

Российскими учёными получены уникальные геолого-морфологические, палеонтологические и археологические свидетельства изменения береговых границ и уровня поверхности Азово-Черноморского бассейна на протяжении многих тысячелетий, детально прослежена динамика климатических условий и ландшафтов южных областей России, Крымского полуострова, новых субъектов Российской Федерации. Эти результаты, имеющие не только научное, но большое социально-экономическое значение, обсуждались участниками заседания президиума РАН, состоявшегося 17 октября 2023 г. Предлагаем вниманию читателей три статьи, подготовленные авторами на основе докладов, заслушанных на этом заседании.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРИАЗОВЬЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 126 ТЫСЯЧ ЛЕТ И ПРОБЛЕМА МАЛОВОДЬЯ

© 2023 г. Г. Г. Матишов^{а,*}, В. В. Титов^{а,**}

^а Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

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

**E-mail: vvtitov@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.11.2023 г.

После доработки 22.11.2023 г.

Принята к публикации 23.11.2023 г.

В последние 15 лет на юге европейской части России, в том числе в Приазовье, наблюдается период маловодья, связанный с уменьшением речного стока. Это приводит к негативным последствиям, которые сказываются на населении региона, сельском хозяйстве, судоходстве, трансформациях экосистем Азовского моря. В статье проводится ретроспективный анализ характера изменения климата и обводнённости территории на протяжении позднего плейстоцена и голоцена, основанный как на результатах палеогеографических исследований, так и на архивных и исторических данных. Показано, что изменение параметров среды, в том числе количества осадков, от которых зависит полноводность р. Дон, циклично. В настоящее время наблюдается цикл, ассоциированный со значительным уменьшением суммы годовых осадков и повышением среднегодовых температур.

Ключевые слова: юг Европейской России, Азовское море, поздний плейстоцен, голоцен, климатические циклы, изменения ландшафтов, маловодье.

DOI: 10.31857/S0869587323120058, EDN: NMMFIC



МАТИШОВ Геннадий Григорьевич — академик РАН, заместитель президента РАН, научный руководитель ЮНЦ РАН. ТИТОВ Вадим Владимирович — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией палеогеографии ЮНЦ РАН.

В настоящее время много внимания уделяется процессам в окружающей среде, связанным с изменением климата. Некоторые из таких изменений вызывают большой общественный резонанс, поскольку затрагивают экономику регионов и влияют на качество жизни населения. Одно из подобных негативных явлений — маловодье юга европейской части России, охватившее бассейны крупнейших рек региона — Волгу, Дон, Кубань.

Приазовье и Нижний Дон — регион с достаточно большой плотностью населения, развитым сельским хозяйством, многочисленными системами коммуникаций. Поэтому происходящая в последнее время трансформация среды не только Азовского моря, но и Таганрогского залива, а также низовьев р. Дон вызывает негативные последствия. Наблюдаемый в последние 15 лет пе-

риод маловодья, когда объём годового стока сократился до 10–15 км³, становится причиной не только недостатка пресной воды для нужд населения и сельского хозяйства, но и затруднения судоходства, других тревожных процессов.

Мелководное Азовское море представляет собой чрезвычайно динамичный с точки зрения изменений температуры и солёности водоём. В отличие от Чёрного и Средиземного морей для него характерна значительная пространственная неоднородность солёности. На участке в 320 км от дельты Дона до Керченского пролива концентрация солёности возрастает от 0.5–0.7 до 13–14 промилле (‰). Для акватории вблизи дельты Кубани и Керченского пролива типичны вертикальная неоднородность и разница солёности порядка 3–8‰ между придонными и поверхностными слоями. Самый резкий фронтальный градиент солёности (до 10‰) формируется в эстуарном Таганрогском заливе. Здесь на мелководном (до 9 м) отрезке в 140 км происходит сложное взаимодействие донских речных и трансформированных черноморских вод. Именно в заливе наиболее резко проявляются внутривековые, сезонные и ураганные сгонно-нагонные вариации термохалинного режима [1, 2]. Маловодье Дона влечёт за собой долгосрочные последствия. По нормативам питьевая вода должна иметь минерализацию от 0.2 до 0.5 г/дм³. Потеря нескольких десятков кубокилометров пресной речной воды вызывает невиданную адвекцию (перемещение) воды черноморского генезиса в сторону донской дельты. Сегодня в Дону пресная вода содержит до 1–2 г/дм³ солей, однако в связи с проникновением солёных (до 5–6‰) вод во все рукава и протоки реки требуется обязательное решение вопроса перестройки или модификации водозаборных систем населённых пунктов [3].

На Нижнем Дону и Приазовье, особенно в крупных городах (Таганрог, Азов и др.), наблюдается дефицит пресной воды, в том числе питьевой. На многих малых реках Приазовья в тёплый период года полностью прекращается сток. В условиях засухи всем отраслям сельскохозяйственного производства приходится соизмерять потребность в воде с имеющимися водными ресурсами. За наблюдаемый период маловодья и снижения речного стока произошло явное заиливание Таганрогского залива и дельты Дона. Несмотря на предпринимаемые усилия по углублению дна, возникшая лавинная седиментация (осаждение) в Азово-Донском судоходном канале становится необратимой. При восточных ветрах (более 6–8 м/сек) малые глубины на фарватере препятствуют регулярному движению морских судов в течение 2–3 недель [4].

От водной системы Дона зависит функционирование отраслей экономики, связанных с водопользованием и водопотреблением, таких как

рыбное хозяйство и рыболовство, водный транспорт, энергетика, хозяйственно-питьевое водоснабжение, сельское хозяйство, промышленность. В качестве естественного потребителя воды выступает экосистема Азовского моря и прежде всего Таганрогского залива. Дон относится к рекам со снеговым питанием. Годовой цикл его водности зависит от накопленного снежного покрова на момент начала активного снеготаяния в сезон весеннего половодья. Величина поступающих талых вод на водосборе зависит от площади покрытия снегом, высоты и плотности снежного покрова, водозапаса в снеге, а также условий и характера подстилающей поверхности и динамики накопления тепла. Значительная протяжённость бассейна Дона (с севера на юг — более 800 км, с запада на восток — более 600 км) по широте и расчленённость рельефа обуславливают неравномерность в распределении снежного покрова на его территории [5]. Сток р. Кубань формируется преимущественно за счёт дождевого и снегового питания (65%) и таяния высокогорных снегов и ледников (20%), что также обуславливает значительную зависимость бассейна Кубани от суммы годовых осадков.

Изменение климата и его последствия в последнее время чаще всего связываются с чрезмерным антропогенным воздействием на окружающую среду, а прогнозы строятся на результатах метеорологических наблюдений за последние два века и геоинформационном моделировании. Но современный научный подход к изучению трансформации климата и природной обстановки подразумевает комплексное использование различных методов. Во-первых, современные технологии позволяют активно использовать результаты спутникового мониторинга, а также инструментальных и мониторинговых наблюдений с обширной сети метеорологических станций, а также зондов. На основе анализа огромного массива информации можно получить достоверную картину современного состояния факторов среды и представить общие тенденции их изменения. Во-вторых, с привлечением современного научного инструментария удаётся глубже исследовать физику атмосферы и взаимодействие её с океаном. Понимая процессы планетарного масштаба, легче произвести расчёты и смоделировать возможные ситуации глобальных изменений. Третьим обязательным условием должен быть ретроспективный анализ трансформации климата, ландшафтов, состояния экосистем и уровня морей и океанов за пределами периода инструментальных наблюдений. Такой классический подход опирается на достижения палеогеографии, исторической и четвертичной геологии. Без понимания процессов, происходивших в прошлом, невозможно достоверно говорить о будущих изменениях и оценивать их влияние на экосистему планеты.

Над проблемой региональных особенностей трансформации древних морских и наземных экосистем Приазовья в регионе на протяжении нескольких десятилетий работают учёные разных специальностей: палеоокеанологи, палеогеографы, палеопедологи, геологи, занятые изучением четвертичного периода, палеонтологи, археологи и палеоантропологи ряда российских научно-исследовательских институтов и университетов. Эти исследования показывают, что как климат Приазовья, так и уровень Азовского моря и степень обводнённости территории многократно менялись. С точки зрения палеогеографии наиболее подробно изучен период климатического позднеплейстоценового макроцикла, включавшего последнее микулинское (эемское) межледниковье, валдайское (вислинское) оледенение и современное голоценовое шумиловское межледниковье.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ ПРИАЗОВЬЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Поздний плейстоцен начался около 126 тыс. лет назад (л.н.) микулинским межледниковьем (зона МИС 5). В это время среднегодовая температура атмосферы планеты примерно на 2°C превышала современную. Потепление привело к таянию ледников и деградации вечной мерзлоты, повышению уровня мирового океана и внутренних морей Евразии. В частности, для Азово-Черноморского бассейна была характерна карангатская трансгрессия — тогда уровень моря превышал современный на 6–7 м. На территории суши юга Восточной Европы формировались достаточно благоприятные природные условия. В степной и лесостепной зоне присутствовал богатый и достаточно разнообразный хазарский фаунистический комплекс, включавший несколько таксонов слонов (*Mammuthus trogontherii chosaricus*, *M. intermedius*, *Palaeoloxodon antiquus*), носорогов (*Stephanorhinus kirchbergensis*, *Elasmotherium sibiricum*), лошадей, верблюда (*Camelus knoblochi*), оленей (*Megaloceros giganteus*, *Cervus elaphus*), быков (*Bison priscus*, *Bos primigenius*) и ряд крупных и мелких хищников. В это время здесь доминировали чернозёмы выщелоченные и лугово-чернозёмные почвы с типично степной растительностью [6, 7].

В последующем с наступлением валдайского оледенения (зоны МИС 4–2; 71–11,7 тыс. л.н.) произошла значительная перестройка флоры, фауны, ландшафтов. Этот период характеризовался образованием покровных ледниковых щитов и явлениями океанического и морского перигляциала [8]. Несмотря на то, что оледенение не затрагивало территории Предкавказья и Приазовья, влияние похолодания сказывалось и на этом регионе. В результате новоэвксинской регрессии азово-черноморского бассейна Азовское море

практически исчезло, осушилась большая часть акватории, сохранялось только русло Манычско-го пролива, совмещённого со стоками Донского русла, которые впадали в Чёрное море в районе Керченского пролива [9, 10]. На суше в это время существовал мамонтовый фаунистический комплекс, который включал в себя ряд холодоустойчивых и приспособленных к обитанию в аридных условиях животных. Типичными обитателями были лошади *Equus caballus latipes*, *Equus hydruntinus* и зубры *Bison priscus*. К интразональным стадиям были приурочены биотопы кабанов *Sus scrofa*, оленей *Cervus elaphus*, *Megaloceros giganteus* и лосей *Alces alces*. В периоды миграций на территорию Предкавказья заходили шерстистый мамонт *Mammuthus primigenius*, северный олень *Rangifer tarandus* и сайгаки *Saiga tatarica*. Представители мамонтового комплекса животных сосуществовали с другими формами копытных и хищных, характерных для современных сообществ Палеарктики [7]. На суше происходило отложение лёссовых пород; почвообразование проявлялось слабо.

В заключение этого раздела следует отметить, что общую картину происходивших в позднем плейстоцене изменений помогает представить значительный палеонтологический и палеоэкологический материал, поступающий в результате изучения многочисленных палеолитических археологических памятников региона.

ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОВСКОГО МОРЯ И ПРИАЗОВЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

После окончания позднеплейстоценовой валдайской холодной фазы и в начале голоценового шуваловского межледниковья сформировался современный фаунистический комплекс, который отличается от предшествовавшего этапа постепенным вымиранием типичных представителей мамонтовой фауны: крупных травоядных — шерстистых мамонтов *Mammuthus* и носорогов *Coelodonta*, гигантских оленей *Megaloceros*, а также пещерных хищников — пещерной гиены, пещерной кошки, которые становятся сначала редкими, а затем и совсем исчезают. Произошли изменения и в гидрологическом режиме, почвенном покрове и растительности региона.

Анализ характеристик ископаемых почв из археологических памятников (подкурганые почвы, многослойные древние поселения) позволяет утверждать, что условия окружающей среды в Приазовье на протяжении голоцена неоднократно менялись. Было показано, что в аридные периоды в регионе формировался менее плодородный чернозём южный, а в гумидные — более гумусированный чернозём обыкновенный [11, 12]. Палинологические данные свидетельствуют о том, что активное сельское хозяйство в регионе начало развиваться только в бронзовом веке —

Таблица 1. Корреляция этапов развития Азовского моря в конце плейстоцена и голоцене и исторических периодов по археологическим данным с территории Приазовья

Отдел/отложения, тыс. лет назад		Этапы развития Азовского бассейна, тыс. лет назад	Исторические периоды, тыс. лет назад
голоцен	новоазовские отложения	современная трансгрессия (~0.4–0)	индустриальный период (0.25–0)
		ордынская трансгрессия (~0.6–0.4)	
		корсунская регрессия (~1.5–0.6)	позднее средневековье (0.85–0.6) развитое средневековье (1.3–1.0) раннее средневековье (1.5–1.3)
		нимфейская трансгрессия (~2–1.5)	
		фанагорийская регрессия “меотийское озеро” (~3.1–2)	античность (2.7–1.5)
11.7	3.1		финальная бронза (3–2.7) поздняя бронза (3.5–3) средняя бронза (4.7–3.5) ранняя бронза (5–4.7)
	древне-азовские отложения 6.7	новочерноморская (древнеазовская) трансгрессия (~6.7–3.1)	энеолит (6–5) неолит (7–6) мезолит (~11.7–7)
поздний плейстоцен	ново-эвксинские отложения 13	черноморская (новоэвксинская) трансгрессия (~13–6.7)	поздний палеолит (40–12)
	—	поздневалдайская новоэвксинская регрессия (15–20)	

около 3–4 тыс. л.н. В более ранних слоях следы культурных растений очень редки [13].

Более чем 15-летний опыт изучения палеогеографии Азовского моря и дельты Дона сотрудниками Южного научного центра РАН в кооперации со специалистами МГУ имени М.В. Ломоносова, Института географии РАН, Геологического института РАН и других организаций позволил накопить значительный фактический материал по голоценовой истории бассейна Азовского моря. В частности, выяснены усреднённые значения скоростей осадконакопления на протяжении древне- и новоазовского этапов развития водоёма (они составляли от 0.2 до 2 мм/год). Анализ строения донных отложений, береговых аккумулятивных кос и подстилающих их отложений с применением серийных буровых, сейсмоакустических, георадарных работ даёт важную дополнительную информацию для палеогеографических реконструкций. Обобщение геолого-геоморфологических, палеонтологических и археологических данных свидетельствует о том, что на протяжении всей голоценовой истории (последние 11.7 тыс. лет) существования внутренних морей России их бере-

говые границы и уровень постоянно изменялись под влиянием различных эндогенных и экзогенных факторов. Неотектонические опускания территории и повышения эвстатического уровня морей приводили к нескольким трансгрессиям и расширению границ морских бассейнов. Периоды повышения уровня сменялись этапами регрессии Азовского моря, когда часть его современной акватории представляла собой низменную равнину, дренируемую древними реками. Чередование нескольких циклов трансгрессий и регрессий приводило к существенным изменениям в биогеоценозах. Повышение уровня моря на этапах трансгрессии и особенности состава пород береговой зоны обусловили быстрые темпы отступления абразионных берегов. В результате в акваторию попадал большой объём глинистого материала, что способствовало высокой скорости осадконакопления [14, 15].

Результаты микропалеонтологического анализа донных отложений Азовского моря помогли установить, что регрессивно-трансгрессивные циклы оказывали существенное воздействие на морские биоценозы, резкую смену видового со-

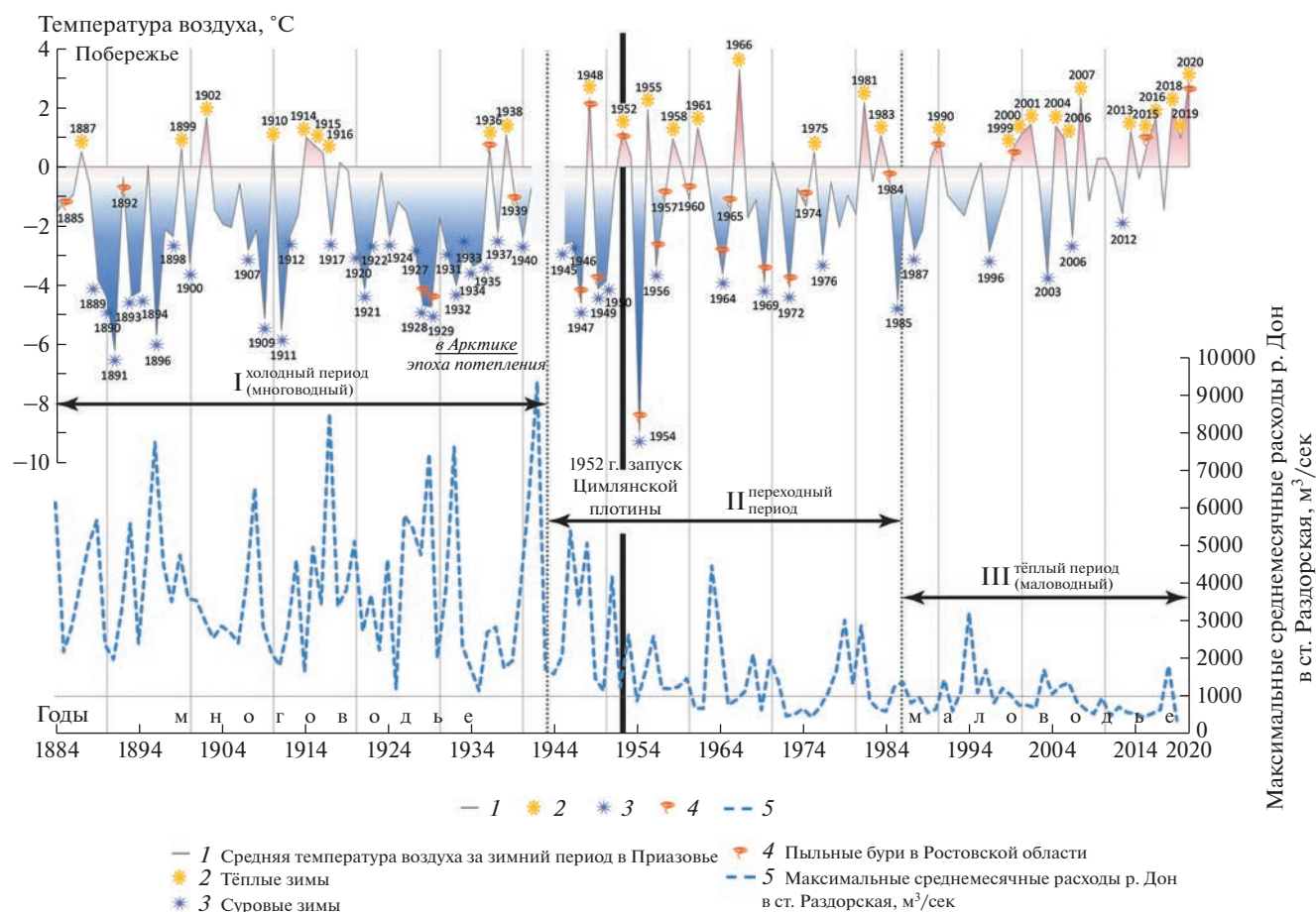


Рис. 1. Климатические изменения в Приазовье по гидрометеорологическим данным (1884–2020)

става донной фауны. Изменение уровня воды в Азово-Донском бассейне оказывало влияние на пространственное размещение и условия биологической адаптации групп местного населения, селившегося на побережье и в долинах рек (табл. 1). Как повышение, так и понижение уровня Азовского моря, изменяло привычные ландшафты, а иногда приводило к полному исчезновению целых поселений. Наблюдаемые в настоящее время период маловодья и увеличение солёности моря свидетельствуют о продолжении общей тенденции циклического изменения уровней морей и обводнённости территории в голоцене [16].

Сопоставляя региональную специфику колебаний уровня моря в Азово-Черноморском бассейне, гляциозвстатические изменения и опираясь на анализ кернов бурения и грунтовых колонок, в голоцене можно выделить до 7–10 трансгрессий и регрессий. В частности, в эпоху фанагорийской регрессии (3.1–2.2 тыс. л.н.) уровень моря был ниже современного на 6–7 м. Формирование дельты Дона и кос Азовского моря происходило в период максимума древнеазовской (4–6 тыс. л.н.) и нимфейской (2.4–1.5 тыс. л.н.) трансгрессий [12]. Начиная с нимфейской трансгрессии Азовское море приобрело привычные для нас очертания, хотя

его уровень и в позднем голоцене неоднократно подвергался колебаниям порядка ± 1 м [17].

Климатические и гидрологические условия бассейна Дона подвержены межгодовым флуктуациям в силу естественных природных причин. Существуют также различия в циркуляции атмосферы и смене поступления воздушных масс от года к году. Это определяет изменчивость температуры воздуха, количества и распределения атмосферных осадков и, как следствие, речного стока. Многолетние долговременные фазы изменения речного стока приурочены к соответствующим фазам изменения температуры воздуха и атмосферных осадков. Причина трансформаций водного режима и возникновения маловодья — изменение глобальной циркуляции атмосферы, увеличение числа оттепелей и снижение глубины промерзания почвы. Это способствует пополнению запасов грунтовых вод в зимний период и росту подземного питания рек. В результате климатических флуктуаций происходит сокращение слоя стока за половодье на 30–40%, а модуля стока — на 40–60% [18].

На основании исторических и архивных материалов, а также систематических гидрометеорологических данных нами были проанализированы ха-

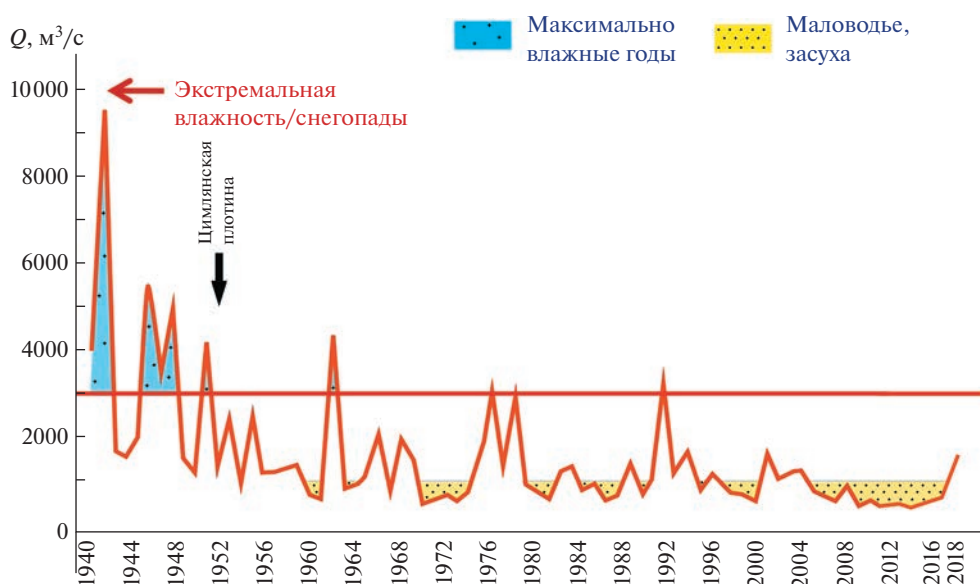


Рис. 2. Изменение максимального среднемесячного расхода р. Дон в районе ст. Раздорской за период 1940–2013 гг.

рактически изменения температуры, увлажнения и стока р. Дон за XIX–XX вв. и два десятилетия XXI в.

Водность. За период 1884–2020 гг. в характере изменения водности на Нижнем Дону отмечаются несколько этапов (рис. 1). В частности, анализ максимальных среднемесячных расходов р. Дон у ст. Раздорской позволил выделить характерные периоды: I – холодный (1884–1942 гг., $3200 \text{ м}^3/\text{с}$), II – переходный (1943–1985 гг., $1200 \text{ м}^3/\text{с}$) и III – тёплый (маловодный; 1986–2020 гг., $1000 \text{ м}^3/\text{с}$). С 1952 г. естественный ход речного стока зарегулирован Цимлянской плотиной [19].

К маловодным отнесены 2009, 2011, 2014, 2015, 2020 гг. В 2015 г. объём половодья на Цимлянском водохранилище не превышал величины 4 км^3 (35% нормы), а максимальный расход – $790 \text{ м}^3/\text{с}$ (25% нормы). В 2020 г. среднегодовой расход составил $316 \text{ м}^3/\text{с}$, в ноябре минимальный – $280 \text{ м}^3/\text{с}$. Таким образом, в конце XX и в первые два десятилетия XXI в. преобладали засушливые годы, с сокращением запасов воды в бассейне р. Дон и осолонением Таганрогского залива (рис. 2). Исследование динамики природных явлений даёт основание ожидать в ближайшие десятилетия очередного переходного периода с резкими межгодовыми колебаниями температур, с чередованием тёплых и суровых зим, относительно влажным климатом [20].

Многолетние изменения гидрологического режима Дона характеризуются значительными вариациями речного стока. При строительстве Цимлянского гидроузла, к сожалению, не была учтена цикличность климата, которая обуславливает чередование продолжительных сухих и влажных периодов, поскольку расчёты основывались

на показателях самых влажных лет XX столетия, в частности 1941–1942 гг. [21]. В тот период максимальные расходы воды в районе ст. Раздорской достигали $7000\text{--}9000 \text{ м}^3/\text{с}$ и выше. Для Приазовья и Нижнего Дона и ранее были характерны маловодные периоды с 2–3- и 7-летними (1933–1940) циклами. Наименьших значений сток Дона достигал в 1972–1975 гг. (9.5 км^3 в 1972 г.) и в 2015 г. (11.2 км^3). В начале XXI в. усилилась тенденция аридизации климата и сокращения сбросов воды вниз по Дону через Цимлянский гидроузел. Климат с его внутривековой цикличностью, безусловно, – главный определяющий фактор общей водности и запасов воды в бассейне р. Дон [5, 19, 22].

Температура. Для оценки климатической изменчивости нами был проанализирован наибольший по длительности ряд метеорологических инструментальных наблюдений на метеорологическом посту г. Таганрога за последние 140 лет (по данным Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации). Для исследуемого ряда наблюдений по температурному режиму было выделено три основных периода. Первый из них (1875–1959) характеризуется похолоданием, второй (1960–1987) – медленным потеплением, третий (1988–2020) – интенсивным потеплением. Для зимнего периода (декабрь–февраль) эти циклы несколько смещены: теплота зимы начали с 1956 г., при этом интенсивное потепление наблюдается с 1979 г. Так, если средняя температура зимних месяцев с 1950 по 1959 гг. составила -3.5°C , то для последнего десятилетия – -1.2°C . Следовательно, температурный режим зимних месяцев в нашем регио-

не за последние 60 лет изменился в сторону потепления на 2.3°C [5].

Увлажнённость. Первый цикл увлажнённости относится к периоду с 1905 по 1946 г., он характеризовался относительно малой межгодовой изменчивостью и суммами годовых осадков, близкими к среднемноголетним значениям. В этот период годовая сумма осадков составляла в среднем 536 мм. С 1947 по 1954 г. наблюдался цикл интенсивного уменьшения увлажнённости; среднемноголетнее значение суммы годовых осадков для этого периода составило 434 мм, что на 100 мм меньше, чем в предыдущем цикле. Цикл 1955–1986 гг. характеризовался в годовом выражении близкими к среднемноголетним значениями (544 мм). Более влажный цикл отмечался в период с 1987 по 2006 г.; среднемноголетнее значение суммы годовых осадков составило 618 мм. Цикл для последних 13 лет характеризуется межгодовой неустойчивостью и частыми сменами относительно сухих и влажных периодов. Для зимнего периода с 1978 по 2020 г. наблюдался относительно влажный цикл, с выпадением осадков выше среднемноголетних значений. Так, в среднем с 1978 по 1983 г. в зимний период выпадало 166 мм осадков, а с 2015 по 2020 г. — 177 мм (увеличение на 9%). Уменьшение на 45% суммы осадков для летнего периода характерно для цикла последних 13 лет [5]. Архивные данные по изменчивости количества осадков и общей увлажнённости в регионе подтверждаются результатами дендрохронологии и стабильной изотопии годовичных колец древесины [23].

ПОСЛЕДСТВИЯ МАЛОВОДНОСТИ НА ДОНУ

Наблюдаемое в настоящее время на Дону маловодье и зарегулирование речного стока привели к необратимым деформациям естественных процессов в экосистеме донской дельты и Таганрогского залива, в прошлом богатых промысловыми рыбами. Резко сократились весенние паводки и общий объём пресного стока в сторону взморья. Донские гирла (рукава и протоки в дельте) в течение года примерно на 17% заполняются слабосоленовой (2–4‰) и на 4% солоноватой (4–8‰) водой. Опасными в местах обитания зообентоса и ихтиофауны стали частые смещения зоогеографического барьера (изогалины 4–5‰) из Таганрогского залива в донскую дельту. Периодически возникающие непривычные для местной флоры и фауны концентрации и химический состав солей в воде способствуют угнетению биоты и изменению естественной экосистемы взморья. Заполнения рукавов и проток донской дельты на протяжении четверти века (в совокупности) слабосоленой и солоноватой водой вызывают тяжёлые последствия для рыбного хозяйства, аквакультуры и забора питьевой воды для городов

Приазовья. Если проходные рыбы, например осетровые, могут жить как в морской, так и в пресной воде, то речная фауна обитает только в пресной воде: в таких ситуациях при адаптации страдает система осморегуляции рыб [24].

Доминирование воды черноморского генезиса в дельте служит одним из признаков аридизации и дефицита влаги в водосборном бассейне Дона. Наблюдения показывают, что его сток уже не способен создавать фронт пресных вод в Таганрогском заливе. Характерно, что даже во время сгонов на гидрометеорологических постах в дельте Дона фиксируется повышение солёности до 3–5‰. Природа этого явления близка к механизму морского апвеллинга¹. В последние годы в Таганрогском заливе, судя по ряду признаков, резко возросла роль азово-черноморского компенсационного течения, возмещающего явный дефицит речной воды.

* * *

Таким образом, можно констатировать, что результаты изучения палеогеографии Азовского моря и Приазовья важны для понимания современных тенденций трансформации обводнённости, климата и ландшафтов в регионе. Анализ комплекса данных об изменениях условий обитания на суше на протяжении позднего плейстоцена и голоцена показал, что на территории юга Восточной Европы сложились более или менее благоприятные условия для возникновения степных и лесостепных ландшафтов, поддержания фаунистического биоразнообразия. В тёплые межледниковья в регионе стабильно формировались чернозёмы. Однако при этом происходили постоянные трансформации как климата, так и ландшафта, оказывавшие влияние на состояние окружающей среды, характер почвенного покрова, условия жизни населения.

Явления типа маловодья в отдельных регионах, в том числе в Приазовье, связаны с циклическими изменениями климата, борьба с которыми неэффективна. Причины беспрецедентных преобразований в дельте Дона и на взморье кроются во внутривековой цикличности климата (30, 60 лет) и деструктивных явлениях, нараставших с 1952 г. после перекрытия долины р. Дон Цимлянской плотиной.

Климатические циклы, а также закономерности изменения ряда экологических показателей, в том числе обводнённости территории, необходимо учитывать при экономическом планировании развития регионов. На наш взгляд, вместо

¹ Апвеллинг — подъём глубинных вод, имеющих иную плотность, температуру, солёность, содержание биогенных веществ и др., к поверхности водоёма за счёт ветровых потоков и циркуляции водных масс.

реализации проектов с сомнительной эффективностью (например, постройки Багаевского гидроузла на Дону) необходимо реконструировать существующие гидротехнические сооружения, модернизировать флот класса “река—море” и активнее развивать водосберегающие технологии (например, системы капельного орошения).

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках реализации гранта Российского научного фонда (проект № 23-17-00232).

ЛИТЕРАТУРА

1. Матишов Г.Г. Случаи экстремальной адвекции солёных вод в дельту Дона и льда в Керченский пролив // Доклады Академии наук. 2015. Т. 465. № 1. С. 99–103.
2. Титов В.В., Матишов Г.Г., Клещенко А.В. и др. Экстремальные явления в низовьях р. Дон в условиях маловодья // Водные ресурсы, энергетика и экология. 2022. Т. 2. № 4. С. 58–62.
3. Матишов Г.Г., Григоренко К.С., Московец А.Ю. Механизмы осолонения Таганрогского залива в условиях экстремально низкого стока Дона // Наука юга России. 2017. Т. 13. № 1. С. 35–43.
4. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Течения Азовского моря в период маловодья Дона // Океанология. 2021. Т. 61. № 2. С. 198–208.
5. Матишов Г.Г., Клещенко А.В., Московец А.В. Динамика изменения гидрорежима р. Дон в XVIII–XXI вв.: статистика, климат, последствия зарегулирования стока // Водные ресурсы, энергетика и экология. 2022. Т. 2. № 4. С. 28–35.
6. Величко А.А., Морозова Т.Д., Борисова О.К. и др. Становление зоны степей юга России (по материалам строения лёссово-почвенной формации Доно-Азовского региона) // Доклады Академии наук. 2012. Т. 445. № 4. С. 464–467.
7. Титов В.В., Тесаков А.С. Фаунистические ассоциации и палеоэкология Приазовья и сопредельных регионов в плейстоцене // Ранний и средний палеолит Приазовья: современное состояние исследований / В.Е. Щелинский, А.К. Очередной, В.В. Титов и др.; под ред. А.К. Очередной, В.В. Титова. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. С. 27–40.
8. Матишов Г.Г. Дно океана в ледниковый период. Л.: Наука, 1984.
9. Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Изд-во географического факультета МГУ, 2012.
10. Yanina T.A. Environmental variability of the Ponto-Caspian and Mediterranean basins during the Last Climatic Macrocycle // Geography, Environment, Sustainability. 2020. V. 13. № 4. P. 6–23.
11. Песочина Л.С. Закономерности педогенеза в степях Приазовья во второй половине голоцена по данным почвенно-археологических исследований // Учёные записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3 (69). № 3. Ч. 1. С. 192–204.
12. Матишов Г.Г., Титов В.В., Ковалёва Г.В. и др. Палеогеография Приазовья в голоцене. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019.
13. Матишов Г.Г., Новенко Е.Ю., Дюжова К.В. Палиноиндикация антропогенных изменений растительности Приазовья (по данным изучения донных отложений Азовского моря) // Доклады Академии наук. 2013. Т. 450. № 6. С. 708–712.
14. 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.
15. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В. и др. Новые результаты исследования голоценовой истории шельфа Азовского моря // Наука юга России. 2021. Т. 17. № 4. С. 34–44.
16. 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.
17. Ковалёва Г.В., Дюжова К.В., Золотарёва А.Е. Диатомовые водоросли из средне- и позднеголоценовых отложений Азовского моря как индикаторы колебаний уровня водоёма // Наука юга России. 2017. Т. 13. № 4. С. 83–92.
18. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Киреева М.Б. Современные изменения водного режима бассейна Дона // Водные ресурсы. 2013. Т. 40. № 6. С. 544–556.
19. Матишов Г.Г., Московец А.Ю., Инжебейкин Ю.И. и др. Этапы сооружения плотин, пересыпей, каналов и трансформация речного стока в авандельте Дона (XVIII–XXI века) // Наука юга России. 2019. Т. 15. № 4. С. 46–54.
20. Матишов Г.Г., Дашкевич Л.В., Титов В.В., Кириллова Е.Э. Анализ внутривековой природной изменчивости в Приазовье и на Нижнем Дону: причина маловодья // Наука юга России. 2021. Т. 17. № 1. С. 13–23.
21. Матишов Г.Г., Гаргона Ю.М., Бердников С.В., Джеhluk С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. М.: Наука, 2006.
22. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В. и др. Внутривековые флуктуации климата Азовского моря (по термохалинным данным за 120 лет) // Доклады Академии наук. 2008. Т. 422. № 1. С. 106–109.
23. Cook E.R., Solomina O., Matskovsky V. et al. The European Russia Drought Atlas (1400–2016 CE) // Climate Dynamics. 2020. V. 54. P. 2317–2335.
24. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Маловодье и роль грунтовых вод в осолонении авандельты Дона // Доклады Академии наук. 2018. Т. 483. № 4. С. 442–446.

CLIMATE CHANGES IN THE SEA OF AZOV REGION OVER THE LAST 126 THOUSAND YEARS AND THE PROBLEM OF LOW FLOW

G. G. Matishov^{1,#} and V. V. Titov^{1,##}

¹*Southern scientific Centre RAS, Rostov-on-Don, Russia*

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

^{##}*E-mail: vvtitov@yandex.ru*

In the last 15 years, in the south of the European part of Russia, including in the Sea of Azov region, there has been a period of low water associated with a decrease of river flow. This leads to a number of negative consequences for the population of the region, agriculture, inland navigation, and transformations of the ecosystems of the Sea of Azov. The article discusses a retrospective analysis of changing of climate and watering of the territory during the Late Pleistocene and Holocene, based both on the results of paleogeographic studies and on archival and historical data. It is shown that changes in environmental parameters, including the amount of precipitation, on which the full flow of the Don river depends, is cyclical. Currently, there is a cycle associated with a significant decrease of the annual precipitation amount and an increase in average annual temperatures.

Keywords: south of European Russia, Sea of Azov, late Pleistocene, Holocene, climate cycles, landscape changes, low water.