V в. н.э.); Нижний город (конец III в. до н.э. — V в. н.э.) (рис. 2).

В течение многих лет археологические работы были сосредоточены в основном на изучении территории укрепленной основной части поселения (citadella), а также на небольшой территории к западу от нее с остатками зданий конца III–I вв. до н.э. (Piřařenko, 2005).

Прибрежная территория Танаиса на настоящий момент является наименее изученной. Она состоит из двух частей: непосредственно прилегающей к реке и пологонаклонной первой террасы на берегу реки, которая на севере переходит в крутой уступ второй террасы, где расположен Верхний город. Разница между уровнями двух террас составляет около 20 м. В настоящее время вся территория между берегом рукава М. Донец и началом второй террасы плотно застроена зданиями современного хут. Недвиговка. Кроме того, вдоль реки местность перерезается железнодорожной линией Ростов–Таганрог. По этим причинам археологическая картина приречной территории гораздо менее ясна, а проведение масштабных раскопок здесь крайне затруднено. Однако эта часть поселения чрезвычайно важна для понимания истории древнего Танаиса. Вероятно, именно в этом районе располагался Нижний город, включая порт и саму гавань, как в свое



Рис. 2. Ситуационный план районов города Танаиса. 1 — основная площадь городища (цитадель); 2 — Западный район; 3 — Западный пригород; 4 — Нижний город; 5 — предполагаемая портовая зона.

время предположил Д.Б. Шелов (1970, 1972). Признаки существования этой части города стали обнаруживаться уже в 1960-х годах, когда житель хутора, копавший колодец между рекой и железнодорожной линией, наткнулся на обломки больших красноглиняных пифосов. Дальнейшие фрагментарные исследования на территории к югу от юго-восточного угла городской цитадели выявили еще несколько пифосов первых веков нашей эры, стоящих *in situ*, а также остатки постройки с узкогорлыми светло-глиняными амфорами III в. н.э.

В 1977 г. на первой террасе на берегу реки, к югу от цитадели в заложенном шурфе (рис. 3) были обнаружены остатки тростниково-глиняных, глинобитных и каменных построек, а также хозяйственные ямы и обожженные слои, которые исследователи датировали I–III вв. н.э. (Чалый, 1977). Датировка слоев II–III вв. н.э. была позже подтверждена находками из небольших раскопок, проведенных в 2001 г. Л.М. Казаковой на участке, расположенном непосредственно к западу от шурфа 1977 г. (см. рис. 3). Результаты исследований позволили предположить, что, по крайней мере, в первые века н.э. в этой части Нижнего города должны были существовать жилые кварталы (Казакова, 2004).

В 1993 г. в шурфе между железнодорожной линией и рекой был выявлен культурный слой толщиной более 1.5 м, содержащий многочисленные остатки керамики II–III вв. н.э. В другом шурфе, заложенном в 1994 г. дальше к востоку, также по другую сторону железнодорожной линии (см. рис. 3), было выявлено четыре погребения II–III вв. н.э. (Ильяшенко, 2001). Эти археологические находки позволяют считать, что прибрежная часть к югу и юго-востоку от цитадели достаточно активно использовалась жителями Танаиса, по крайней мере, в послеполюмоновский период — в первые века н.э. (Ильяшенко, 2005). Археологические работы в западной части Нижнего города приводят к выводу, что Нижний город продолжал функционировать в поздней античности, подобно Верхнему городу. Здесь обнаружены жилые слои I, II и III вв. н.э., но дальнейшим работам помешал достаточно высокий уровень грунтовых вод (Арсеньева и др., 2004). В 1998 г. в 350 м к юго-западу от цитадели был обнаружен участок мощеной улицы, которая функционировала с первой половины II в. до н.э. до середины III в. н.э. (см. рис. 3). К северу и востоку от улицы были обнаружены остатки строений и хозяйственных ям, датируемые от II в. до н.э. до середины III в. н.э. (Ильяшенко, 2000).



Рис. 3. Схема расположения ключевых раскопов на территории Нижнего города. 1 — шурф 1977 г. и раскоп 2001 г.; 2 — раскоп 2017–2018 гг.; 3 — шурф 1993 г.; 4 — шурф 1994 г.; 5 — раскоп 2003–2005 гг.; 6 — раскоп 1998 г.; 7 — предположительное место окончания дренажного канала II–III вв. н.э., указывающее на возможное положение берега реки в это время.

Таким образом, на основании археологических работ к настоящему времени мы можем предварительно предположить, что территория приречной части начала осваиваться жителями Танаиса не позднее середины II в. до н.э. Расширение Нижнего города продолжалось во второй половине I в. н.э., когда были заселены ранее не занятые территории дальше к востоку и ближе к современному берегу М. Донца. Наиболее заселенной прибрежная часть оказалась уже в II–IV вв. н.э. (Kozlovskaya and Pyashenko, 2013).

На основании накопленных данных к началу проведения геоморфологических исследований было выдвинуто предположение о том, что разрастание города в сторону реки было связано с изменениями береговой линии, но ее точное расположение и конфигурация оставались неизвестными. Косвенные данные, которые позволили бы оценить взаиморасположение города и берега, были получены в ходе исследований канала, идущего от города в направлении реки. Еще в 1870 г. П.И. Хицунов [по (Шелов, 1972)] пытался проследить в средней части южного склона второй террасы и на территории, прилегающей к реке, случайно обнаруженный сооруженный из каменных плит подземный канал, глубиной до 1.7 м. Назначение канала не было удовлетворительно объяснено на момент его обнаружения и до сих пор вызывает споры. Не-

давние раскопки в главной укрепленной части поселения выявили под уличной мостовой другие участки того же канала (но гораздо меньшего размера), датируемые концом II–III вв. н.э. Внутри цитадели канал проходил по оси восток/северо-восток — запад/юго-запад, но за пределами городских стен он изменил направление и шел с севера на юг, по склону, вниз к реке. Наблюдения за подобными сооружениями в западной части городской цитадели показывают, что обычно дренажные каналы доводили до ближайшего склона (рва). Далее вода из них стекала вниз без всяких дополнительных сооружений. Иное дело южная сторона цитадели, обращенная к реке. Здесь, несмотря на отвесный склон, за ее пределами, вероятнее всего, находились кварталы Нижнего города. В этой связи, нечистоты и воду логичнее всего было пустить по искусственному каналу к берегу реки. Эти функции и выполняла каменная конструкция водовода, предохраняющая окружающие кварталы от заливания. Хицунов отмечал, что этот канал шел от южных ворот цитадели вниз к реке, где и заканчивался (Шелов, 1972). Вполне вероятно, что конечная точка этого канала (см. рис. 3) указывает на границу берега реки в рассматриваемый период и, таким образом, на самое дальнее место расположения южной границы Нижнего города в древности.

Учитывая недостаточные возможности для археологических изысканий, особую важность

для археологов представляют работы по изучению геоморфологии приречной зоны Танаиса, позволяющие проверить и дополнить фрагментарные археологические данные.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геологическое строение дельты Дона изучалось путем ручного и механического бурения с последующей аналитической обработкой керна в избранных скважинах и радиоуглеродным датированием органического материала. Для определения положения морского края дельты в античное время и его динамики проведено ручное бурение на поверхности дельты на участке между Танаисом и Таганрогским заливом (рис. 4б). Всего пробурено 15 скважин глубиной до 4.5 м. Был также выполнен комплексный анализ кернов скважин глубиной до 8 м, пробуренных в 2009 г. В.В. Козловской и С.М. Ильяшенко на правобережной пойме рукава М. Донец в предполагаемой портовой зоне Танаиса (рис. 4а). Наиболее полным оказался керн скважин 5 и 6, расположенных в 10 и 60 м от берега на высоте 0.2 и 1.0 м соответственно. По этим кернам проведен комплексный анализ отложений — гранулометрический, геохимический, малакофаунистический.

Гранулометрический анализ выполнялся оптическим методом на лазерном дифрактометре Malvern Mastersizer 3000 в лаборатории палеоархивов природной среды ИГ РАН (К.Г. Филиппова). Результаты анализа использовались для фациальной интерпретации отложений. Для диагностики среды осадконакопления применялся анализ валового химического состава отложений (к.г.-м.н. П.И. Калинин) и содержащейся в них фауны моллюсков (д.г.н. А.Л. Чепалыга). Измерение концентраций макро- и микроэлементов в почвах и растительности осуществлялось на рентгеновском аппарате “СПЕКТРОСКАН МАКС—GV” по методике измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах методом рентгенфлуоресцентного анализа (методика № 309/242—(01.00250—2008)—2012 для почв и № 242/18—2010 для растительности). Результаты по каждому определяемому элементу, полученные для образцов в двух повторностях, усреднялись и проверялись на расхождение с величиной среднеквадратической ошибки ($P = 0.95$), рассчитанной для каждого измеряемого элемента.

Для интерпретации фауны моллюсков и геохимического состава отложений в буровых скважинах предварительно проведена калибровка современных комплексов малакофауны и состава современных морских илов относительно солености воды. Для этого была отобрана серия

проб воды, современных осадков и малакофауны на урезе воды в устьевой зоне рукавов Дона и по длине береговой линии Таганрогского залива (рис. 5). Были также взяты дополнительные пробы 1а перед входом в Керченский пролив (пос. Кучугуры) и 2а в начале пролива. Измерения солености воды производились в камеральных условиях термозондом YSI Castaway в трехкратной повторности, затем вычислялось среднее из трех измерений. При использовании результатов калибровки для интерпретации пробуренных скважин в окрестностях Танаиса учитывалась возможность переотложения раковин моллюсков в нетипичные для них условия — выноса пресноводных раковин течением реки и приноса морских раковин в дельту при ветровых нагонах, амплитуда которых достигает максимальных среди всех азовских побережий величин именно в Таганрогском заливе — до 3 м и выше (Беспалова и др., 2020), что приводит к адвекции солоноватых морских вод в дельту Дона (Матишов, 2015; Матишов, Бердников, 2013). По этой причине в ископаемых спектрах малакофауны могла наблюдаться смесь видов из разных экологических групп, что затрудняло интерпретацию и в некоторых случаях делало выводы предположительными. Аналогичные соображения применялись и при интерпретации геохимических данных.

Возраст отложений определялся радиоуглеродным масс-спектрометрическим (^{14}C AMS) и жидко-сцинтилляционным (LSC) методами. Датирование выполнялось в Лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН, Москва (индекс IGAN_{AMS} — AMS, IGAN — LSC) и Центре изотопных исследований Университета Джорджии, США (индекс UGAMS). В общей сложности получено 20 ^{14}C дат, в том числе 14 AMS дат и 6 LSC дат (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Зависимость современных комплексов фауны моллюсков от солености воды. В пределах Таганрогского залива получено направленное увеличение солености с удалением от устьев донских рукавов (пробы 1 — Азов, и 10 — Танаис, соленость 0.7–0.9‰) к выходу из залива (проба 9 — Должанская коса, 13.0‰) (см. рис. 5). Далее на акватории Азовского моря соленость стабилизируется: пробы 1а и 2а в районе Керченского пролива показали значения 12.8–13.5‰. Направленный тренд солености в Таганрогском заливе указывает на возможность диагностировать (с учетом возможных изменений уровня моря) исходное положение портовой зоны Танаиса — располагалась она

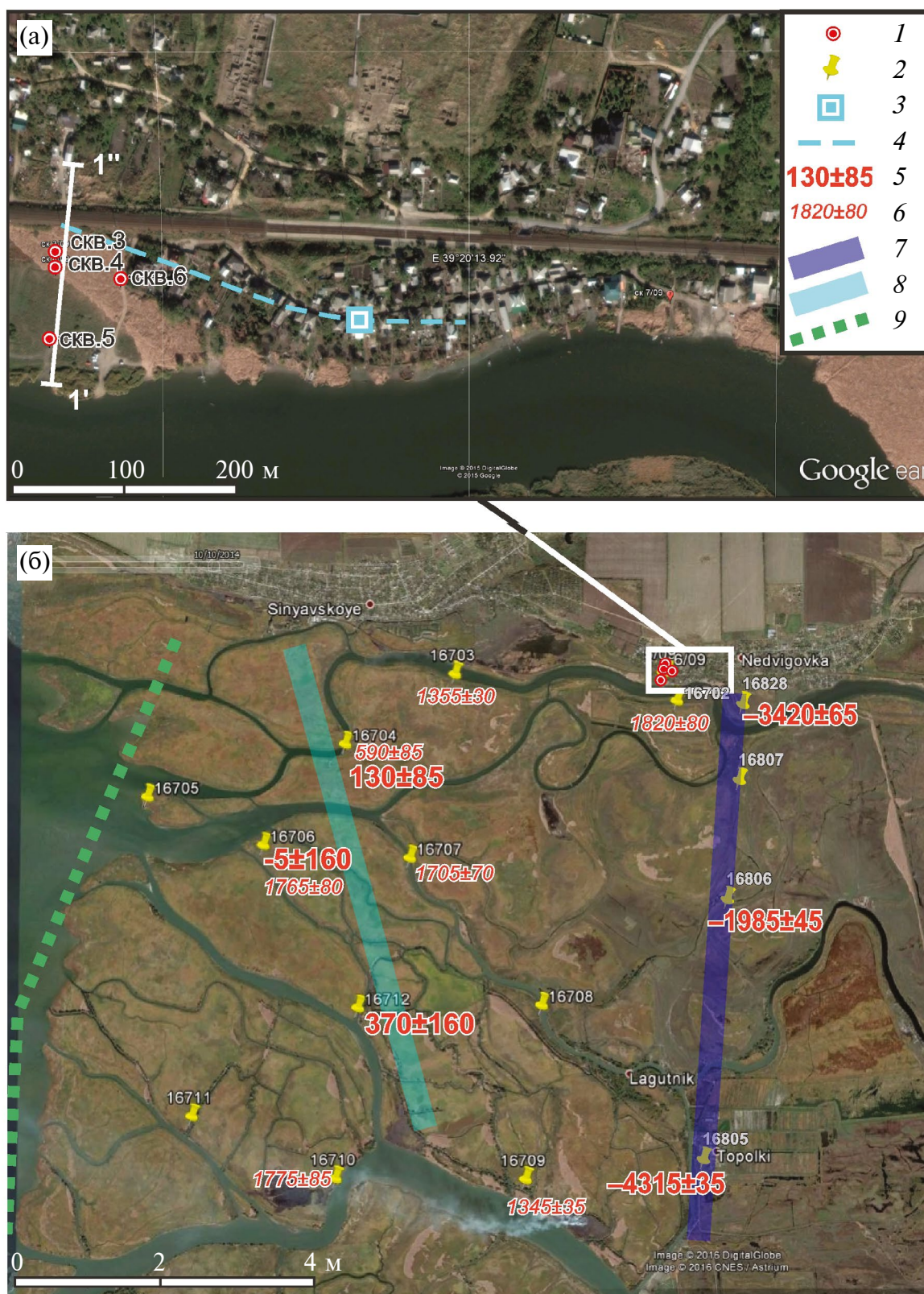


Рис. 4. Карта скважин, пробуренных в портовой зоне Танаиса (а) и прилегающей части дельты Дона (б). Буровые скважины: 1 — в портовой зоне Танаиса (1' — 1": линия геологического профиля); 2 — в дельте Дона; 3 — место окончания дренажного канала II–III вв. н.э.; 4 — примерное положение правого берега рукава Мертвый Донец в II–III вв. н.э.; календарные ^{14}C даты (в формате н.э./до н.э.) по отложениям вблизи границы отложений аллювиально-морской фации авандельты и аллювиальной фации дельтовой поймы (речных разливов), примерно соответствующие положению морского края дельты: 5 — признанные достоверными, 6 — отклоненные; примерное положению морского края дельты: 7, 8 — по данным ^{14}C датирования: 7 — в V–IV (III?) тыс. до н.э., 8 — в первые века н.э., 9 — на рубеже XVII–XVIII вв. согласно “Атласу адмирала Крюйса” (Крюйс, 1704).

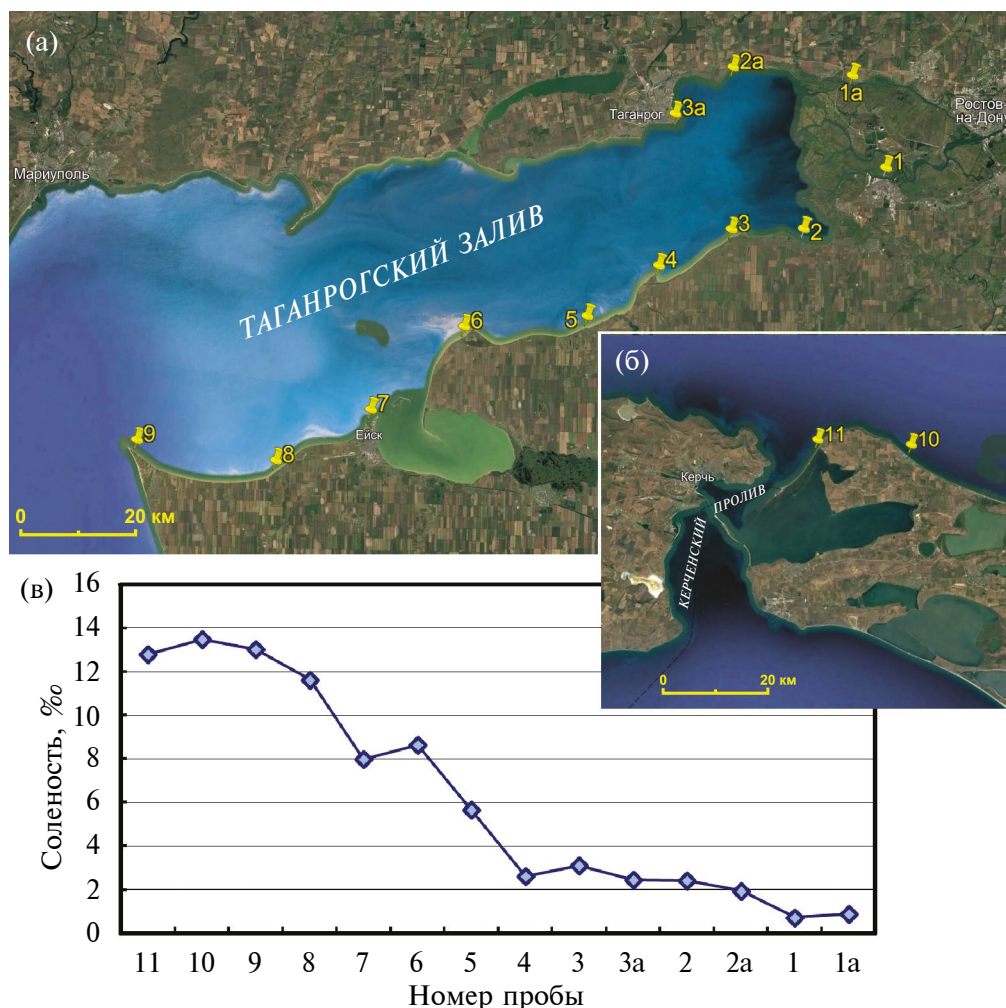


Рис. 5. Карта опробования воды, современных илов и малакофауны в Таганрогском заливе (а) и окрестностях Керченского пролива (б) и изменение солености воды с приближением к дельте Дона (в). Пункты опробования: 1 — Азов; 1а — Танаис; 2 — Круглое; 2а — Приморка; 3 — Семибалки; 3а — Таганрог; 4 — Чумбур-коса; 5 — Порт-Катон; 6 — Шабельское; 7 — Ейск; 8 — Воронцовка; 9 — Должанская коса; 10 — Кучугуры; 11 — Ильич.

внутри или за пределами дельты Дона, и на каком расстоянии.

В составе фауны моллюсков выделено четыре комплекса, отвечающих разной солености воды. Наиболее низкую соленость ($<0.5\text{‰}$) выдерживают виды пресноводного комплекса: *Crassiana crassa*, *Unio pictorum*, *Unio tumidus*, *Lithoglyphus naticoides*, *Viviparus viviparus*. Полупресноводный комплекс включает виды слабо солоноватоводных моллюсков каспийского типа: *Monodacna caspia*, *Dreissena polymorpha*, *Theodoxus fluviatilis*, *Micromelania caspia*. Эти моллюски живут как в слабосоленовой воде Таганрогского залива, так и в пресной речной воде, и поэтому могут встречаться совместно с пресноводными таксонами. Полуморские виды — *Cerasoderma glaucum*, *Mytilaster lineatus* — живут при солености $>4\text{‰}$ и не встречаются в пресных водоемах. Морские виды *Mutilus galloprovincialis*, *Anadara* sp. характерны для полуморского типа водоемов с соленостью от 8–10 до 20‰ — это современные бас-

сейны Черного и Азовского морей с соленостью океанического типа и типичной черноморской фауной. В современных условиях сюда внедрились дальние чужеродные вселенцы из США и Восточной Азии: *Mya arenaria*, *Cunearca* sp.

Состав фауны моллюсков обнаружил ясный пространственный тренд, что позволило провести калибровку относительно солености воды. Выделено 5 типов спектров малакофауны по участию разных комплексов моллюсков (табл. 2). Пресноводный спектр состоит, в основном, из видов пресноводного комплекса с небольшим участием полупресноводных видов. Он диагностирует соленость $<1\text{--}2\text{‰}$. При солености 2–3‰ выделяется переходный спектр, в котором смешаны пресноводные, полупресноводные и полуморские виды. При солености $>3\text{‰}$ пресноводные виды исчезают совсем. В интервале солености от 6–8 до 10–11‰ развит моноспецифический полуморской спектр. При солености $>10\text{--}11\text{‰}$ к полуморским добавляются морские виды — по-

Таблица 1. Радиоуглеродные даты по отложениям дельты Дона

Сква- жина	Коорди- наты (с.ш., в.д.)	Глуби- на, м	Литология, стратиграфия*	Датированный материал**	Индекс	¹⁴ C дата ±σ***	Календар- ная дата ± σ, годы н.э./до н.э. ± σ****, *****
Портовая зона Танаиса							
5/09	47.26565, 39.33225	3.3	аллювий фации за- иления выше АКС	древесный уголь	IGAN _{AMS} 5612	1340 ± 25	675 ± 25
5/09	то же	4.0	то же	раковина <i>Viviparus viviparus</i>	UGAMS 23024	3240 ± 25	–1495 ± 30
5/09	то же	5.7	русловой аллювий ниже АКС	раковина <i>Dreissena polymorpha</i>	IGAN _{AMS} 5759	3420 ± 40	–1725 ± 70
6/09	47.26616, 39.33314	4.5	АКС	древесный уголь	UGAMS 23136	1800 ± 25	215 ± 50
6/09	то же	4.5	АКС	раковины <i>Lithoglyphus noticoides</i>	UGAMS 23025	4680 ± 25	–3445 ± 45
Крайняя часть дельты							
16702	47.26232, 39.3347	2.1–2.2	верх АМО	PM	IGAN _{AMS} 6208	130 ± 20	1820 ± 80
16703	47.26549, 39.29555	3.2–3.3	верх АМО	PM	IGAN _{AMS} 6209	590 ± 25	1355 ± 30
16704	47.25703, 39.27623	2.2–2.3	верх АМО	ТОС	IGAN 6611	1360 ± 85	590 ± 85
16704	то же	то же	верх АМО	PM	IGAN 6611a	1820 ± 85	130 ± 85
16706	47.24495, 39.26150	1.5–1.8	низ АДП	PM	IGAN 6612	1955 ± 160	–5 ± 160
16706	то же	2.9–3.1	низ АДП	PM	IGAN _{AMS} 6210	195 ± 20	1765 ± 80
16707	47.24335, 39.28767	2.0–2.1	низ АДП	PM	IGAN _{AMS} 6211	235 ± 20	1705 ± 70
16709	47.20469, 39.30813	2.3–2.5	низ АДП	PM	IGAN _{AMS} 6212	650 ± 20	1345 ± 35
16710	47.20474, 39.27465	2.6–2.8	низ АДП	PM	IGAN _{AMS} 6229	185 ± 20	1775 ± 85
16712	47.2253, 39.27854	1.2–1.5	низ АДП	ТОС	IGAN 6611	1580 ± 160	370 ± 160
16805	47.20891, 39.34075	0.5–0.6	Подшва поверх- ностного торфа	торф	IGAN 6611a	720 ± 90	1285 ± 75
16805	то же	0.95– 1.05	Подшва гиттии, залегающей под торфом	ТОС	IGAN 6612	1370 ± 140	685 ± 145
16805	то же	2.6–2.7	верх АМО	ТОС	IGAN _{AMS} 6230	5470 ± 25	–4315 ± 35
16806	47.23903, 39.3443	2.5–2.6	верх АМО	ТОС	IGAN _{AMS} 6232	3620 ± 25	–1985 ± 45
16828	47.26333, 39.34668	3.7	верх АМО	МЭО	IGAN _{AMS} 6227	4605 ± 25	–3420 ± 65

Примечание: * АКС — античный культурный слой, АДП — аллювий дельтовой поймы, АМО — аллювиально-морские отложения, МЭО — морские эстуарные отложения. ** Датированный материал: ТОС — общий органический углерод (Total Organic Carbon), PM — растительные макроостатки. *** Курсивом выделены даты, признанные омоложенными или удревленными по отношению к возрасту вмещающих осадков (см. обсуждение в тексте). Даты, признанные валидными, выделены жирным шрифтом. **** Знак “—” в календарной дате означает “до нашей эры”.

Таблица 2. Спектры современной малакофауны при разной солености воды

Пункт	Соленость, ‰	Пресноводные*							Полупресноводные*				Полуморские*		Морские*			Морские иммигранты*		Тип спектра**
		<i>Viviparus viviparus</i>	<i>Viviparus fasciatus</i>	<i>Valvata piscinalis</i>	<i>Anodonta piscinalis</i>	<i>Unio tumidus</i>	<i>Unio pictorum</i>	<i>Crassiana crassa</i>	<i>Dreissena polymorpha</i>	<i>Dreissena rostriformis</i>	<i>Monodacna colorata</i>	<i>Monodacna caspia</i>	<i>Cerastoderma glaucum</i>	<i>Mytilaster lineatus</i>	<i>Chione gallina</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	<i>Anadara</i> sp.	<i>Mya arenaria</i>	<i>Cunearca</i> sp.	
1 Азов	0.7	■		■					■											1
1а Танаис	0.9	■			■			■												1
2а Приморка	1.9		■		■															1
2 Круглое	2.4	■			■					■			■							2
3а Таганрог	2.4		■			■														2
4 Чумбур-коса	2.6						■						■							2
3 Семибалки	3.1		■		■						■		■							2
5 Порт-Катон	5.7											■	■							3
7 Ейск	8.0												■							4
6 Шабельское	8.6												■							4
8 Воронцовка	11.6												■					■		5
9 Должанская коса	13.0												■			■		■		5
11 Ильич	12.8												■	■				■		5
10 Кучугуры	13.5												■		■			■	■	5

Примечание: * цвет клетки указывает на встречаемость вида в пробе: светло-серый — единичная, серый — средняя, черный — обильная. ** Типы спектров малакофауны: 1 — пресноводный речной комплекс; 2 — смесь пресноводных и полуморских видов; 3 — почти монотипический полупресноводный комплекс; 4 — монотипический полуморской комплекс; 5 — полуморской комплекс с дальними иммигрантами.

луморской комплекс с дальними иммигрантами. Для диагностики изменений среды осадконакопления в районе Танаиса наиболее информативным является появление полуморского вида *Cerastoderma glaucum* при солёности $>2\text{‰}$.

Отражение солёности воды в химическом составе современных морских илов. Проведенный многомерный корреляционный анализ методом анализа главных компонент (PCA) показал, что поведение химических элементов в фоновых отложениях Таганрогского залива определяется несколькими факторами. В первую очередь, это привнос химических элементов с реками в зависимости от интенсивности стока. В более грубозернистых отложениях накапливаются SiO_2 , Zr, Nb, Sn, Y, Cr. В более глинистых наносах — MgO , Fe_2O_3 , K_2O , Al_2O_3 , TiO_2 , Rb, Ga. Другим фактором является солёность воды. С ней явно коррелирует содержание Sr, CaO и Pb. В меньшей степени Na_2O , S, P_2O_5 , Zn и MnO.

Наиболее тесную прямую связь с солёностью воды показало отношение $\text{Sr}/(\text{Zr} + \text{V} + \text{Ga} + \text{Cr})$ (рис. 6). Известно, что Sr является геохимическим аналогом CaO и концентрируется в засоленных отложениях (De Villiers, 1999; Retallack, 2001). Его накопление в морских водах может быть связано с биогенным растворением кальция (Lebrato, 2020). Сумма элементов-гидро-

лизатов $\text{Zr} + \text{V} + \text{Ga} + \text{Cr}$ переносится в составе грубодисперсной взвеси в воде и маркирует распределение терригенного материала (Холодов, 2006; Ryabogina, 2019). Показатель будет расти по мере увеличения количества солей в отложениях и уменьшаться во время усиления речного стока, которое опресняет водоем и облегчает гранулометрический состав отложений. Таким образом, отношение $\text{Sr}/(\text{Zr} + \text{V} + \text{Ga} + \text{Cr}) = K_{\text{SR}}$ в отложениях можно рассматривать как показатель (прокси) солёности воды S. Наиболее тесная связь получена при экспоненциальном виде зависимости: $K_{\text{SR}} = 0.22 e^{0.25S}$ (см. рис. 6б).

Строение поймы рукава Мертвый Донец в предполагаемой портовой зоне Танаиса. По данным проведенного ранее бурения построен геолого-геоморфологический профиль правобережной поймы протоки М. Донец (рис. 7) и проведен комплексный анализ отложений, вскрытых скважинами 5 и 6. В глубинах скв. 6 не учитываются верхние 50 см техногенных отложений (насыпи), т.е. ноль глубин находится на границе осадков насыпи и естественных отложений.

Литологический состав. По данным гранулометрического анализа (рис. 8), обе скважины имеют сходное строение с двумя пачками слоев — относительно тонкозернистой (медианный диаметр частиц μ не более 30–40 мкм) верх-

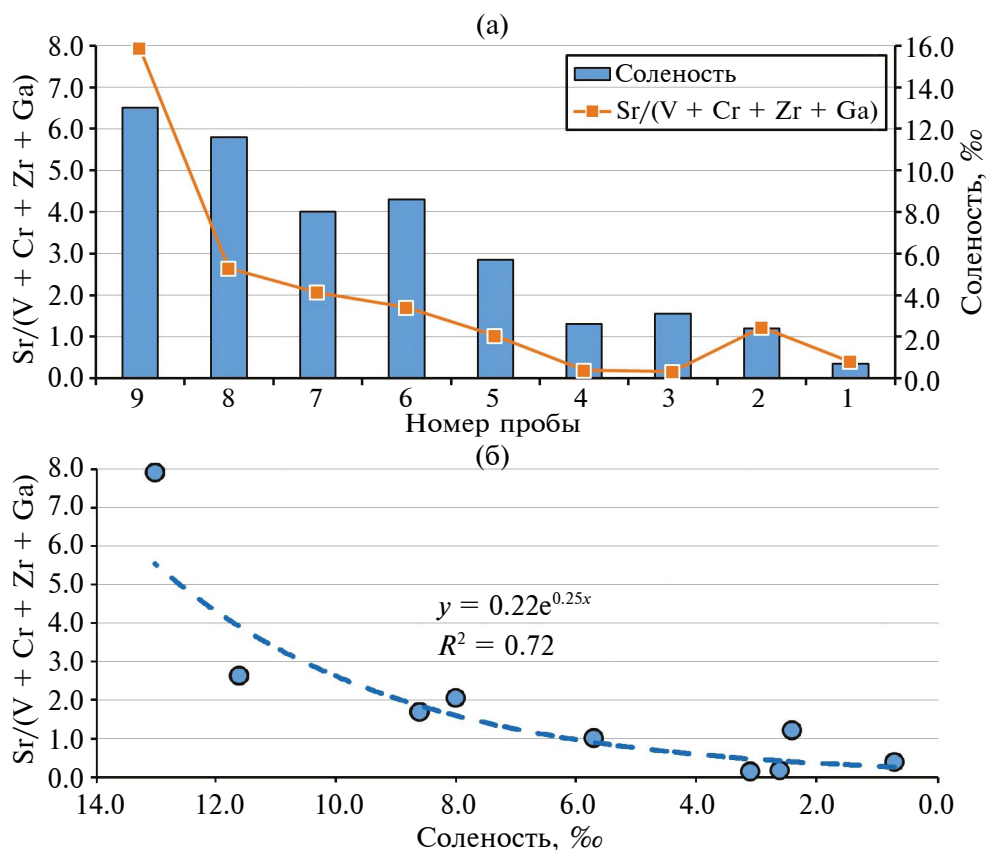


Рис. 6. Стронциевый показатель $\text{Sr}/(\text{Zr} + \text{V} + \text{Ga} + \text{Cr})$ в современных морских илах и солёность воды: изменения по мере приближения к дельте Дона (а) и корреляционная связь (б).

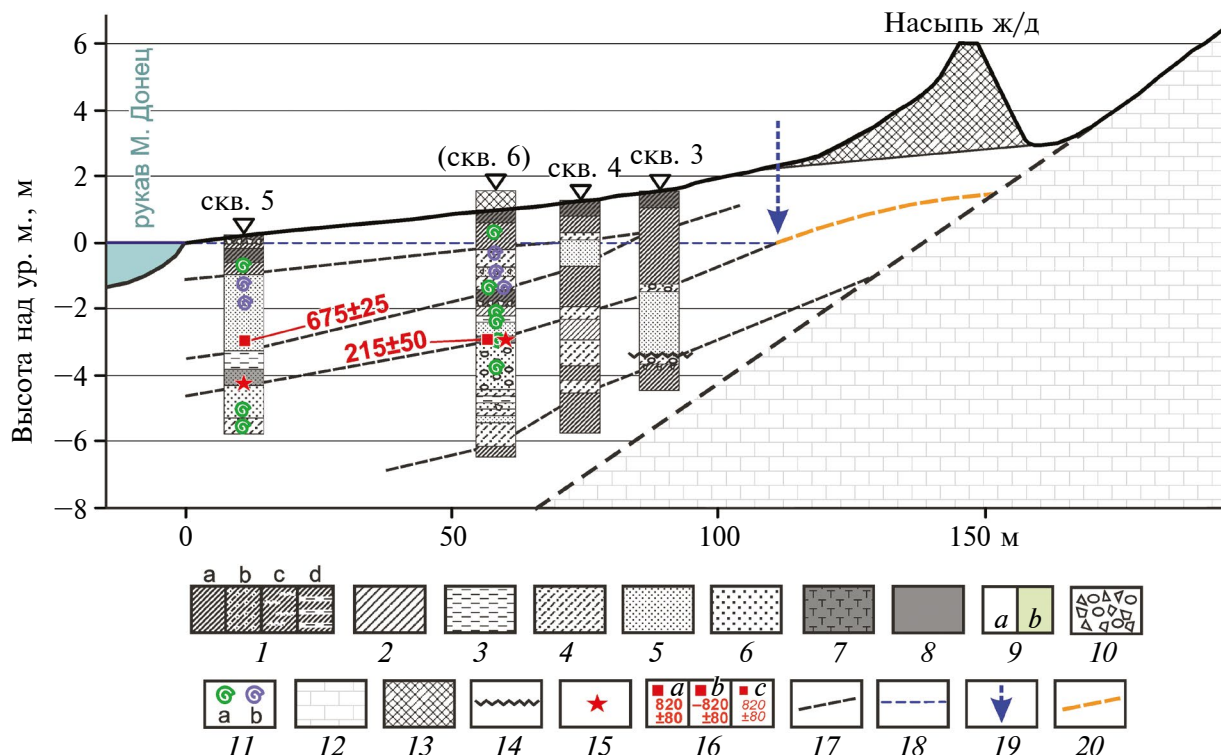


Рис. 7. Профиль через правобережную пойму рукава Мертвый Донец в районе предполагаемой портовой зоны Танаиса. Положение линии профиля см. на рис. 4а. 1 — суглинок тяжелый, средний (1а), песчаный (1б), с линзами песка (1с), с регулярными прослоями алевроита (1д); 2 — суглинок легкий; 3 — алевроит; 4 — супесь, песок глинистый; 5 — песок тонкий, мелкий; 6 — песок средний, крупный; 7 — торф; 8 — осадки, обогащенные органикой, гумусовые горизонты почв; 9 — генезис отложений: 9а — аллювий, 9б — эстуарно-морской (с характерным оливковым оттенком); 10 — включения щебня и гальки; 11 — включения цельных раковин и крупных обломков: 11а — пресноводных, 11б — полупресноводных; 12 — коренные известняки; 13 — техногенный грунт; 14 — эрозионные контакты; 15 — находки артефактов; 16 — образцы ^{14}C и даты, кал. лет: 16а — н.э., 16б — до н.э., 16с — отвергнутые; предположительные элементы палеоландшафта: 17 — палеопериметры дна протоки Мертвый Донец; 18 — уровень реки в межень (принимается неизменным с античного времени); 19 — положение берега реки в II–III вв. н.э.; 20 — речной пляж (приустьевая отмель) в II–III вв. н.э., где мог находиться порт Танаиса.

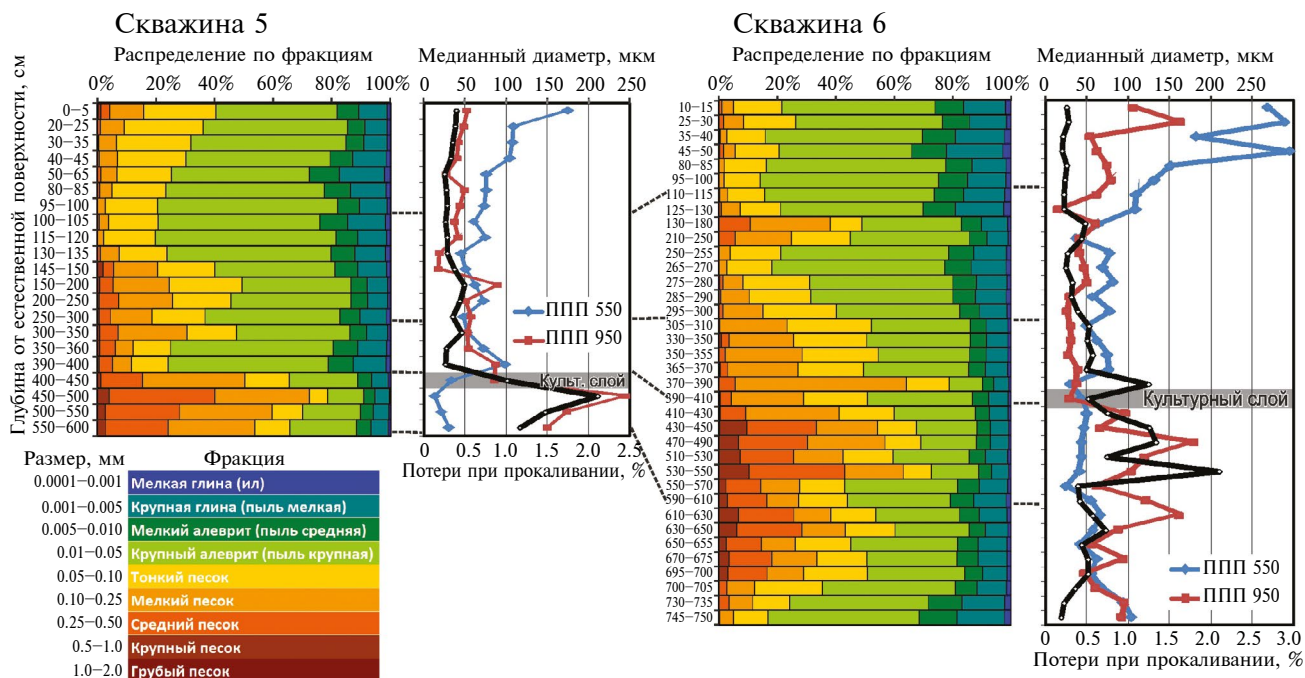


Рис. 8. Литологические характеристики отложений в портовой зоне Танаиса.

ней пачкой разреза до глубины около 400 см и более крупнозернистой песчаной пачкой глубже 400 см. До 130–140 см в обеих скважинах залегают суглинки с высоким (до 80%) содержанием глинисто-алевритовых фракций, накапливавшиеся в условиях отсутствия или очень слабого течения, возможно, при периодическом подпоре со стороны моря. В интервале 140–400 см в скв. 5 и 130–410 см в скв. 6 — тонкие пески, супеси с единичными слоями песчанистых суглинков (350–400 см в скв. 5 и 250–270 см в скв. 6), μ поднимается до 40–50 мкм и местами чуть выше. Осадки накапливались в условиях низких скоростей течения или волновой активности. В обеих скважинах ниже 115–130 см и до подошвы пачки материал имеет отчетливый запах сероводорода, но потери при прокаливании при 550° (ППП 550 — прокси содержания органического вещества) нигде не поднимаются выше 1%, исключая лишь гумусовый горизонт современной почвы, где они поднимаются до 2–3%.

Ниже ~400 см отложения в обеих скважинах представлены песками с медианным диаметром 50–200 мкм, которые накапливались при достаточно высоких скоростях течения. В более глубокой скважине 6 ниже 700 см выделяется еще один слой с заметно менее крупным материалом — переслаивание супесей и опесчаненных суглинков. В кровле пачки на глубинах 400–450 см в скв. 5 и 390–410 см в скв. 6 выделяется перемещенный культурный слой — супеси и пески серого цвета (возможно за счет обогащения сажей) с большим количеством раковин моллюсков (кухонные отбросы?) и углистых остатков, редкого гравия осадочных пород. В скв. 5 с глубины 450 см поднят фрагмент стенки кружального сосуда, в скв. 6 с глубины 390–410 см — фрагмент стенки красной глиняной амфоры. В ППП 550 культурный слой не проявляется (очевидно, содержание органики в нем мало), реагируя только на механический состав, снижаясь с укрупнением осадка — ростом содержания песчаных фракций. Разница потерь при прокаливании при 950° и 550° (ППП 950 — прокси содержания карбонатного вещества) возрастает ниже ~400 см с 0.5 до 1.5–2%, вероятно, за счет обилия в песке обломков местных карбонатных пород. Это еще раз указывает на высокую гидродинамику потока, транспортировавшего эти осадки. Рост значений ППП 950 в верхней части скв. 6 происходит за счет почвенных процессов. В скв. 5 такое распределение не повторяется вследствие расположения скважины почти на уровне уреза воды и близко к поверхности зеркала грунтовых вод.

Фациальная интерпретация верхней части разреза — пойменный аллювий, накапливавшийся при чередовании условий высоких

скоростей речного стока и застойных условий с подпором речных вод и проникновением морских вод в результате ветровых нагонов.

Малакофаунистический анализ. В составе фауны моллюсков насчитывается около 10 видов и разновидностей (табл. 3). Они принадлежат двум систематическим группам (отрядам): гастроподам (брюхоногим) и пелециподам (двустворкам). По экологической обстановке все моллюски относятся к пресноводным и полупресноводным, полуморские и морские виды полностью отсутствуют. Распределение раковин по разрезу неравномерное. Минимальное их количество (до 1–2 видов или полное отсутствие) отмечается в самой верхней (0–1.30 м) и самой нижней части разреза (интервал глубин от 6.6 до 8.0 м — скв. 6). Максимальное разнообразие и обилие раковин моллюсков — до 4–5 разновидностей — фиксируется в средней части разреза в интервале глубин от 1.3 до 6.6 м.

Исходя из динамики изменения состава фауны моллюсков, можно реконструировать изменения экологической обстановки следующим образом. Внизу колонок (ниже глубины 4.5–4.8 м) фиксируются пресноводные условия. Выше, в средней части колонок (4.8–1.3 м), фиксируется повышение солености, свидетельствующее об условиях эстуария крупной реки или приморской лагуны типа современного Таганрогского лимана. Показателями солености здесь являются *Dreissena polymorpha*, *Micromelania caspia*, которые свидетельствуют об очень низкой солености — 1–3‰. Этот бассейн можно отнести к полупресноводному типу (Чепалыга, 2002) — сильно опресненная морская лагуна или слегка осолоненный речной эстуарий. Выше глубины 1.3 м фиксируется опреснение бассейна, что может говорить об удалении места от морского края дельты.

Валовой химический анализ. Отмеченные выше литологические границы около 130 см и около 400 см хорошо проявляются в некоторых характеристиках валового химического состава отложений (рис. 9). На глубине 130–150 см в обеих скважинах наблюдается падение Na_2O , MgO , K_2O (в скв. 5 более резкое, в скв. 6 плавное) и значительный рост коэффициента La/Sc , который образует ярко выраженный максимум на глубине 140–300 см, что говорит об изменении источника поступления материала. Характерной особенностью отложений является резкое увеличение содержания S в среднем в образцах ниже 145 см в скв. 5 и ниже 300 см в скв. 6. Особенностью Азовского моря является постоянное наличие огромной избыточной массы органических веществ. Ее биохимическое окисление сопровождается формированием обширных зон

Таблица 3. Малакофаунистическая характеристика разрезов скважин 5, 6 в предполагаемой портовой зоне Танаиса

	Пресноводные									Полупресноводные						Полумор-ские		Морские			Морские иммигран-ты		
	<i>Anodonta piscinalis</i>	<i>Crassiana crassa</i>	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	<i>Unio pictorum</i>	<i>Unio tumidus</i>	<i>Unio</i> sp.	<i>Valvata piscinalis</i>	<i>Viviparus fasciatus</i>	<i>Viviparus viviparus</i>	<i>Dreissena polymorpha</i>	<i>Dreissena rostriformis</i>	<i>Micromelania caspia</i>	<i>Monodacna colorata</i>	<i>Monodacna caspia</i>	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	<i>Cerastoderma glaucum</i>	<i>Mytilaster lineatus</i>	<i>Chione gallina</i>	<i>Mutilus galloprovincialis</i>	<i>Anadara</i> sp.		<i>Mya arenaria</i>	<i>Cunearca</i> sp.
Скважина Т5																							
130—150 см																							
150—200																							
200—250																							
250—300																							
300—350																							
350—400																							
400—450																							
450—500																							
Скважина Т6																							
200—250 см																							
250—300																							
300—350																							
350—380																							
380—400																							
400—420																							
420—440																							
440—460																							
460—480																							
480—500																							
520—540																							
560—580																							
580—600																							
620—640																							

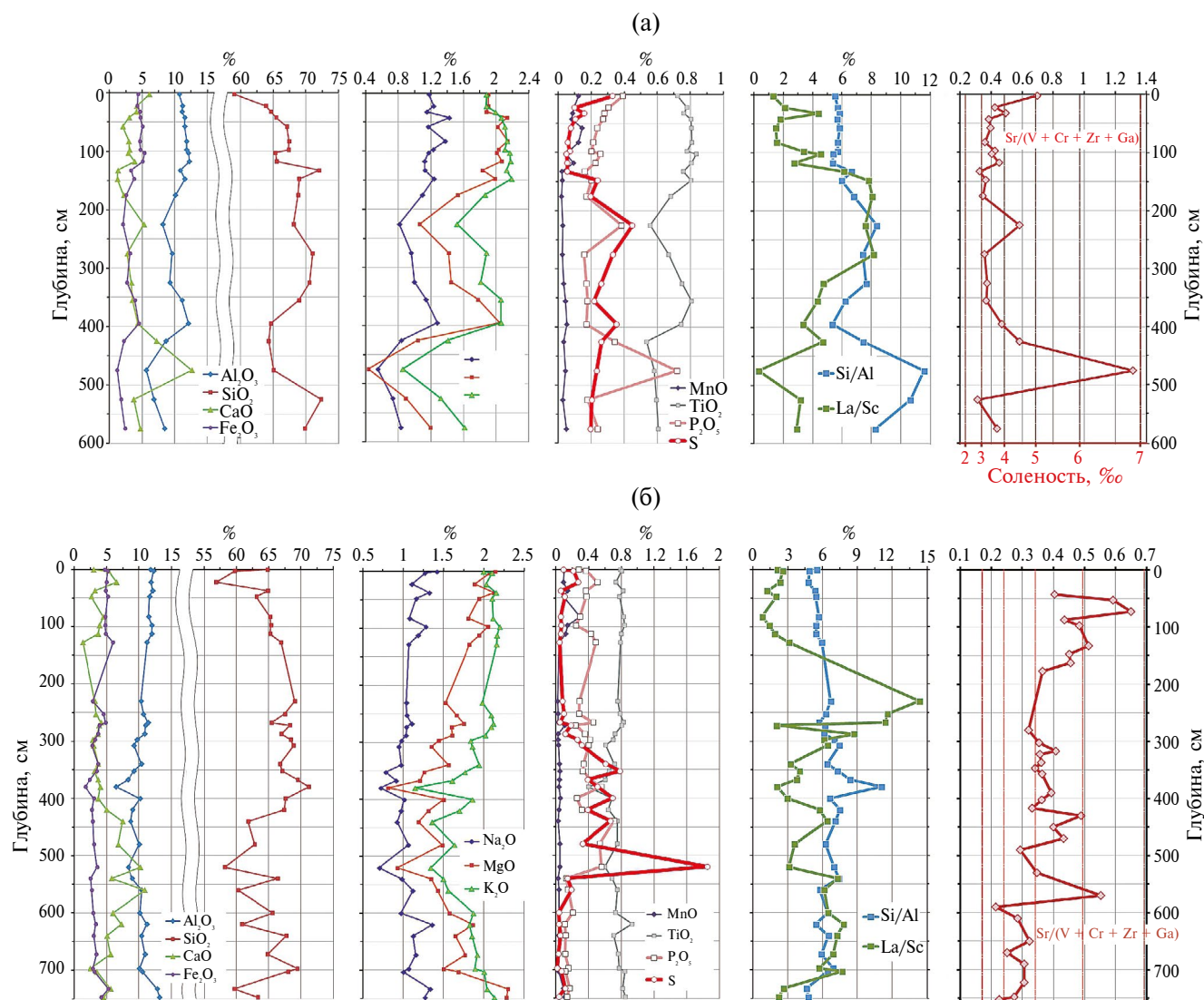


Рис. 9. Содержание макроэлементов и Sr-показатель солёности в отложениях скважин 5 (а) и 6 (б).

дефицита кислорода и развитием процессов сульфатредукции. Это подтверждает и запах сероводорода в описываемом горизонте. Наличие повышенных значений S могло бы быть индикатором морской обстановки. Однако в данном случае такое распределение серы можно объяснить наличием бескислородной обстановки в толще отложений ниже минимального уровня грунтовых вод. В скв. 5 периодическая аэрация происходит, по-видимому, до глубины 1.5 м в скв. 6, которая находится выше по рельефу (см. рис. 7) — несколько глубже, до 3.0 м.

С глубины ~400 см наблюдается падение содержания Na_2O , MgO , K_2O , особенно резкое в скв. 5. Одновременно в скв. 5 происходит увеличение значений коэффициента SiO_2/Al_2O_3 , связанное с большей песчанистостью отложений. В скв. 6 увеличение песчанистости аналогичным эффектом не сопровождается, коэффициент SiO_2/Al_2O_3 по глубине значительно не изменяется.

Стронциевый показатель солёности $K_{SR} = Sr/(Zr + V + Ga + Cr)$ в скважинах 5 и 6 варьирует в узких пределах: от 0.2 до 0.7. Только на глубине 450–500 см в скважине 5 значения превышают 1.3. Полученная зависимость K_{SR} в современных отложениях от солёности воды (см. рис. 6б) может быть записана относительно солёности и использована для ее оценки: $S = 2.9 \ln(K_{SR}) + 6.1$. Такая оценка показывает, что при формировании русловых и пойменных отложений солёность воды находилась в пределах 2–4‰, редко приближаясь к 5‰ и лишь в единичном случае к 7‰ (см. рис. 9, правая колонка диаграмм).

Показательно поведение фосфора, считающегося индикатором антропогенного присутствия. В обеих скважинах он возрастает выше глубины 500–530 см. В скв. 5 имеется пик P_2O_5 на глубине 470 см, несколько ниже визуально выделенного культурного слоя. Возможно, это говорит о наличии в русловом песке микроскопических

частиц кости и костного угля, поступавших с берега вместе с мелкими обломкам коренных карбонатных пород (пик ППП 950 здесь же).

Радиоуглеродное датирование. В обеих скважинах на глубине порядка 4.5 м выделялся темноокрашенный слой с угольками и обломками амфор — смыв античного культурного слоя (АКС), относящийся к периоду существования Танаиса. По нему получено три ^{14}C (AMS) даты: 3240 ± 25 BP — скв. 5, раковина *Viviparus viviparus*; 4680 ± 23 BP — скв. 6, раковина *Lithoglyphus noticoides*; 1800 ± 25 BP — фрагмент древесного угля, календарная дата 215 ± 50 гг. н.э. (см. табл. 1).

Из скв. 5 по растительным макроостаткам с глубины 3.2 м выше АКС получена ^{14}C (AMS) дата 1340 ± 25 , календарный возраст 675 ± 25 гг. н.э. По раковине *Dreissena polymorpha* ниже культурного слоя получена заведомо удревненная дата 3420 ± 40 ^{14}C л. н.

Строение внешнего края дельты. Скважины показали однотипное строение (рис. 10). Сверху лежал покров тяжелого суглинка мощностью от 1.5 до 3 м — аллювий дельтовой поймы (АДП), накапливавшийся в результате речных разливов по поверхности дельты при паводках и ветровых нагонах. Ниже залегали аллювиально-морские отложения (АМО) — заиленные тонкие пески и алевриты, слагающие авандельту (подводный конус выноса реки). Исключение составила скважина 16705 непосредственно на морском крае дельты, где разрез был сразу сверху представлен тонко-мелкозернистыми песками, обильно насыщенными битой ракушей. В скважинах 16805 и 16828 в нижних частях разрезов были вскрыты алевриты и тонкие пески с характерным оливковым оттенком — отложения мелководного морского эстуария, предшествовавшие образованию авандельты.

Граница между песками и суглинками представляет момент начала формирования дельтовой равнины на месте залива-эстуария, возраст этой границы — это время, когда в данном месте располагался морской край дельты. Для его определения выполнено ^{14}C датирование отложений в низах АДП и верхах АМО. Полученные даты отличаются значительным разбросом в соседних скважинах, наличием инверсий (см. табл. 1, рис. 10). Результаты датирования обсуждаются ниже.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Геохронология отложений дельты. Даты по раковинному материалу из скважин в портовой зоне показывают явно удревненный возраст (см. табл. 1). Свидетельством тому является возраст

образцов из одного и того же места керна скв. 6 (глубина 4.5 м), который после калибровки позволил определить следующие датировки: по раковинам *Lithoglyphus noticoides* — 3445 ± 45 гг. до н.э. и по древесному углю — 215 ± 50 гг. н.э. Поскольку из того же слоя в соседней скв. 5 происходят находки фрагментов античных амфор, очевидно, что за возраст отложений отвечает именно вторая дата, а дата по раковине, как и по раковинам в скв. 5, явно удревнена. В чем может быть причина удревнения? Переотложение раковин маловероятно, так как для датирования были выбраны цельные раковины, которые вряд ли пережили бы несколько циклов захоронения и размыва. Наиболее вероятная причина — так называемый эффект жесткой воды, т.е. загрязнение древним углеродом, растворенным в речной воде. Это вполне объяснимо, учитывая карбонатный состав пород, слагающих правый коренной склон долины.

За основу абсолютной хронологии отложений портовой зоны могут быть приняты даты по древесному углю — 215 ± 50 гг. н.э. (АКС в скв. 6) и 675 ± 25 гг. н.э. (аллювий фации заиления русла выше АКС). Таким образом, АКС в прибрежных скважинах рукава М. Донец относится к послеполемоновскому периоду существования Танаиса. Из полученных результатов можно извлечь полезный для будущих исследований вывод, состоящий в неприменимости пресноводных раковин для ^{14}C датирования отложений в условиях дельты Дона. Даты же по углю, наоборот, хорошо согласуются с археологическими данными и могут быть признаны надежными.

В дельтовых скважинах целый ряд дат относится к II тыс. н.э. и даже к последним двум-трем столетиям: 130 ± 20 (скв. 16702), 195 ± 20 (скв. 16706), 235 ± 20 (скв. 16707), 185 ± 20 ^{14}C л. н. (скв. 16710) и др. (см. табл. 1). Эти даты противоречат историческим материалам. Согласно первой инструментальной съемке дельты Дона (Крюйс, 1704), уже на рубеже XVII–XVIII вв. ее край находился даже несколько дальше современного (см. рис. 4б), т.е. за последние три столетия край дельты не только не выдвинулся, но был даже несколько размыт. Это означает, что участки в нескольких километрах от современного морского края дельты несколько столетий назад уже заведомо существовали. Не соответствуют эти даты и литолого-стратиграфическому контексту: мощный (2–3 м) покров тонкозернистого аллювия на поверхности дельтовой поймы указывает на ее достаточно древний возраст — древнее поймы в портовой зоне Танаиса, где суглинистый аллювиальный покров составляет лишь 1.2 м. Есть и противоречие с датами по портовой зоне Танаиса, согласно которым в первые века н.э. рукав М. Донец уже существовал как речное

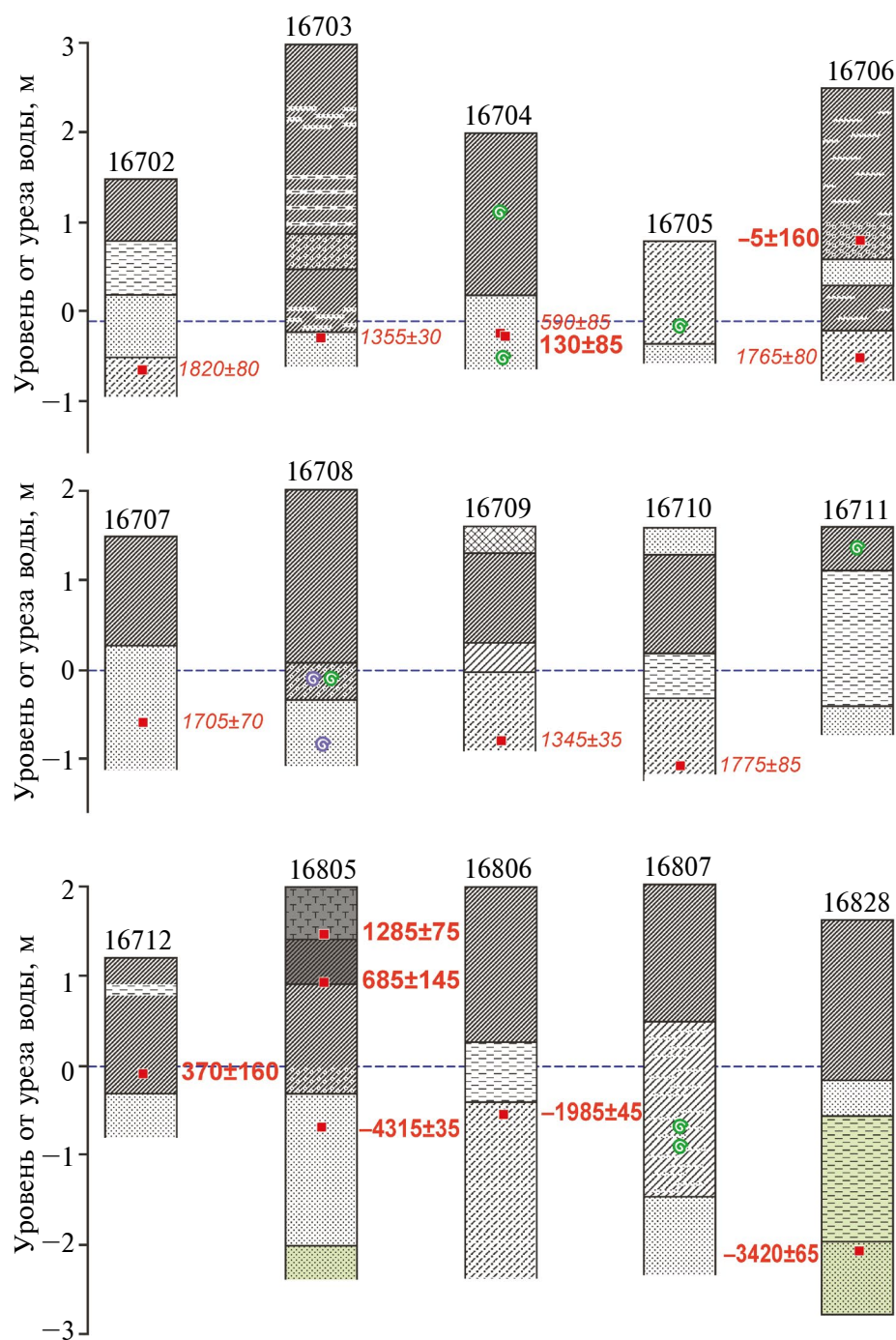


Рис. 10. Колонки скважин на внешнем краю дельты Дона и календарные ^{14}C даты отложений. Условные обозначения см. на рис. 6, расположение скважин — на рис. 1, характеристики ^{14}C дат — в табл. 1.

русло. Следовательно, были уже сформированы и участки дельты здесь и ниже по течению. Таким образом, целый ряд молодых дат, полученных преимущественно по макроостаткам растений, приходится признать омоложенными. Причина омоложения, очевидно, в загрязнении датированного материала корнями современных растений, густо пронизывающими толщу вмещающих отложений. Даты, принятые за основу геохронологии дельтовых отложений, выделены жирным шрифтом в табл. 1.

Реконструкция изменений палеогеографической обстановки в портовой зоне Танаиса. Малакофаунистический анализ показал, что по всей глубине скв. 5 и 6 присутствует сочетание пресноводных и полупресноводных видов (см. табл. 3), что на основании проведенной калибровки (см. табл. 2) позволяет отнести спектры малакофауны на всех глубинах к пресноводному типу. Очевидно, осадки представляют собой речной аллювий. Нижние части скважин — русловой аллювий рукава М. Донец. Его высокая круп-

ность (см. рис. 8) свидетельствует об активном течении в нынешнем слабопроточном рукаве. Вероятно, в первые века н.э. рукав был более многоводным, чем сейчас. С этим можно связывать и отсутствие морского сигнала в малакофауне. При этом именно в русловом аллювии отмечено максимальное значение Sr-показателя солёности — глубина 450–500 см в скв. 5 (см. рис. 9). Поскольку выше и ниже по разрезу показатель солёности резко падает, это можно связывать с единичным событием адвекции морских вод, что показывает, что морской край дельты располагался не столь далеко. Не охарактеризованными как малакофаунистически (раковины моллюсков отсутствовали), так и геохронологически остались осадки скв. 6 глубже 6.4 м. Низкие реконструированные значения солёности (см. рис. 9) при высокой крупности материала (см. рис. 8) позволяют считать эти осадки также аллювиальными. Эстуарно-морские отложения, датированные IV тыс. до н.э., вскрыты близрасположенной скважиной 16828 (см. рис. 10).

На русловых отложениях рукава М. Донец залегает вскрытый скважинами культурный слой (см. рис. 7). Его положение на 3–4 м ниже ур. м. свидетельствует, что он был сформирован в подводных условиях за счет смыва с берега. Примерное положение береговой линии можно получить путем экстраполяции поверхности палеорельефа времени формирования АКР до меженного уровня воды в рукаве М. Донец, который привязан к среднему уровню моря и с первых веков н.э. может считаться приблизительно неизменным (Зайцев, Зеленщиков, 2009; Матишов и др., 2019). Подобная экстраполяция приводит примерно к южному подножью современной железнодорожной насыпи (см. рис. 7). Другой индикатор положения речного берега — место окончания упоминавшегося выше античного дренажного канала (см. рис. 4а). Приблизительное положение правого берега рукава М. Донец в II–III вв. н.э. показано голубой пунктирной линией на рис. 4а.

Под современной железнодорожной насыпью, вероятно, располагался речной пляж (см. рис. 7). Здесь и ближе к скальному склону и мог находиться порт Танаиса. Рукав М. Донец был в 1.5–2 раза шире и, вероятно, глубже современного, что и позволяло ему исполнять функции транспортной магистрали. Ряд исследователей уже высказывал мнение, что в период, непосредственно предшествовавший греческой колонизации, М. Донец был наиболее многоводным рукавом дельты Дона (Зайцев, Зеленщиков, 2009; Матишов и др., 2019). Наши данные свидетельствуют, что эта ситуация сохранялась и в античное время. Присутствие в портовой зоне

культурного слоя лишь позднего периода можно объяснить эрозионно-аккумулятивной деятельностью реки, уничтожившей более ранние следы портовой деятельности. Положение АКС конца II—начала III вв. н.э. точно на литологической границе, фиксирующей изменение динамики среды осадконакопления (см. рис. 7), указывает на вероятную причину его сохранности: с этого времени активность рукава М. Донец стала убывать, течение в нем ослабло и культурный слой был захоронен под аллювием фации заиления, на котором затем начал накапливаться аллювий пойменной фации.

Крупность песчаного аллювия, погребавшего АКС, заметно ниже, по сравнению с подстилающим АКС русловым аллювием (см. рис. 8). Выше АКС в аллювии появляются малакофаунистические и геохимические (рост Na, Mg, Sr-показателя солёности — см. рис. 9) признаки солоновато-водной среды. Это можно связывать с уменьшением водности рукава, расходов воды и скоростей течения в нем, что позволяло более активно проникать в него солоноватым водам Таганрогского залива. Причиной изменения водности М. Донца служило, вероятно, перераспределение стока в пользу дельтовых рукавов центральной и южной частей дельты (см. рис. 1).

Самая верхняя часть разреза выше 130–140 см, представленная суглинками, демонстрирует малакофаунистические признаки пресноводного осадконакопления. Это можно связывать с переходом в пойменный режим седиментации, а также с отодвиганием морского края дельты. При этом здесь еще более возрастает концентрация элементов — индикаторов морской среды (Na, Mg, Sr-показатель) (см. рис. 9). Это можно объяснить влиянием ветровых нагонов, благодаря которым в дельтовые рукава и на поверхность дельтовой поймы периодически проникают морские воды (Матишов, 2015; Матишов, Бердников, 2013).

Динамику заиления и отступления береговой линии можно проследить по геолого-геоморфологическому профилю на рис. 7, где показаны палеоповерхности дна рукава М. Донец, построенные путем корреляции характерных слоев в скважинах. С II–III вв. н.э. до настоящего времени, т.е. за 1700–1800 л., береговая линия сместилась примерно на 100 м. На эквивалентную величину уменьшилась ширина рукава М. Донец. Это минимальная оценка, поскольку, за счет заиления смещалась и линия левого берега рукава. Таким образом, при современной ширине 150 м, в античное время М. Донец имел в створе портовой зоны Танаиса ширину не менее 250 м, а вероятно более 300 м, т.е. был

соизмерим с современным главным судоходным рукавом дельты в районе Азова, имеющим ширину 350–400 м.

Коль скоро более поздних следов активности в античное время в кернах скважин обнаружено не было, можно предполагать, что полученная дата 215 ± 50 гг. н.э. (первая половина III в. н.э.) указывает на заключительную фазу функционирования портовой зоны Танаиса в данном месте. Известно, что с середины III по середину IV в. н.э. жизнь в Танаисе затухала (см. обзор истории Танаиса во Введении). Отсутствие более поздних следов активности в портовой зоне может указывать как на перенос порта в другое место, так и на отсутствие заметной портовой деятельности в целом. Причиной этого могло служить сокращение водности и заилиение рукава М. Донец, утратившего качества удобной транспортной магистрали.

Динамика морского края дельты Дона. Страбон сообщает: “Река Танаис впадает в озеро двумя устьями, которые находятся в 60 стадиях друг от друга” [Strab. VII, IV, 5 — цит. по (Страбон, 1964, с. 283)]. Принимая за единицу измерения так называемый аттический стадий, который часто использовался греческими географами от Эратосфена до Страбона и был равен, примерно, 8 римским милям, или 185 метрам (Агбунов, 1992; Щеглов, 2015; Engels, 1985; Pothecary, 1995), это расстояние можно оценить чуть более чем в 11 км. Примерно таково расстояние между Доном и М. Донцом в створе Елизаветовского городища в средней части современной дельты, что используется в качестве аргумента в пользу гипотезы о том, что это городище и есть на самом деле Танаис, описанный Страбоном, и лишь позднее он переместился в район современной Недвиговки (Леонтьев, 1854). На этом основании целый ряд авторов [см. обзор в (Житников, 1992а)] помещал морской край дельты в район Елизаветовки (см. рис. 1). Однако известно, что, компилируя многочисленные источники своего произведения, Страбон в ряде случаев брал из них сведения о расстояниях без пересчета в единую универсальную систему и, соответственно, под стадием им могло пониматься 157.7, 177.6 или 185 м (Агбунов, 1992). Использование в измерениях так называемого “короткого” стадия сокращает расстояние еще больше — почти до 9.5 км, что отодвигало бы границу взморья даже восточнее Елизаветовского городища. Такая картина кажется наименее правдоподобной.

Наши результаты показали, что не позднее начала III в. н.э. портовая зона недвиговского Танаиса уже располагалась на берегу речного рукава. Выдвижение края дельты от Елизаветовки

до Недвиговки, т.е. на 12 км, всего лишь за два столетия, представляется невероятным, тем более что за последующие 18 столетий край дельты должен был выдвинуться вдвое меньше — объективных причин для 20-кратного изменения скорости выдвижения дельты не просматривается. Более реальным объяснением транспортной доступности Елизаветовского поселения представляется изменение гидрографического строения дельты — значительной многоводностью так называемого Дугина ерика — ныне почти обсохшей протоки Дона, на берегу которой располагается Елизаветовское городище (Житников, 1992а), однако эту гипотезу необходимо проверять геологическими данными — изучать строение и возраст отложений этой протоки.

Таким образом, ближе к истине оказываются гипотезы, помещавшие порт Танаиса у края дельты Дона при впадении рукава М. Донец. Правда все авторы располагали его на морском побережье (см. рис. 1), а согласно полученным нами данным, по крайней мере в начале III в. н.э., порт находился уже внутри дельтового рукава. Попытаемся оценить положение морского края дельты по полученным ^{14}C данным. Как уже говорилось, эти данные относятся к переходному моменту между окончанием накопления морских (аллювиально-морских) и аллювиальных (пойменных) отложений, т.е. каждая такая дата приблизительно показывает, когда морской край дельты находился в данной точке. Расположение дат, признанных достоверными, позволяет предполагать, что морской край дельты в первые века н.э. располагался в районе хут. Синявское, т.е. примерно в 5–6 км к западу от порта Танаиса (см. рис. 1, 46, 11). Серия дат по скважинам непосредственно к югу от Танаиса указывает на значительно более древнее положение края дельты. Ввиду высокой изменчивости дат оценить его время можно лишь в широком диапазоне от середины V до конца II тыс. до н.э. (см. рис. 46). Если принять крайние даты, то продвижение северного края дельты на 5.5 км к его положению на рубеже эр произошло за время от 2 до 4.5 тыс. л., т.е. происходило со скоростью от 1.2 до 2.8 м в год. К этому времени Танаис существовал уже около пяти столетий. За это время край дельты мог продвинуться на расстояние от 600 до 2100 м. То есть и в момент основания Танаиса он уже находился внутри дельтового рукава, в 3.5–5 км от моря.

Могло ли такое расположение осложнять судоходство? Наиболее распространенные греческие торговые суда имели водоизмещение 25–80 т. Соответственно, можно рассчитать, что их осадка с грузом вряд ли могла превышать 1.5–2.5 м (Кисельников, 2006). Промеры в ство-



Рис. 11. Примерное расположение морского края дельты в первые века н.э. — перспективный вид с востока. А — западный городской район Танаиса, В — примерная граница дельты в то время.

ре предполагаемого танаисского порта показали, что глубина уже изрядно заилившейся протоки М. Донец составляет сейчас 2–2.5 м, а при нагонах — и до 3–4 м. Правда, при ветровых сгонах протока может практически пересыхать, но это явление эпизодическое и временное. На пути к взморью В.В. Богачев (1910) отмечает отдельные мели, образованные выносами малых рек и балок, однако 2000 л. н. взморье было ближе и эти мели вряд ли существовали. Тот же автор указывает, что 300 (теперь уже 400) лет назад турки поставили на берегу Донца верстах в 10 от взморья укрепление Лютик, “дабы мешать проходу казачьих флотилий Мертвым Донцом” (Богачев, 1910, с. 243). То есть малое судоходство в протоке существовало и в новейшие времена.

Есть еще один аргумент в пользу вполне комфортного существования порта внутри протоки, если она была достаточно широка и глубока. Побережья Азовского моря известны сильными штормами (Бердников и др., 2022; Матишов и др., 2016; Kosyan and Krylenko, 2019). Не составляет исключения и северный берег Таганрогского залива (Сорокина, Магаева, 2018). Оценка среднесуточных темпов отступления береговых обрывов Таганрогского залива (Мисиров и др., 2021) показывает, что, несмотря на его

мелководье, берега под воздействием штормов здесь разрушаются даже сильнее, чем сопоставимые по высоте и геологическому строению клифы побережья Черного моря в Западном Крыму (Горячкин, 2024). В таких условиях организация постоянного порта невозможна на открытом взморье, а берег на северо-восточном побережье Таганрогского залива выровнен, лагун или бухт, которые могли бы служить укрытиями от штормов, по всему протяжению береговой линии нет. Поэтому устройство порта внутри речного рукава на некотором удалении от его впадения в море, очевидно, не оставляло альтернатив. Локализацией порта определялось и расположение привязанного к нему поселения.

Если М. Донец в начале эры был одним из двух главных рукавов, упоминаемых Страбоном, тогда вторым главным рукавом не мог быть современный Дон: расстояние между этими двумя рукавами в створе Недвиговки—Азова — в полтора, а на мористом крае дельты — в два раза больше указанного Страбоном. Взяв за основу стадий в 185 м и отложив расстояние в 11 км на юг в створе примерно посередине между Недвиговкой и морским краем дельты (положение края дельты в первые века н.э.), получаем, что второй главный рукав впадал в море в средней части современной дельты.

Тогда этот рукав мог располагаться где-то между современными гирлами Большая Кутерьма и Мокрая Каланча (см. рис. 1). Современный Дон, протекающий на южном краю дельты, был, вероятно, малозаметным рукавом, не удостоившимся внимания античных мореплавателей. К близкому выводу пришел ранее и Д.Б. Шелов (1970), считавший, что южным руслом Дона был современный рукав Каланча. Таким образом, если общие размеры дельты изменились за последние 2 тыс. л. не слишком сильно, то ее гидрографическая структура претерпела значительные изменения: основные объемы водного стока, а вместе с ними и транспортные пути, переместились из северной половины дельты в южную.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для выяснения геоморфологического положения древнего Танаиса пробурено 4 скважины на правобережной пойме рукава Мертвый Донец у подножья коренного склона в районе предполагаемой портовой зоны античного города. Выполнен комплексный анализ отложений двух скважин (литология, валовая химия, фауна моллюсков, радиоуглеродное датирование). Нижние части скважин — русловой аллювий рукава М. Донец. Его формирование свидетельствует об активном течении в нынешнем слабопроточном рукаве. Очевидно, в первые века н.э. М. Донец был более многоводным, чем сейчас. На поверхности этого слоя найдены культурные остатки, датированные 215 ± 50 гг. н.э. Они отлагались в подводной обстановке, вероятно, за счет смыва с берега. Береговая линия речного рукава могла проходить в 100 м севернее современной, а сам порт — на прирусловой отмели (пляже) между берегом и скальным склоном, под нынешней железнодорожной насыпью.

Рукав М. Донец был шире и, вероятно, глубже современного, что и позволяло ему исполнять функции транспортной магистрали. Крупность песчаного аллювия, погребаящего культурный слой, заметно снижается, появляются малакофаунистические признаки солоновато-водной среды. Это указывает на уменьшение водности рукава, расходов воды и скоростей течения в нем, что позволяло более активно проникать в него солоноватым водам Таганрогского залива. Причиной изменения водности М. Донца могло служить перераспределение стока внутри дельты в пользу центральных и южных рукавов.

Впервые получена календарная дата времени активности в портовой зоне Танаиса, которая указывает на послеполюмоновский этап развития (первая половина III в. н.э.). Показано, что порт находился внутри дельтового рукава, кото-

рый был в античное время более многоводным, чем сейчас. Выявлено, что внешний край дельты Дона достаточно древний, что противоречит бытующим оценкам быстрого выдвижения дельты в послеантичное время.

По данным бурения в западной части дельты и ^{14}C датирования дельтовых отложений получено, что в створе Танаиса морской край дельты располагался в V—III тыс. до н.э., а в начале III в. н.э. он был в 5—6 км западнее Танаиса. Оценка темпов выдвижения дельты в ее северной части от 1.2 до 2.8 м в год показывает, что в момент основания Танаис располагался в 3.5—5 км от устья. Такое расположение внутри дельтового рукава имело смысл с точки зрения укрытия от морских штормов. Северный берег Азовского моря представляет собой абразионный уступ, на значительном протяжении не имеющий удобных бухт, а широкий дельтовый рукав, способный поддерживать судоходство, был единственным возможным вариантом при выборе места для порта и сопутствующего торгового поселения.

Для более определенных суждений о связи заселения и торговых водных путей с изменениями природной обстановки в дельте Дона необходимы дополнительные исследования истории формирования дельты в голоцене с оценкой скорости ее выдвижения и положения ее края в разные моменты времени по надежным геологическим и геоморфологическим данным.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024 г.).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны В.В. Козловской (Нью-Йоркский университет, США) за организацию бурения в портовой зоне Танаиса, С.Н. Тимиревой и Ю.М. Кононову (ИГ РАН) за помощь в отборе современных проб воды, илов и раковин моллюсков. В первичном описании керна скважин принимала участие С.А. Сычева (ИГ РАН).

FUNDING

The studies were supported by grant of the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation (agreement no. 075-15-2024-554 of 24.04.2024).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to V.V. Kozlovskaya (New York University, USA) for organizing the

drilling in the port area of Tanais, S.N. Timireva and Y.M. Kononov (IG RAS) for their help in collecting the modern samples of water, silt and mollusk shells. S.A. Sycheva (IG RAS) took part in the primary description of the drill cores.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агбунов М.В.* Античная география Северного Причерноморья. М.: Наука, 1992. 240 с.
- Арсеньева Т.М., Безуглов С.И., Казакова Л.М.* Холм у южной окраины Недвиговского городища (итоги исследований 2001 г.) // Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону. Азов: Азовский краеведческий музей, 2002. Вып. 18. С. 187–194.
- Арсеньева Т.М., Ильяшенко С.М., Науменко С.А.* Исследования в Танаисе в 2003 году // Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону в 2003. Азов: Азовский краеведческий музей, 2004. Вып. 20. С. 121–124.
- Белявский П.Е.* Донские гирла. СПб.: Изд-е Комитета Донских гирл, 1888. 336 с.
- Бердников С.В., Беспалова Л.А., Хаванский А.Д., Хоросhev О.А., Магаева А.А., Мисиров С.А., Меринова Ю.Ю., Кулыгин В.В., Цыганкова А.Е., Иошпа А.Р., Сорокина В.В., Лихтанская Н.В., Булышева Н.И., Шохин И.В., Савикин А.И., Оганесян А.А., Смирнова Е.А.* Опасные абразионные и оползневые процессы в береговой зоне Азовского моря и социально-экономические последствия их проявлений. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. 288 с.
- Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Беспалова Е.В., Мисиров С.А.* Штормовые нагоны в Азовском море и их влияние на абразионные процессы // Тр. ЮНЦ РАН. 2020. Т. VIII. С. 111–121.
<https://doi.org/10.23885/1993-6621-2020-8-111-121>
- Богачев В.В.* Географическое развитие дельты р. Дон, в связи с ее заселением // Сб. Учёно-Литературного общества при Императорском Юрьевском университете. Юрьев: типогр. К. Маттисена, 1910. Т. XVI. С. 205–264.
- Горячкин Ю.Н.* Динамика клифов Западного Крыма // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 1. С. 50–67.
<https://doi.org/10.31857/S2949178924010058>
- Житников В.Г.* Дельта Дона в скифское время // Историческая география Дона и Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та, 1992а. С. 8–18.
- Житников В.Г.* Нижнее Подонье в VI — первой трети III в. до н.э. Автореф. дис. ... канд. ист. н. СПб.: ИИМК РАН, 1992б. 24 с.
- Зайцев А.В., Зеленищikov Г.В.* Голоцен дельты Дона // Геология, география и экология океана / под ред.
- Г.Г. Матишова. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 124–126.
- Ильяшенко С.М.* Спасательные работы в х. Недвиговке // Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону в 1998 г. Азов: Азовский краеведческий музей, 2000. Вып. 16. С. 92–93.
- Ильяшенко С.М.* Шурф 1994 года в юго-восточной части грунтового могильника Танаиса // Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону в 1998 г. Азов: Азовский краеведческий музей, 2001. Вып. 17. С. 250–257.
- Казакова Л.М.* Еще раз к топографии городища Танаис (по поводу заметки Б.А. Раева) // Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону в 2002 г. Азов: Азовский историко-археологический и палеонтологический музей-заповедник, 2004. Вып. 19. С. 229–235.
- Кисельников А.Б.* К вопросу о классификации греческих и римских торговых судов V в. до н.э. — II в. н.э. // Античный мир и археология. 2006. № 12. С. 313–333.
- Кортаев В.Н.* Формирование речных дельт внутриконтинентальных водоемов Арало-Каспийской аридной зоны (на примере рек Терека, Амурары и Или) // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 3. С. 3–13.
<https://doi.org/10.31857/S2949178923030040>
- Крюйс К.И.* Прилежное описание реки Дону или Танаиса, Азовского моря или Езера Меотского, Понта Эуксинского или Черного моря. Амстердам: Дункер и Гедрик, 1704. 40 с. (включая 18 карт).
- Леонтьев П.М.* Археологические разыскания на месте древнего Танаиса и в его окрестностях // Пропилеи: сб. статей по классической древности. М.: Университетская типография, 1854. Т. IV. С. 397–524.
- Матишов Г.Г.* Случай экстремальной адвекции соленых вод в дельту Дона и льда в Керченский пролив // ДАН. 2015. Т. 465. № 1. С. 99–103.
- Матишов Г.Г., Бердников С.В.* Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 1. С. 111–118.
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-1-111-118>
- Матишов Г.Г., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Кропянко Л.В.* Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // ДАН. 2016. Т. 471. № 4. С. 483–486.
<https://doi.org/10.7868/S086956521634020X>
- Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Коваленко Е.П., Дюжова К.В., Польшин В.В., Титов В.В.* Биостратиграфия донных отложений и палеогеография Азовского моря в древне- и новоазовское вре-

- мя // Геоморфология и палеогеография. 2025. Т. 56. № 1. С. 147–160.
<https://doi.org/10.31857/S2949178925010085>
- Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В., Шевердяев И.В. Голоценовая история азовского шельфа // Наука юга России. 2019. Т. 15. № 1. С. 42–53.
<https://doi.org/10.7868/S25000640190105>
- Мусиров С.А., Шевердяев И.В., Магаева А.А. Оценка площадных потерь земель в пределах береговой зоны Таганрогского залива // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2021. № 6. С. 66–73.
<https://doi.org/10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73>
- Самойлов И.В. Устья рек. М.: Географгиз, 1956. 526 с.
- Самохин А.Ф. Река Дон и ее притоки. Научно-популярный очерк. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та, 1958. 120 с.
- Сорокина В.В., Магаева А.А. Районирование побережья Таганрогского залива по степени опасности экзогенных геодинамических процессов // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2018. № 3. С. 49–57.
<https://doi.org/10.23885/2500-123X-2018-2-3-49-57>
- Страбон. География (в 17 книгах) / пер., ст. и коммент. Г.А. Стратановского / под общ. ред. С.Л. Утченко / ред. пер. О.О. Крюгер. Л.: Наука, 1964. 957 с.
- Тимошенко А.А. Сведения древних авторов о дельте Дона в свете современных данных // Вестн. МГУ. Серия 5: География. 1966. № 6. С. 105–108.
- Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса // Тр. Геол. ин-та. М.: ГЕОС, 2006. Вып. 574. 608 с.
- Хохлова О.С., Дюжова К.В., Гольева А.А., Трифонова Т.А., Бунин Д.С., Ильяшенко С.М., Хохлов А.А. Климат и растительность античного Танаиса (III в. до н.э. — V в. н.э.) по данным палеопочвенного и палеоботанического анализа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2018. № 5. С. 55–69.
<https://doi.org/10.1134/S2587556618050072>
- Чалый В.В. Отчет о раскопках шурфа в 1977 году в портовой части Танаиса // Архив ИА РАН, 1977. 45 с.
- Шелов Д.Б. Танаис и Нижний Дон в III — I в. до н.э. М.: Наука, 1970. 251 с.
- Шелов Д.Б. Танаис и Нижний Дон впервые века нашей эры. М.: Наука, 1972. 351 с.
- Щеглов Д.А. Стадий Эратосфена и измерение окружности Земли: использовали ли в античности “короткий” стадий? Аристей. Aristes: Вестн. классической филологии и античной истории. 2015. Т. 12. С. 62–97.
- De Villiers S. Seawater strontium and Sr/Ca variability in the Atlantic and Pacific oceans // Earth Plan. Sci. Lett. 1999. Vol. 171. № 4. P. 623–634.
[https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(99\)00174-0](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00174-0)
- Engels D. The Length of Eratosthenes' Stade // American J. of Philology. 1985. Vol. 106. № 3. P. 298–311.
<https://doi.org/10.2307/295030>
- Iljašenko S. Die Ober- und Unterstadt von Tanais in hellenistischer und römischer Zeit // Eurasia Antiqua. 2005. Band 11. P. 147–161.
- Khokhlova O.S., Dyuzhova K.V., Golyeva A.A., Trifonova T.A., Bunin D.S., Ilyashenko S.M., Khokhlov A.A., Shipkova G.V. Paleoecology of the ancient city of Tanais (3RD century BC–5TH century AD) on the north-eastern coast of the sea of Azov (Russia) // Quat. Int. 2019. Vol. 516. P. 98–110.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.10.007>
- Kosyan R.D., Krylenko M.V. Modern state and dynamics of the Sea of Azov coasts // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2019. Vol. 224. P. 314–323.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.05.008>
- Kozlovskaya V., Ilyashenko S.M. The Lower City of Tanais. Exploring the Hospitable Sea. In: Proc. Intern. Workshop on the Black Sea in Antiquity held in Thessaloniki, 21–23 September 2012 / M. Manoledakis (Ed.). BAR International Series 2498. Oxford: Archaeopress, 2013. P. 83–94.
- Lebrato M., Garbe-Schönberg D., Müller M.N., Blanco-Ameijeiras S., Feely R.A., Lorenzoni L., Molinero J.C., Bremer K., Jones D.O.B., Iglesias-Rodriguez D., Greeley D., Lamare M.D., Paulmier A., Graco M., Cartes J., Barcelos E., Ramos J., de Lara A., Sanchez-Leal R., Jimenez P., Paparazzo F.E., Hartman S.E., Westernströer U., Küter M., Benavides R., da Silva A.F., Bell S., Payne C., Olafsdottir S., Robinson K., Jantunen L.M., Korablev A., Webster R.J., Jones E.M., Gilg O., Bailly du Bois P., Beldowski J., Ashjian C., Yahia N.D., Twining B., Chen X.G., Tseng L.C., Hwang J.S., Dahms H.U., Oschlies A. Global variability in seawater Mg:Ca and Sr:Ca ratios in the modern ocean // PNAS. 2020. Vol. 117 (36). P. 22281–22292.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1918943117>
- Pothecary S. Strabo, Polybios, and the Stade // Phoenix. 1995. Vol. 49. № 1. P. 49–67.
- Retallack G.J. Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology. Oxford: Blackwell, 2001. 404 p.
<https://doi.org/10.1002/9780470698716>
- Ryabogina N.E., Afonin A.S., Ivanov S.N., Li H., Kalinin P.I., Udaltsov S.N., Nikolaenko S.A. Holocene paleoenvironmental changes reflected in peat and lake sediment records of Western Siberia: Geochemical and plant macrofossil proxies // Quat. Int. 2019. Vol. 528. P. 73–87.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.04.006>

Palaeohydrography of Ancient Tanais in the Context of the Don River Delta Development in the Late Holocene

A. V. Panin^{a,*}, D. S. Bunin^b, S. M. Ilyashenko^c, P. I. Kalinin^d, A. L. Chepalyga^a, and K. G. Filippova^a

^a*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^b*Vladimir State University, Vladimir, Russia*

^c*Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^d*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow oblast, Russia*

*e-mail: a.v.panin@igras.ru

The Greek-Barbarian settlement of Tanais, founded at the beginning of the 3rd century BC on the high northern shore of the present Don River delta and existing until the end of the 5th century AD, was described by Strabo at the turn of the eras as a port town lying on a river and on a lake. Today the remains of Tanais overlook the Mertvyi Donets, a dying arm of the Don River delta, 7–8 km from its mouth, but during the period of active existence of the ancient settlement, the hydrographic situation was different. Some researchers believe that Tanais was located on the marine edge of the delta, while others think it was on the seacoast. To clarify the hydrographic situation in the area of Tanais, a complex analysis (lithology, bulk chemistry, mollusc fauna, radiocarbon dating) of the sediments uncovered by drilling on the right bank of the Mertvyi Donets in the presumed port area was carried out. The drilled channel alluvium of the Mertvyi Donets arm indicated active flow in the modern low-flow arm. In the first centuries AD, the Mertvyi Donets was at least one and a half times wider and deeper than the modern one, which allowed it to fulfill the functions of the main transportation route. Immediately after the formation of the culture-bearing layer of the 3rd century AD, the water content and flow velocity in the Mertvyi Donets began to decrease, and the branch started to silt up. This was caused by the redistribution of runoff in favor of the arms of the central and southern parts of the delta. To assess the dynamics of the delta's advancement, the sediments were drilled and dated. It was found that in the Tanais area, the marine edge of the delta was located between the 5th and 3rd millennia BC, and in the period of the post-Polemonian Tanais in the 2nd and 3rd centuries AD — 5–6 km downstream. An estimate of the advancement rate of the delta's northern part — from 1.2 to 2.8 meters per year — shows that at the time of its foundation in the 3rd century BC, Tanais was located 3.5–5 km from the mouth. The foundation of a port settlement inside the delta arm, rather than on the coast, was due to the need for shelter from destructive sea storms.

Keywords: deltaic floodplain, river channel processes, alluvial facies, ancient colonization, ancient harbor, Bospor Kingdom, Northern Black Sea coast archaeology, Azov Region

REFERENCES

- Agbunov M.V. *Antichnaya geografiya Severnogo Prichernomoriya* [Ancient Geography of the Northern Black Sea Region]. Moscow: Nauka Publ., 1992. 240 p.
- Arsen'eva T.M., Bezuglov S.I., Kazakova L.M. Hill near the southern edge of the Nedvigovskoye ancient settlement (results of research in 2001). In *Istoriko-arkheologicheskie issledovaniya v Azove i na Nizhnem Donu v 2001 g.* [Historical and Archaeological Studies in Azov and Lower Done Region in 2001]. Azov: Azovskii Kraevedcheskii Muzei, 2002, pp. 187–194. (In Russ.).
- Arsen'eva T.M., Ilyashenko S.M., Naumenko S.A. Research in Tanais in 2003. In *Istoriko-arkheologicheskie issledovaniya v Azove i na Nizhnem Donu v 2003 g.* [Historical and Archaeological Studies in Azov and Lower Done Region in 2003]. Azov: Azovskii Kraevedcheskii Muzei, 2004, pp. 121–124. (In Russ.).
- Belyavskii P.E. *Donskie girla* [Don Deltaic Branches]. S.-Petersburg: Komitet Donskikh girl, 1888. 336 p.
- Berdnikov S.V., Bespalova L.A., Khavanskii A.D. et al. *Opasnye abraziionnye i opolznevye protsessy v beregovoi zone Azovskogo morya i sotsial'no-ekonomicheskie posledstviya ikh proyavlenii* [Hazardous Bank Erosion and Landsliding in the Coastal Zone of the Azov Sea and Socio-Economic Consequences of Their Impacts]. Rostov-on-Don: YuNTs RAN, 2022. 288 p.
- Bespalova L.A., Tsygankova A.E., Bespalova E.V., Misirov S.A. Storm surges in the Sea of Azov and their influence on bank erosion processes. In *Tr. Yuzhn. Nauch. Tsentra RAN. Tom VIII* [Proceedings of the Southern Scientific Centre RAS. Vol. 8]. Rostov-on-Don: YuNTs RAN, pp. 111–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.23885/1993-6621-2020-8-111-121>
- Bogachev V.V. Geographical development of the Don River delta in connection with its settlement. In *Sbornik Ucheno-Literaturnago obshchestva pri Imperatorskom Yur'evskom universitete* [Collection of the Academic-Literary Society at the Imperial University of Yur'ev]. Yur'ev: K. Mattisen Publ., 1910, pp. 205–264. (In Russ.).
- Chalyi V.V. *Arkhiv Inst. Ahkheol. RAN, no. 6603. Otchet o raskopkakh shurfa v 1977 godu v portovoi chasti Tanaisa* [Archive Institute of Archaeology RAS, no. 6603. Report on the Excavation of the Pits in 1977 in the Harbour Part of Tanais]. Moscow, 1977. 45 p.

- de Villiers S. Seawater strontium and Sr/Ca variability in the Atlantic and Pacific oceans. *Earth Plan. Sci. Let.*, 1999, vol. 171, no. 4, pp. 623–634.
[https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(99\)00174-0](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00174-0)
- Engels D. The Length of Eratosthenes' Stade. *Am. J. Philol.*, 1985, vol. 106, no. 3, pp. 298–311.
<https://doi.org/10.2307/295030>
- Goryachkin Yu.N. Cliff dynamics in Western Crimea. *Geomorf. Paleogeogr.*, 2024, vol. 55, no. 1, pp. 50–67. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2949178924010058>
- Il'jašenko S. Die Ober- und Unterstadt von Tanais in hellenistischer und römischer Zeit. *Eurasia Antiqua*, 2005, vol. 11, pp. 147–161. (In Germ.).
- Ilyashenko S.M. Pit of 1994 in the south-eastern part of the Tanais burial ground. In *Istoriko-arkheologicheskie issledovaniya v Azove i na Nizhnem Donu v 1999–2000 gg.* [Historical and Archaeological Studies in Azov and Lower Done Region in 1999–2000]. Azov: Azovskii Kraevedcheskii Muzei, 2001, pp. 250–257. (In Russ.).
- Ilyashenko S.M. Rescue work in the village of Nedvigovka. In *Istoriko-arkheologicheskie issledovaniya v Azove i na Nizhnem Donu v 1998 g.* [Historical and Archaeological Studies in Azov and Lower Done Region in 1998]. Azov: Azovskii Kraevedcheskii Muzei, 2000, pp. 92–93. (In Russ.).
- Kazakova L.M. Once again to the topography of the ancient settlement of Tanais (regarding B.A. Raev's note). In *Istoriko-arkheologicheskie issledovaniya v Azove i na Nizhnem Donu v 2002 g.* [Historical and Archaeological Studies in Azov and Lower Done Region in 2002]. Azov: Azovskii istoriko-archeologicheskii i paleontologicheskii muzei-zapovednik, 2004, pp. 229–235. (In Russ.).
- Khokhlova O.S., Dyuzhova K.V., Golyeva A.A., Trifonova T.A., Bunin D.S., Ilyashenko S.M., Khokhlov A.A. Climate and vegetation of ancient Tanais (3rd century BC – 5th century AD) according to palaeo-soil and palaeobotanical analysis data. *Izv. Akad. Nauk., Ser. Geogr.*, 2018, no. 5, pp. 55–69. (In Russ.).
<https://doi.org/10.1134/S2587556618050072>
- Khokhlova O.S., Dyuzhova K.V., Golyeva A.A., Trifonova T.A., Bunin D.S., Ilyashenko S.M., Khokhlov A.A., Shipkova G.V. Paleoecology of the ancient city of Tanais (3rd century BC–5th century AD) on the north-eastern coast of the sea of Azov (Russia). *Quat. Int.*, 2019, vol. 516, pp. 98–110.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.10.007>
- Kholodov V.N. *Geokhimiya osadochnogo protsessa* [Geochemistry of Sedimentation]. Moscow: GEOS Publ., 2006. 608 p.
- Kiselnikov A.B. Towards the classification of Greek and Roman merchant ships of the 5th century BC – 2nd century AD. *Antichn. Mir Arkheol.*, 2006, no. 12, pp. 313–333. (In Russ.).
- Korotaev V.N. Formation of river deltas of intra-continental reservoir of the Aral-Caspian arid zone (on the example of the Terek, Amudarya and Ili Rivers). *Geomorf. Paleogeogr.*, 2023, vol. 54, no. 3, pp. 3–13. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2949178923030040>
- Kosyan R.D., Krylenko M.V. Modern state and dynamics of the Sea of Azov coasts. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 2019, vol. 224, pp. 314–323.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.05.008>
- Kozlovskaya V., Ilyashenko S.M. The Lower City of Tanais. Exploring the Hospitable Sea. In *Proc. Intern. Workshop on the Black Sea in Antiquity held in Thessaloniki, 21–23 September 2012*. BAR International Series 2498. Oxford: Archaeopress, 2013, pp. 83–94.
- Kryuis K.I. *Prilezhnoe opisanie reki Donu ili Tanaisa, Azovskogo morya ili Ezera Meotskogo, Ponta Euksinskogo ili Chernogo morya* [A Diligent Description of the River Don or Tanais, the Sea of Azov or Lake Meotian, Pontus Euxine or the Black Sea]. Amsterdam: Dunker and Hedrik Publ., 1704. 40 p.
- Lebrato M., Garbe-Schönberg D., Müller M.N., et al. Global variability in seawater Mg:Ca and Sr:Ca ratios in the modern ocean. *PNAS*, 2020, vol. 117, no. 36, pp. 22281–22292.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1918943117>
- Leontyev P.M. Archaeological research at the site of ancient Tanais and its surroundings. In *Propilei: Sbornik statei po klassicheskoi drevnosti. T. 4* [Propylaea: A Collection of Articles on Classical Antiquity. Vol. 4]. Moscow: Universitetskaya tipografiya, 1854, pp. 397–524. (In Russ.).
- Matishov G.G. Extreme saline water advection into the Don River delta and ice advections into Kerch Strait. *Dokl. Earth Sci.*, 2015, vol. 465, no. 1, pp. 1154–1158. (In Russ.).
- Matishov G.G., Berdnikov S.V. Extreme flooding in the Don River delta in dpring 2013. *Izv. Akad. Nauk., Ser. Geogr.*, 2015, no. 1, pp. 111–118. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-1-111-118>
- Matishov G.G., Bepalova L.A., Ivlieva O.V., Tsygankova A.E., Kropyanko L.V. The Sea of Azov: recent abrasion processes and problems of coastal protection. *Dokl. Earth Sci.*, 2016, vol. 471, no. 2, pp. 1269–1272.
<https://doi.org/10.1134/S1028334X16120059>
- Matishov G.G., Polshin V.V., Titov V.V., Sheverdyayev I.V. Holocene history of the Azov shelf. *Nauka Yuga Rossii*, 2019, vol. 15, no. 1, pp. 42–53. (In Russ.).
<https://doi.org/10.7868/S25000640190105>
- Matishov G.G., Kovaleva G.V., Kovalenko E.P., Dyuzhova K.V., Polshin V.V., Titov V.V. Paleo-geography and biostratigraphy of the Sea of Azov bottom sediments in the Ancient and New Azov Periods. *Geomorf. Paleogeogr.*, 2025, vol. 56, no. 1, pp. 147–160. (In Russ.).

- <https://doi.org/10.31857/S2949178925010085>
- Misirov S.A., Sheverdiaev I.V., Magaeva A.A. Assessment of areal land losses within the coastal zone of the Taganrog Bay. *Ekol. Ekon. Inform., Ser. Geoinf. Tekhn. Kosm. Monitor.*, 2021, no. 6, pp. 66–73. (In Russ.).
<https://doi.org/10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73>
- Pothecary S. Strabo, Polybios, and the Stade. *Phoenix*, 1995, vol. 49, no. 1, pp. 49–67.
- Retallack G.J. *Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology*. Oxford: Blackwell, 2001. 404 p.
<https://doi.org/10.1002/9780470698716>
- Ryabogina N.E., Afonin A.S., Ivanov S.N., Li H., Kalinin P.I., Udaltsov S.N., Nikolaenko S.A. Holocene paleoenvironmental changes reflected in peat and lake sediment records of Western Siberia: Geochemical and plant macrofossil proxies. *Quat. Int.*, 2019, vol. 528, pp. 73–87.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.04.006>
- Samoilov I.V. *Ust'ya rek* [River Mouths]. Moscow: Geografiz Publ., 1956. 526 p.
- Samokhin A.F. *Reka Don i ee pritoki. Nauchno-populyarnyi ocherk* [The Don River and Its Tributaries. Popular Science Essay]. Rostov-on-Don: Izd-vo Rostov. Univ., 1958. 120 p.
- Scheglov D.A. Eratosthenes' Stadius and the measurement of the circumference of the Earth: was the "short" stadius used in antiquity? *Aristei. Aristes: Vestn. Klassich. Filol. Antich. Istor.*, 2015, vol. 12, pp. 62–97. (In Russ.).
- Shelov D.B. *Tanais i Nizhnii Don v III– I v. do n.e.* [Tanais and the Lower Don in the 3rd – 1st Century BC]. Moscow: Nauka Publ., 1970. 251 p.
- Shelov D.B. *Tanais i Nizhnii Don v pervye veka nashei ery* [Tanais and the Lower Don in the First Centuries AD]. Moscow: Nauka Publ., 1972. 351 p.
- Sorokina V.V., Magaeva A.A. Zoning of the Taganrog Bay coast according to the degree of development and manifestation of the hazardous exogenous geodynamic processes. *Ekol. Ekon. Inform., Ser. Geoinf. Tekhn. Kosm. Monitor.*, 2018, no. 3, pp. 49–57. (In Russ.).
<https://doi.org/10.23885/2500-123x-2018-2-3-49-57>
- Strabon. *Geografiya (v 17 knigakh)* [Geography (In 17 Books)]. Stratanovskii G.A., Utchenko S.L., Kryuger O.O., Eds. Leningrad: Nauka Publ., 1964. 957 p.
- Timoshenko A.A. Information of ancient authors about the Don delta in the light of modern data. *Vestn. Mosk. Univ., Ser 5: Geogr.*, 1966, no. 6, pp. 105–108. (In Russ.).
- Zaitsev A.V., Zelenshchikov G.V. Holocene of the Don delta. In *Geologiya, geografiya i ekologiya okeana* [Geology, Geography, Ecology of Ocean]. Rostov-on-Don: YuNTs RAN, 2009, pp. 124–126. (In Russ.).
- Zhitnikov V.G. The Don Delta in Scythian times. In *Istoricheskaya geografiya Dona i Severnogo Kavkaza* [Historical Geography of the Don and the North Caucasus]. Rostov-on-Don: Izd-vo Rostov. Univ., 1992a, pp. 8–18. (In Russ.).
- Zhitnikov V.G. Lower Don region in the 6th — first third of the 3rd century BC. *Extended Abstract of Cand. Sci. (History) Dissertation*. S.-Petersburg: IIMK RAS, 1992. 24 p.