

УДК 551.46 (268.1+262.24)

ПРИЗНАКИ СУБАЭРАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АЗОВСКОГО МОРЯ

© 2022 г. Академик РАН Г. Г. Матишов^{1,*}, В. В. Польшин¹, В. В. Титов¹

Поступило 05.05.2022 г.

После доработки 06.06.2022 г.

Принято к публикации 06.06.2022 г.

В голоцене уровень Азовского моря неоднократно менялся. В последние годы сотрудниками ЮНЦ РАН было отобрано более 200 грунтовых колонок на различных участках акватории и пробурено 24 скважины в береговой зоне, что позволило получить новые данные о донных отложениях голоценового возраста. Их гранулометрический состав по площади морского дна меняется от глинистых илов до песков и гравия. Одной из важных черт донных и береговых отложений является присутствие в изученных разрезах значительного количества органических остатков, включений гидротроилита и характерный запах сероводорода. В Азовском море такие отложения залегают как на поверхности дна, так и на нижележащих горизонтах. В береговой зоне они вскрываются в разрезах пробуренных скважин ниже современного уровня моря и имеют ново- и древнеазовский возраст. Наличие таких отложений интерпретируется как маркеры мелководных обстановок осадконакопления.

Ключевые слова: Азовское море, донные отложения, донная фауна, колебания уровня моря, условия осадконакопления, органическое вещество, датировки абсолютного возраста

DOI: 10.31857/S2686739722600989

ВВЕДЕНИЕ

Азовское море за последние 10 тыс. лет несколько раз в той или иной степени осушалось. В частности, в эпоху фанаторийской регрессии (3.1–2.2 тыс. л.н.) уровень моря был ниже современного на 6–7 м. Край дельты р. Дон также неоднократно смещался [1].

Важной отличительной чертой осадочной толщи Азовского моря является присутствие в разрезах голоценового возраста слоев с высоким содержанием органики [2–6]. Эти отложения фиксируются как в поверхностных осадках, так и в разрезах грунтовых колонок по всей площади моря – от прибрежных до центральных районов, с глубинами 12–14 м. Для них характерны различные оттенки темного цвета, до черного, включения органических веществ (остатки растительности и раковинный материал). Периодически отмечаются запах сероводорода (H_2S) и тонкие прослойки и примазки гидротроилита. В зависимости от районов моря, мощность и состав таких отложений может меняться. Как правило, среди

них преобладают илы различного гранулометрического состава. Значительно реже встречаются илистые пески. Изученность таких отложений на сегодняшний день является фрагментарной и требует комплексного подхода. В Азовском море образование подобного рода слоев связано с рядом физико-географических трансформаций в голоцене. Для восстановления природной обстановки в период формирования грунтов анализируются литологические признаки, такие как текстура, консистенция, цвет, гранулометрический и вещественный состав, а также включения органических остатков (раковинный материал, растительность) и др.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В Азовском море, в прибрежной зоне и протоках донской дельты отбор грунтовых колонок осуществлялся с борта нис “Денеб” при помощи гравитационной грунтовой трубки, укомплектованной пластиковым вкладышем и комплектом грузов. На мелководье грунтовые колонки отбирались с несамоходного понтона (ноу-хау ЮНЦ РАН) вибрационной трубкой. Всего по такой методике нами было проведено исследование на более чем 200 станциях.

В течение последних нескольких лет буровые работы проводились в береговой зоне Таганрог-

¹ Федеральным исследовательским центром Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, Россия

*E-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru



Рис. 1. Районы бурения скважин на косе Долгой в период 2019–2021 гг.

ского залива. География работ охватывала Беглицкую, Павло-Очаковскую, Чумбурскую и Долгую косы, а также устьевую зону р. Кагальник. В результате было пробурено 24 скважины глубиной от 5.2 до 26.5 м. Важная информация о палеогеографии Азовского моря получена в ходе бурения на косе Долгой, где в период с 2019–2021 гг. было пробурено 11 скважин (рис. 1). Для определения координат точек бурения и абсолютных отметок устьев скважин относительно уровня моря использовался GNSS приемник “EFT M4 GNSS”.

Абсолютный возраст отложений определялся радиоуглеродным методом по образцам раковин моллюсков в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кеplена (Санкт-Петербургский государственный университет, Россия; индекс образца – ЛУ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Голоценовые отложения Азовского моря формировались в условиях нестабильного уровня моря. На площади морского дна выделяются устойчивые области распространения различных типов морских осадков. В результате повышения уровня моря и расширения морских границ широкое развитие в верхней части осадочной толщи получили отложения, сформировавшиеся в древ-

не- и новоазовскую стадию развития водоема. Они залегают на слоях более раннего возраста и, за исключением локальных участков размыва дна, распространены повсеместно [7–10].

Полученные нами ранее результаты определения абсолютного возраста донных отложений мощностью до 2–3 м из центральной части Азовского моря свидетельствуют об их формировании в последние 3 тыс. лет (новоазовские слои). На участках донного размыва мощность новоазовских отложений может сокращаться до 1 м и менее. Под ними залегают древнеазовские и более древние отложения [4, 8–10].

Рельеф дна южной части Азовского моря характеризуется быстрым нарастанием глубин до 10 м. К северу угол наклона поверхности дна выполаживается. Сравнительно однородный характер строения донного рельефа с глубинами, понижающимися к центральной части моря, способствовал накоплению здесь глинистых илов. На участке Керченского пролива и прилегающей акватории широкое распространение получили глинисто-алевритовые илы и песчано-ракушечные отложения [12].

Центральную часть моря выстилают глинистые и алевритово-глинистые илы с ритмичным чередованием маломощных слоев, сложенных ракушечным материалом. Большинство отложений из этой части моря по гранулометрическому составу относится к глинистым (содержание фракции <0.01 мм 70%) или алевритово-глинистым илам (содержание фракции <0.01 мм 50%). Включения материала песчаной размерности в осадках данного района крайне незначительны и, в основном, представлено детритом биогенного происхождения (обломки створок раковин бентосных моллюсков). По мере приближения к побережью, а также в районах банок и гряд, содержание ракушечного материала, алеврита и песка в осадках увеличивается.

Отложения, залегающие на юго-западе Азовского моря на площади Арабатского залива, представлены глинистыми илами с примесью ракушечного материала. Содержание биогенного материала в осадках этой части моря значительно больше, чем в центральном районе и может достигать 50%. К берегу происходит постепенное замещение глинистых и алевритово-глинистых илов илистыми алевритами и песчано-ракушечными отложениями. Разрез донных отложений мощностью 2.34 м в районе м. Канзатип (глубина моря 8 м) сложен осадками новоазовского возраста (календарный возраст 1760 ± 110 , ЛУ-8328), которые представлены средне- и тонкоилистыми прослоями текуче- и мягкопластичного глинистого ила от темно-серого до черного цвета, чередующихся с прослоями, сложенными ракушечным материалом мощностью от 2 до 50 см.

В восточной и северо-западной части акватории Азовского моря на морском дне расположены возвышенности — ракушечные банки. В восточной части моря это Железинская и Ахтарская банки, а на северо-западе — относительно мелкие изометричные в плане поднятия, расположенные южнее Бердянской и Обиточной кос. На вершинах банок и гряд отлагаются ракушечники и крупнозернистые органогенно-детритусовые пески желтого и желто-коричневого цвета, которые вниз по склону замещаются илстыми органогенно-детритусовыми песками и ниже к основанию банок — илстыми осадками с примесью ракушечного материала. Между поднятиями широкое развитие получили илстые осадки с включениями раковинного материала. В понижениях морского дна с глубинами 12–14 м, расположенных к западу от Железинской банки, также залегают глинистые илы (фракция <0.01 мм составляет 85%) черного цвета текучей консистенции. Донные осадки из этого района моря почти повсеместно имеют специфический запах сероводорода. Для отложений черного цвета с запахом сероводорода характерны маломощные прослои (в среднем 0.5–1 см), сложенные раковинами замороустойчивого моллюска *Hydrobia*. Этот морской вид выносит колебания температур от 0°C до 30°C, соленость от 5 до 35‰ и устойчив к дефициту кислорода.

В основном, донные отложения мощностью до 2–3 м в этом районе имеют новоазовский возраст. Только лишь на периферии Железинской банки мощность отложений новоазовского возраста сокращается до 0.5–1 м. Цвет осадков — от темно-серого до черного. Местами отмечается микрослоистость, обусловленная чередованием прослоев ила черного и серого цветов. Консистенция илстых отложений в верхней части — от текучей до текуче-пластичной, в нижней — до мягкопластичной. Нередко по всей мощности отобранных колонок через 20–30 см встречаются прослои мощностью 2–5 см, сложенные раковинами моллюсков (в основном, створками морского эвригалинного вида *Cerastoderma*).

В устьевой зоне Темрюкского залива в новоазовское время накапливались глинистые илы от темно-серого до черного цвета с примазками и прослойками гидротроилита и запахом сероводорода. Периодически в осадках из грунтовых колонок отмечаются включения углефицированной органики и микрослоистость (мощность слоев 1–2 мм). В кутовой области залива происходит постепенное замещение илстых осадков на отложения смешанного типа и далее к берегу — на пески, обогащенные ракушей и ракушечным детритом.

Таганрогский залив характеризуется сложным распределением осадков по площади дна. Существенное влияние на процесс седиментогенеза в

приустьевой части залива оказывает река Дон. От восточной части залива к западной характер осадков закономерно изменяется. В восточной части широкое распространение получили алевритово-илистые мелкозернистые пески с включением обломков створок раковин. К западу с увеличением глубин гранулометрический состав отложений изменяется в сторону уменьшения размера частиц. Характерный узкий ареал глинистых илов наблюдается на дне осевой ложбины Таганрогского залива на глубине 5–10 м, которая в плане соответствует долине палео-Дона. Алевритовые илы и осадки смешанного типа по площади дна Таганрогского залива распространены локально и связаны постепенными латеральными переходами как с тонкодисперсными илами, так и с более крупнозернистыми песчаными отложениями. Площадь распространения этих отложений зависит от глубин, которые редко превышают четыре метра, и твердым стоком рек. Другим фактором, определяющим присутствие этого типа осадка, является близость берегов, сложенных лессовидными суглинками [7, 8]. Цвет илстых осадков Таганрогского залива — от серо-зеленого до черного. Консистенция — от текучей до текуче-мягкопластичной. Микрослоистая структура для илов не характерна ввиду периодического волнового воздействия. В кутовой части залива, а также протоках донской дельты в отложениях в виде включений отмечаются остатки углефицированной органики черного цвета (стеблей прибрежной растительности). Мощность новоазовских отложений в центральной части залива невелика. В пробах раковинного материала из грунтовых колонок, отобранных на акватории Таганрогского залива (датировка 2960 ± 80 л.н.), доминируют *Cerastoderma rhomboides* и *Abra segmentum*, а также отмечен *Mytilus galloprovincialis*. Так же в большом количестве присутствуют *Cerastoderma rhomboides* и *Abra segmenta* [12].

В составе осадков, отложившихся в западной и центральной частях Таганрогского залива, в хроноинтервале 5.5–4.5 тыс. л.н. (древнеазовские отложения), преобладают раковины и ракушечный детрит, переслаивающиеся с илстыми и песчаными отложениями. Севернее Чумбурской косы эти осадки залегают на мелко-среднезернистых кварц-полевошпатовых песках, содержащих тонкие прослойки (мощностью 5 мм) глинистого материала.

Анализ данных бурения и датирования береговых отложений косы Долгой (самое крупное аккумулятивное тело на южном побережье Таганрогского залива) позволяет сделать вывод, что ее основной рельеф сформировался в течение новоазовской стадии развития Азовского моря. Выделяется шесть стадий развития косы [13, 14]. Вскрытая скважинами верхняя часть отложений

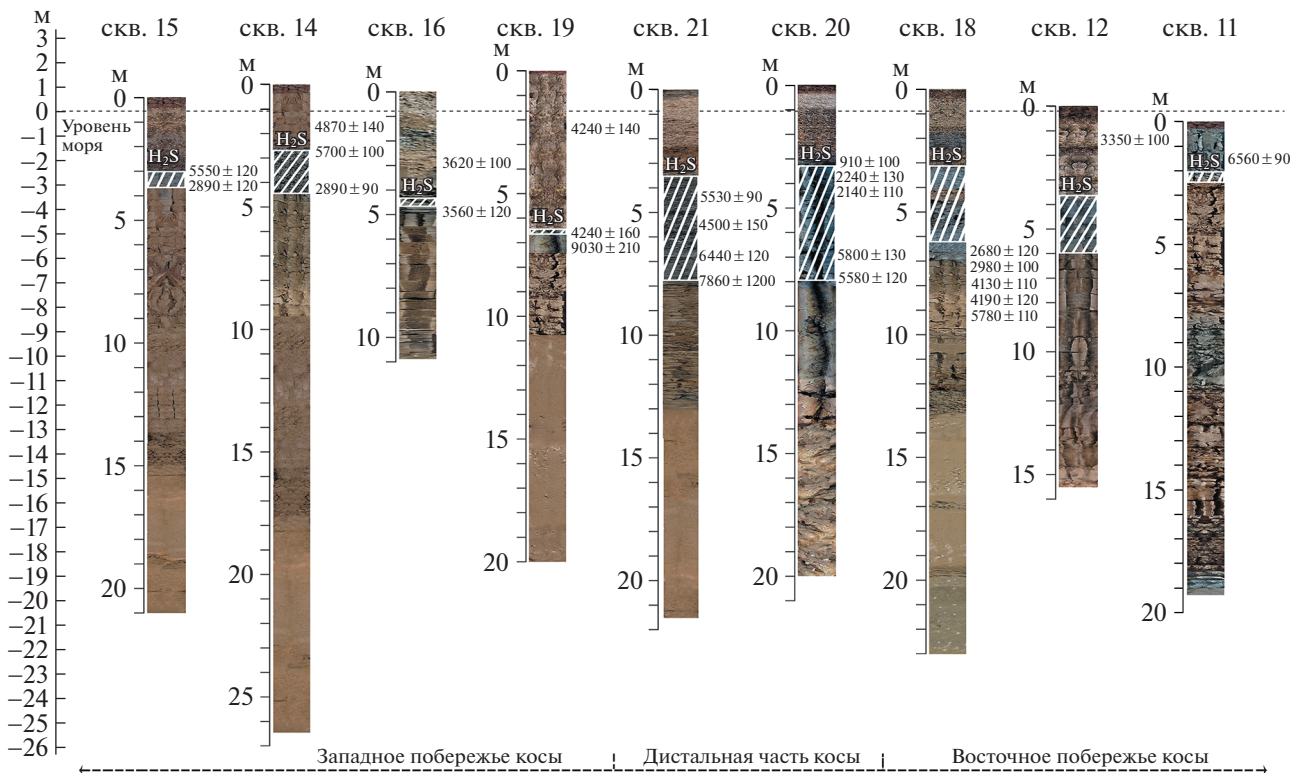


Рис. 2. Возраст отложений с включениями органики и прослоями гидротроилита в разрезах скважин, пробуренных на косе Долгой (Краснодарский край).

косы Долгой повсеместно сложена ракушечным материалом с примесью глины и суглинка. Нижняя часть разреза представлена суглинками и песками. Мощность ракушечных отложений увеличивается от корневой к дистальной части косы, при этом среди ракушечного материала преобладают створки и детрит раковин моллюсков рода *Cerastoderma* (более 95%).

Строение геологических разрезов на косе Долгой отличается в зависимости от месторасположения скважин. На восточном берегу (со стороны Таганрогского залива) и на дистальной части косы в разрезах на глубине от 1.5 до 5.7 м отмечается увеличение мощности лиманно-лагунных отложений, представленных туго- и мягкопластичными иловатыми глинами темно-серого и голубовато-серого цвета с включениями ракушечного материала, остатков растительности и линзами мелкозернистого илистого песка. Для них характерны включения гидротроилита и запах сероводорода. Мощность таких отложений на этих участках составляет от 1.2 до 5.3 м и увеличивается от основания к оконечности косы.

В береговых отложениях других кос Таганрогского залива и в протоках взморья Дона также периодически встречаются слои заиленных детритовых песков с ярко выраженным сероводородным запахом средней мощностью 20–30 см.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для голоцена типична ритмичность седиментации. Сопоставляя региональную специфику колебания уровня моря в Азово-Черноморском бассейне, гляциоэвстатические изменения уровня Мирового океана, опираясь на анализ данных бурения и отбора грунтовых колонок, различают до 7–10 чередовавшихся трансгрессий и регрессий в голоцене. Формирование дельты Дона и кос Азовского моря происходило в период максимума новочерноморской (4–6 тыс. л.н.) и нимфейской (2.4–1.5 тыс. л.н.) трансгрессий [12].

Рассматривая новейшие отложения, можно обнаружить различия в их цветовой гамме, текстуре, физико-механических свойствах, видовом составе малакофауны, а также мощности и абсолютном возрасте. Все перечисленные черты указывают на смену субэральных, мелководных или прибрежных обстановок осадконакопления. При бурении скважин и отборе грунтовых колонок на акватории и береговой зоне Азовского моря, в дельте Дона, в дельтах малых рек Приазовья (Кагальник и др.) нами были вскрыты слои и прослои осадочных отложений различной мощности характерного темного цвета (до черного) и запахом сероводорода. Эти прослои (10–20 см) и слои (1–2 м и более) характеризуются включениями

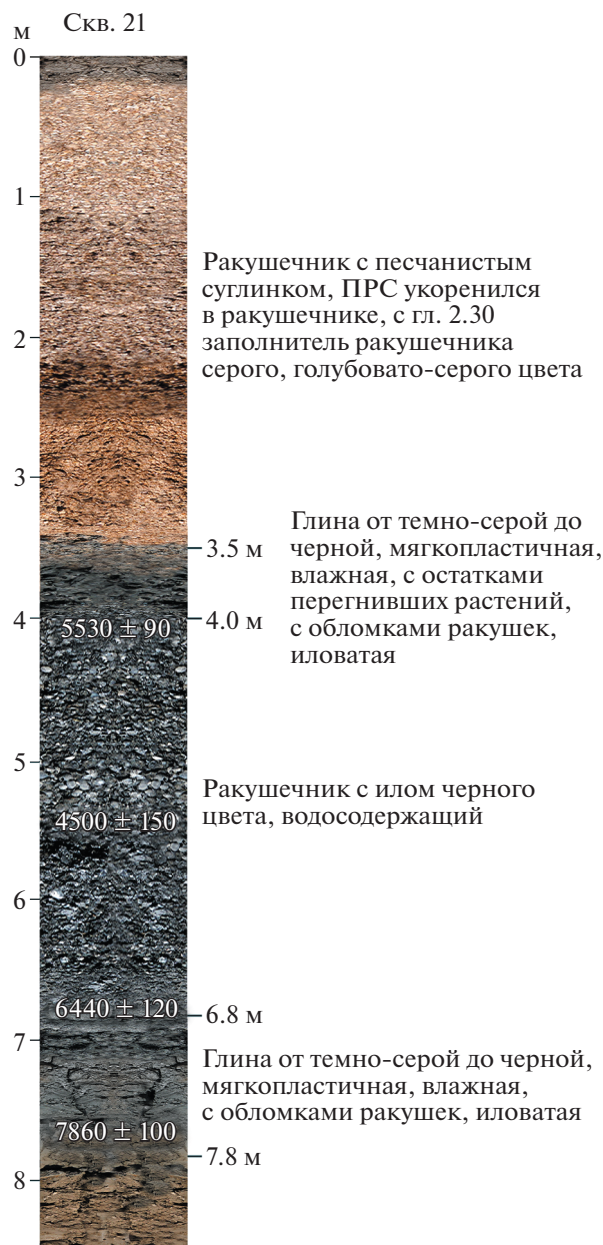


Рис. 3. Разрез скважины 21 (коса Долгая).

гидротроилита, растительных остатков и запахом сероводорода. Предположительно они формировались в условиях дефицита кислорода в условиях лагун, болот, плавней и неглубоких водотоков на осушенном дне в периоды регрессии моря (например, во время существования “Меотийского озера”). Их абсолютный возраст варьирует от 0.9 до 9.0 тыс. лет (рис. 2). На косе Долгой, а также во всех изученных разрезах слои, прослой, примазки гидротроилита лежат ниже современного уровня Азовского моря на 1.5–5.7 м (рис. 3). Известно, что гидротроилит ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) возникает в осадках при взаимодействии гидроокислов железа со свобод-

ным сероводородом, являющимся продуктом метаболизма сульфатредуцирующих бактерий [15].

Известно, что регрессии на азовском шельфе происходили в корсунское (1.3–0.5 тыс. л.н.), фанагорийское – “Меотийское озеро” (3.1–2.5 тыс. л.н.) и новозввинское (12.5 тыс. л.н.) время [12]. Строение и состав древнеазовских и новоазовских отложений, сейсмоакустические исследования в Таганрогском заливе, несколько генераций древних береговых валов на косе Долгой, серия песчаных островов и мелководий на морском продолжении косы Долгой, артефакты античной цивилизации на азовском шельфе также подтверждают периодичность колебаний уровня моря в голоцене. При этом дельта Дона перемещалась к траверзу Мариуполь-коса Долгая [4, 8, 12, 16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Акватория Азовского моря представляет информативный природный полигон для детального (углубленного) изучения процесса колебания (осцилляций) уровня Мирового океана в голоцене и конкретно на этапе развития в последние 2–7 тыс. л. Здесь по разрезам донных и береговых отложений достаточно полно прослеживается изменение природных условий региона на протяжении последних нескольких тысяч лет.

Присутствие в разрезах органических остатков, раковин моллюсков, прослоев гидротроилита и характерного запаха сероводорода является важным маркирующим признаком, позволяющим определять периоды, когда на площади дна Азовского моря существовали мелководные либо субаэральные условия осадконакопления. Как показывают наши исследования колонок донных отложений и кренов с косы Долгой, совместно с радиоуглеродным определением возраста слоев, эти отложения с признаками субаэриального происхождения формировались асинхронно на разных участках дна моря в хроноинтервале от 0.9 до 9.0 тыс. лет. Такие осадки несут важную информацию об изменении природных условиях в Азовском море в голоцене.

Дальнейшие исследования предполагают комплексное изучение донных и береговых отложений Азовского моря с привлечением данных бурения и сеймопрофилирования морского дна на акватории от Керченского пролива – Арабатской стрелки до кос Долгой, Белосарайской и далее на восток до авандельты Дона. Аналитические работы помимо литологических и малакологических исследований должны включать определение абсолютного возраста морских осадков различными методами датирования (радиоуглеродное, OSL-датирование и датирования по короткоживущим изотомам свинца и цезия).

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работы выполнены при поддержке гранта РФФ № 20-17-00196.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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>
2. Хрусталева Ю.П., Александрова Э.В., Толоконникова Л.И. Сульфатредукционные процессы в осадках Азовского моря // Географические аспекты изучения гидрологии и гидрохимии Азовского бассейна. Л.: ГО СССР, 1981. С. 115–125.
3. Федоров Ю.А., Доценко И.В., Кузнецов А.Н., Белов А.А., Логинов Е.А. Закономерности распределения S_{org} в донных отложениях российской части Азовского моря // Океанология. 2009. Т. 49. № 2. С. 229–236.
4. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Ковалёва Г.В., Титов В.В. Литология и биостратиграфия голоценовых отложений Азовского моря: итоги 15-летних исследований // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 3. С. 24–34. <https://doi.org/10.7868/S25000640190303>
5. Овсяный Е.И., Коновалов С.К., Митропольский А.Ю., Котельяниц Е.А. Органический углерод и карбонатность современных донных отложений Керченского пролива // Геохимия. 2015. № 12. С. 1120–1131. <https://doi.org/10.7868/S0016752515120079>
6. Рязанцев Г.Б., Мнацаканян В.Г., Мысливец В.И., Шипилова Л.М. Условия образования газов в донных илах Азовского моря // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 1. С. 86–92.
7. Шнюков Е.Ф., Орловский Г.Н., Усенко В.П. и др. Геология Азовского моря. Киев: Наукова думка, 1974. 248 с.
8. Матишов Г.Г. Сейсмопрофилирование и картирование новейших отложений дна Азовского моря // Вестник Южного научного центра РАН. 2007. Т. 3. № 3. С. 32–40.
9. Польшин В.В. Донные отложения позднего голоцена Азовского моря // Геология, география и экология океана. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 2009. С. 269–272.
10. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Арсланов Х.А., Дюжова К.В., Польшин В.В., Золотарева А.Е. Результаты радиоуглеродного датирования голоценовых отложений Азовского моря // ДАН. 2018. Т. 479. № 6. С. 655–658. <https://doi.org/10.7868/S0869565218120113>
11. Матишов Г.Г., Дюжова К.В., Ковалева Г.В., Польшин В.В. Новые данные об осадконакоплении и биостратиграфии древнее и новоазовских отложений (Азовское море) // ДАН. 2016. Т. 467. № 4. С. 463–467. <https://doi.org/10.7868/S0869565216100194>
12. Матишов Г.Г., Титов В.В., Ковалева Г.В. и др. Палеогеография Приазовья в голоцене. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. 224 с.
13. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В. Исследования отложений кос Азовского моря (на примере косы Долгой) // Океанология. 2020. Т. 60. № 1. С. 158–161. <https://doi.org/10.31857/S0030157420010165>
14. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Коваленко Е.П., Григоренко К.С. Палеоокеанология Азовского моря в голоцене (по данным бурения и изучения малакофауны на косе Долгой) // Океанология. 2021. Т. 61. № 4. С. 609–619. <https://doi.org/10.31857/S0030157421030084>
15. Феронский В.И., Поляков В.А., Куприн П.Н., Владова Л.С. Гидротроилит как биоиндикатор палеогидрологических и палеоклиматических процессов в бассейне Каспийского моря // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. С. 439–455. <https://doi.org/10.7868/S0321059614040075>
16. Маев Е.Г., Мысливец В.И., Зверев А.С. Строение верхнего слоя осадков и рельеф дна Таганрогского залива Азовского моря // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2009. № 5. С. 78–82.

FEATURES OF SUBAERIAL SEDIMENTATION IN THE HOLOCENE SEDIMENTS OF THE SEA OF AZOV

Academician of the RAS G. G. Matishov^{a,#}, V. V. Polshin^a, and V. V. Titov^a

^a Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

[#] E-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru

The level of the Sea of Azov repeatedly changed during the Holocene. In last years, SSC RAS staff have selected more than 200 bottom cores in various parts of the water area and drilled 24 boreholes in the coastal zone, which made it possible to obtain new data on bottom sediments of the Holocene age. Their granulometric composition varies by seabed area from clayey silts to sands and gravels. One of the important features of bottom and coastal sediments is the presence of a significant amount of organic remains, inclusions of hydrotroilite and the characteristic smell of hydrogen sulfide in the studied sections. In the Sea of Azov, such deposits occur both on the bottom surface and on the underlying horizons. In the coastal zone, they are exposed in the sections of boreholes below the modern sea level and have a New- and Old Azovian age. The presence of such deposits is interpreted as markers of shallow water sedimentation environments.

Keywords: Sea of Azov, bottom sediments, bottom fauna, sea level fluctuations, sedimentation conditions, organic matter, absolute age dating