



УДК 551.4.07(282.247.34)

М. Б. Гулин, канд. биол. наук, ст. н. с., **М. В. Коваленко**, аспирант

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь

ПАЛЕОРУСЛА РЕК ЧЁРНАЯ И БЕЛЬБЕК НА ШЕЛЬФЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА – НОВЫЙ ОБЪЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дано описание затопленных морем древних участков рек Чёрная и Бельбек, обнаруженных на дне внешней акватории Севастополя. Ранее обе реки имели единое устье; на глубине 90 – 96 м современного черноморского шельфа найдено место слияния их палеорусел. Реликтовый, ныне поглощённый морем фрагмент р. Чёрная отличается сложной конфигурацией. В местах, где дно сложено из твёрдых осадочных пород очертания русла повторяют форму складок местности, тогда как на участках с рыхлыми грунтами детали строения палеореки размыты или прослеживаются фрагментарно. Ширина русла 420 – 490 м, глубина может достигать 11 м. Палеорусло р. Бельбек характеризуется гораздо меньшей извилистостью, чем р. Чёрная, и его заглубление не превышает 6 м. Донные отложения палеореки Чёрная имеют отрицательные значения окислительно-восстановительного потенциала и повышенное содержание органических веществ. Обнаруженные реликтовые объекты могут иметь важное значение для изучения экологии современных бентосных сообществ.

Ключевые слова: Бельбекско-Чернореченская палеодельта, палеорусла, органическое вещество донных отложений, Чёрное море

Результаты различных исследований свидетельствуют, что за время существования Мирового Океана местоположение уровня его вод изменялось неоднократно, разнонаправленно и в широких пределах [1, 7]. Эти общие тенденции были свойственны также и черноморскому бассейну. Детально вопрос о нестабильности уровня Чёрного моря изучен, например, в [1]. Авторами рассмотрена хронология и различная периодичность колебаний границ поверхности водоёма. Наибольший интерес представляют сведения о так называемых долгопериодных флюктуациях, то есть изменчивости геологического масштаба времени, охватывающего интервалы в несколько тысяч лет и более. Если принимать во внимание только последний этап эволюции океанической системы планеты, можно сказать, что поверхность Чёрного моря наиболее сильно опускалась приблизительно 18000 лет назад. Береговые линии того времени находят на 90 – 110 м

ниже их нынешнего положения. Затем началось повышение уровня. Затопление суши и изменения её контуров имели ступенчатый характер, берега формировались в виде отдельных уступов и террас [7].

Очевидно, что при наступлении моря на прибрежные земли под воду уходили и все расположенные на них объекты, в том числе устья и русла рек. До настоящего времени участки речных систем, ныне поглощённые морем, практически не изучены экологами. Однако они явно должны представлять интерес при исследованиях условий обитания морских донных организмов – зообентоса. Речные бассейны являются, как правило, аккумуляторами осадочного материала, содержащего органические вещества. Следует ожидать также, что и в уже затопленных морем частях русел (палеоруслах) могут сохраняться значительные ско-

рости осадконакопления из-за понижений рельефа местности в бывших речных долинах.

В настоящей работе предпринята попытка проанализировать, могла ли изменчивость уровня моря в историческом прошлом повлиять на экологические характеристики современного черноморского шельфа. С этой целью на отдельном участке в прибрежной зоне моря было проведено изучение основных морфоструктур морского дна, поиск затопленных участков речных русел, определение их основных параметров и свойств покрывающих донных отложений.

Материал и методы. Для исследований выбрана прибрежная акватория юго-западного Крыма – район г. Севастополя. Данный регион характеризуется присутствием многочисленных малых рек: Чёрная, Бельбек, Кача и Альма.

Анализ батиметрических особенностей дна был выполнен с привлечением нескольких баз данных. Общие характеристики рельефа изучены по [1, 8], а также с использованием электронной геоинформационной системы «BlackSea-GIS» [6]. Более детальные параметры элементов донного рельефа были определены при изучении материалов, накопленных в экспедициях НИС «Профессор Водяницкий» (ИнБЮМ, Севастополь) в 1987 – 2001 гг. При этом систематизировались данные, полученные с помощью бортовых научных гидроакустических комплексов «Simrad EK-400» и «Simrad EK-500» (Норвегия). Дополнительные инструментальные измерения выполняли в 2006 – 2009 гг. с борта мотобота «Вяземский» (ИнБЮМ, Севастополь). Зондирования дна проводились эхолотом «Garmin-GPSMAP-178» (США). Наконец, сведения о глубинах получали на станциях, где производился отбор проб грунта дночерпателем, с помощью блок-счётчика лебёдки.

В целом можно сказать, что в рамках представляемой работы выполнено изучение мезомасштабных батиметрических схем. Авторам известны различные подходы при классификации и размерной параметризации очертаний той или иной местности: макро-, мезо-,

микро- и даже нанорельеф. Такое дробление всегда достаточно условно. Нами исследованы элементы профилей дна высотой от одного до первых десятков метров, т.е. в нашем понимании – мезорельеф. Объекты меньшего размера были бы также интересны для настоящей работы, однако возможности применявшейся техники были ограничены. К тому же, при гидроакустических зондированиях мешающим фактором зачастую оказывалась качка судна и, соответственно, колебания гидроакустических антенн.

Для сбора образцов донных отложений использовали дночерпатель Петерсена. Измерения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) в донных осадках осуществляли сразу после отбора проб. Стандартный потенциометрический метод, разработанный для гидрохимических анализов вод [4], был адаптирован для работы с грунтами применением игольчатого измерительного платинового электрода. Eh-потенциал регистрировали с помощью иономера ELWRO-5123 (Польша).

Изучение распределения органического вещества (ОВ) в донных отложениях выполняли термогравиметрическим методом [4, 5]. Образцы грунта вначале сушили до постоянного веса при температуре +105°C. Затем производилось выжигание органического материала из проб, причём последовательно: при +180° или +240°C и далее – при температуре +500°C (время выдержки проб в печи составляло 2 – 3 сут). Это позволило отдельно анализировать легкоразлагаемое органическое вещество и более стойкую органику.

Результаты и обсуждение. Анализ архивных материалов, собственных и литературных, а также дополнительные полевые исследования позволили выявить в прибрежной акватории Севастополя новые геоморфологические структуры дна. Обнаружены контуры палеорусел двух расположенных рядом рек – Чёрной и Бельбек (рис. 1).

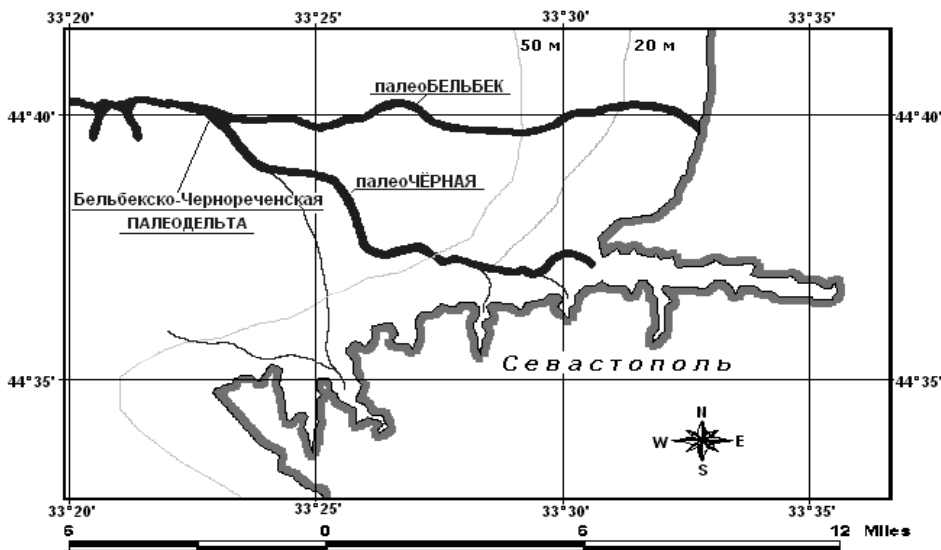


Рис. 1 Палеорула и палеодельта рек Чёрная и Бельбек
Fig. 1 Paleo-riverbeds and paleo-delta of the Chernaya and Belbek rivers

Наиболее примечательно, что несколько тысячелетий назад обе реки сливались в своём нижнем течении в единое русло. Сейчас этот фрагмент реликтовой речной системы залегает на глубинах 90 – 96 м черноморского шельфа. При этом, поскольку нам известно, что уровень Чёрного моря не опускался ниже 90 – 110 м [7], место слияния двух рек может быть названо их общим устьем, эстуарием или дельтой. Первые два определения лучше подходят к изучаемому объекту. Вместе с тем следует сказать, что из древних речных систем на шельфе Чёрного моря первой наиболее детально была описана затопленная дельта Днепра (Днепр *paleo-delta*), изобилующая полями активных выходов газообразного метана из осадочных пород. По этой причине в современной литературе о Чёрном море закрепился термин “палеодельта” и мы также будем его использовать.

Бельбекско-Чернореченская палеодельта имеет сложную конфигурацию (рис. 1). Например, помимо основной части древнего устья были обнаружены два крупных придаточных водоёма, похожие на заводи. К северу от палеодельты в своё время сформировалась широкая долина с ровным дном. Сейчас она находится на глубине 85 – 90 м. Вполне можно предположить, что грунты в данном районе, сложенные из речных наносов, должны не

сколько отличаться по своим экологическим свойствам от морских донных отложений в прилегающих участках современного черноморского шельфа.

Следует отметить, что полученная информация пока не является полной. Так, в настоящее время мы не обладаем сведениями о самой глубоководной части Бельбекско-Чернореченской палеодельты – месте, где она достигает кромки шельфа Чёрного моря. Остаётся неизвестным также, участвовали или нет в формировании данного объекта другие малые реки, находящиеся неподалёку, – Кача и Альма. Вместе с тем, уже сейчас очевидно, что Бельбекско-Чернореченская палеодельта представляла собой достаточно полноводную систему, со своеобразным режимом осадконакопления и особенностями наносных грунтов.

Каждое из затопленных русловых частей рек Чёрная и Бельбек также характеризуется некоторыми особенностями. Палеоруло р. Чёрная имеет длину около 12.8 км, оно пролегает через участок дна с неоднородным, но относительно пологим рельефом и тянется в северо-западном-западном направлении от выхода из Севастопольской бухты до общей с Бельбеком палеодельты (рис. 1). Русло довольно извилистое, повторяет складки местности на участках выходов коренных пород, либо его очертания (меандры) сформированы в резуль-

тате размыва берегов, сложенных мягкими грунтами.

Следует обратить внимание на тот факт, что реликтовые элементы русла р. Чёрная не на всём его протяжении прослеживаются отчётливо. Это может быть объяснено тем, что при наступлении моря на сушу, а оно совершалось в геологическом масштабе времени, т.е. относительно медленно, происходило волновое (прибойное) размывание всех береговых форм, включая устья, дельты и эстуарии рек, а также перенос и переотложение грунта.

Чёткие контуры палеорусла р. Чёрная наблюдаются в прибрежной части шельфа, вплоть до глубины 33 м. В настоящее время эта часть реки изучена нами наиболее детально (рис. 2).

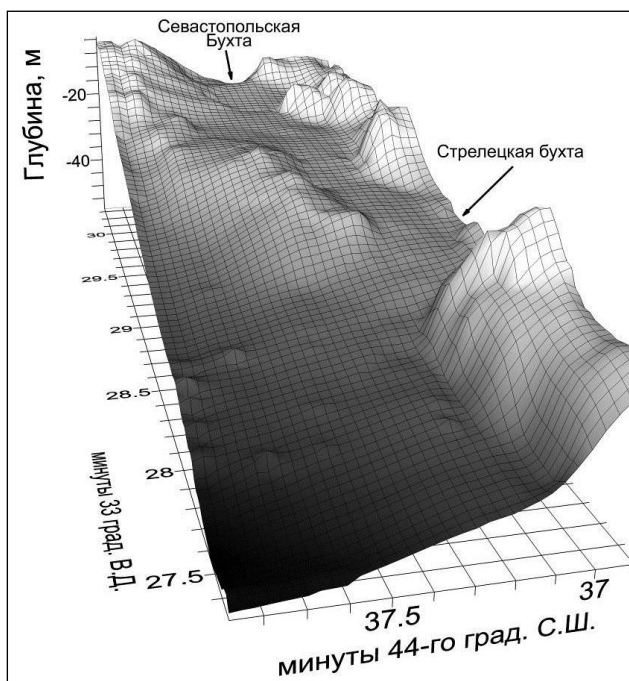


Рис. 2 Объёмный фрагмент палеорусла р. Чёрная
Fig. 2 3D-fragment of the Chernaya paleo-riverbed

Глубже, на равнинном участке дна шельфа существенное значение могли иметь эрозионные процессы. Однако на ещё больших глубинах, в диапазоне 76 – 85 м, дно снова приобретает складчатый характер. Воды древней реки Чёрная протекали здесь по одной из узких долин. Примечательно, что на первом,

мелководном участке палеорусло залегает почти параллельно современной береговой линии моря, но затем начинает плавно удаляться от него. Это происходит на отметке 75 м, т.е. на стыке двух районов с различной формой дна и структурой донных осадков.

Участок реки Бельбек, ныне поглощённый морем, в отличие от затопленной части р. Чёрная, напротив, характеризуется гораздо меньшей извилистостью и, скорее, похож на подводный канал. В прошлом Бельбек протекал в направлении с востока на запад, практически строго вдоль широты $44^{\circ} 40' N$. Береговые склоны палео-Бельбека в диапазоне глубин 0 – 80 м имеют, как правило, пологий характер, но в глубоководной части палеорусла (80 – 85 м), западнее его северной излучины, наблюдается резкое сужение берегов. Русло здесь принимает форму неглубокого каньона, расширяющегося, впрочем, снова в западном направлении (глубины 85 – 90 м).

Общий вид и отдельные геоморфологические характеристики затопленного русла р. Чёрная дополнительно изучены нами также на двух поперечных разрезах (рис. 3). Для анализа был выбран участок дна на внешнем рейде между бухтами Карантинная и Стрелецкая. На рис. 3 видно, что древнее ложе реки имеет в сечении коробчатую форму с крутыми береговыми склонами и практически совершенно плоским коренным руслом. Примечательно, что аналогичное описание было дано в [3]. Однако это было сделано для предустьевой области современной р. Чёрная, расположенной в глубоко врезающейся в сушу Севастопольской бухте и, таким образом, находящейся на значительном расстоянии от рассматриваемого нами реликтового фрагмента.

На фоне ровного плоского дна палеорусла Чёрной её тальвег – линия наибольших глубин едва прослеживается, он оказывается прижатым к северному береговому склону. Ширина речной долины палеореки на участке, обследованном нами наиболее детально (рис.2).

и 3), составляет 420 – 490 м. Таким образом, Особенности профилей дна, показанные на рис. 3, позволяют предположить, что затопленное морем корневое русло Чёрной может

это достаточно крупный подводный объект. быть покрыто мощным слоем иловых отложений. Схожую ситуацию следует ожидать и в палеорусле р. Бельбек.

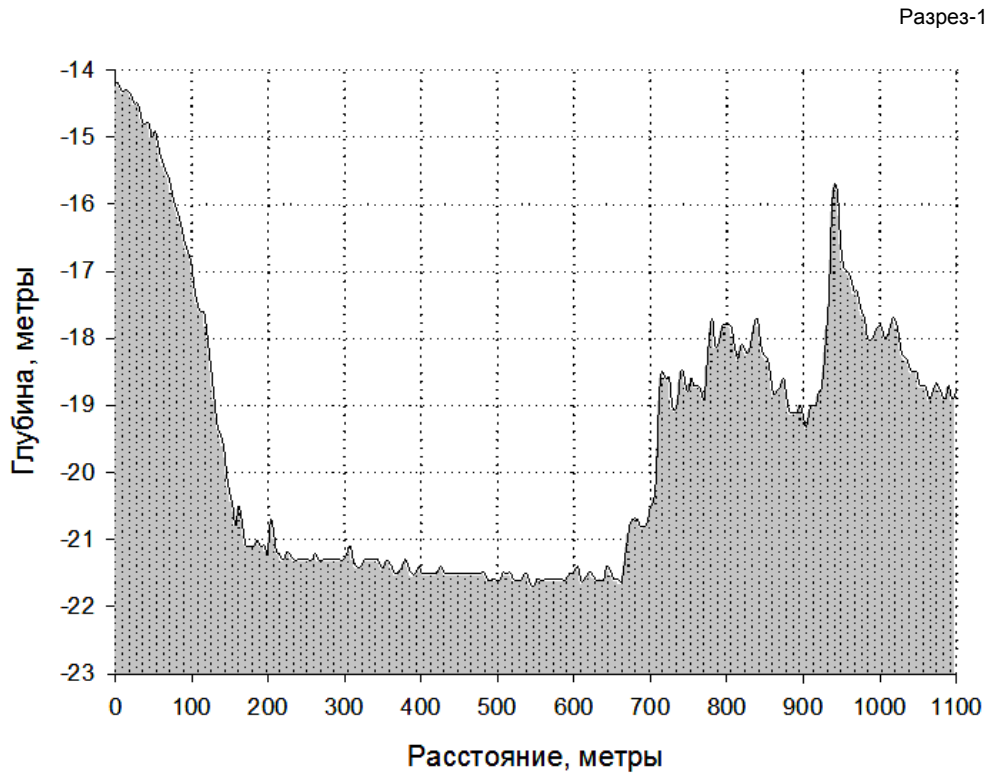
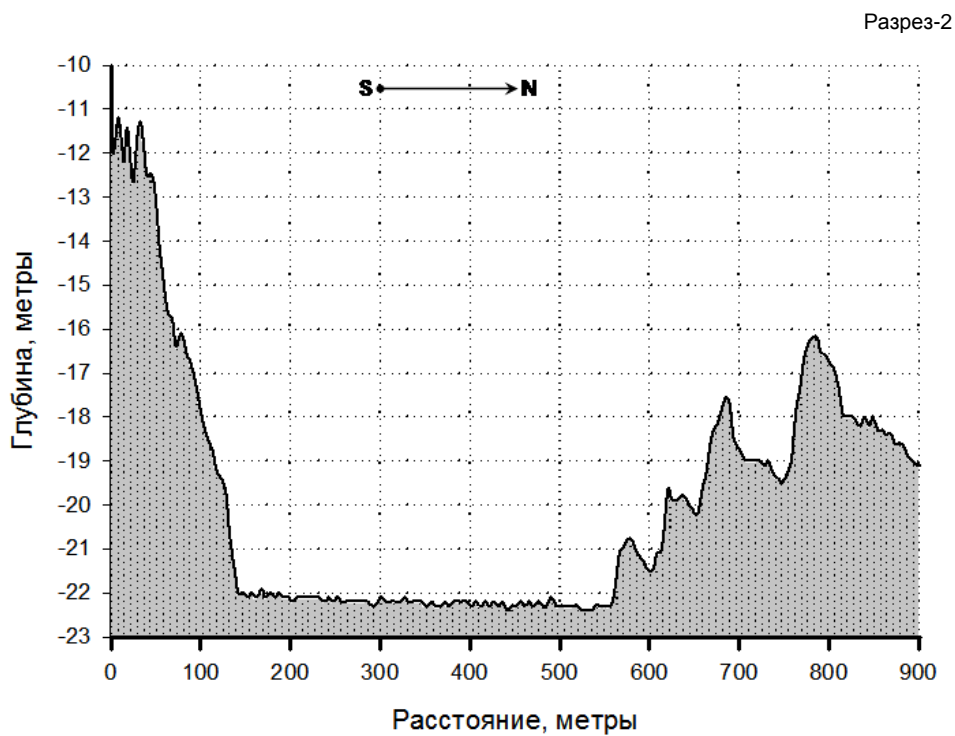


Рис. 3 Батиметрические поперечные разрезы через палеорусло р. Чёрная
Fig. 3 Bathymetric transects through the Chernaya paleo-river



На различных участках описанных палеорусел рек Чёрная и Бельбек перепады глубин между их осевыми частями и береговыми кромками варьируют в достаточно широких пределах. Так, в затопленной части р. Чёрная глубина русла может изменяться от 2 до 11 м. Оценки проводились по отношению к северному, мористому берегу палео-Чёрной. Противоположная сторона реликтовой части реки имеет более сложное строение, т.к. непосредственно стыкуется с современной береговой зоной моря и далее – с сушей. Глубина палеоруслу зависит от особенностей района, по которому река протекала. Наименьшие значения получены, как и следовало ожидать, на равнинных участках, наибольшие – в местах сужения старой речной долины.

Для р. Бельбек характерно ещё меньшее заглубление палеоруслу, чем в палео-Чёрной и оно составляет лишь 2 – 6 м. Таким образом, глубина реликтового русла Бельбека оказалась не столь велика, как это можно было ожидать, исходя из его плавных очертаний,

отсутствия крутых пойменных излучин или иных сложных деталей. Причины такого явления, видимо, следует искать в водности реки в прошлом, в особенностях макрорельефа данного района, а также в структуре осадочных и подстилающих пород морского дна, бывшего ранее участком суши. Немаловажное значение может иметь и то, что описанная часть русла р. Бельбек пролегла в широтном, а не меридиональном направлении. В данном случае сила Кориолиса, проявляющаяся при вращении Земли, не действовала. Соответственно, поворотное (кориолисово) ускорение движения речных вод не могло участвовать в процессе формирования палеоруслу реки Бельбек и его береговых склонов.

В донных отложениях палео-Чёрной были выполнены исследования окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и содержания органического вещества (ОВ). Обнаружены существенные отличия значений Eh на дне русла в сравнении с его береговыми склонами (табл. 1).

Табл. 1 Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и содержание органического вещества (ОВ, сжигание при +240 °C) в верхнем слое донных отложений на разрезе через палеоруслу р. Чёрная
Table 1 Redox potential (Eh) and organic matter content (OV, burning at +240 °C) in the upper layer of seabed sediments across to the Chernaya River paleo-basin

Eh, mV	+ 290	- 163	+ 120
ОВ, мг/гр сухого вещества	12	25	-
Глубина дна моря, м	24	37	32
	южный береговой склон	ложе палеореки	северный береговой склон

На обоих склонах затопленной части реки – северном и южном – Eh имеет положительные значения, тогда как на наиболее глубоком участке русла залегают восстановленные илы. Падение значений Eh в грунтах на дне палеоруслу, возможно, связано с повышенной активностью бактериобентоса и интенсивной микробиологической минерализацией избыточной органики. Следует отметить, что это может быть как древний органический материал, захороненный в донных отложениях при подъёме уровня моря, так и современный,

накапливающийся в понижениях сохранившейся речной ложбины. Нельзя исключить, что в результате биотурбации, вызываемой миграциями бентосной инфауны в толще осадков, ископаемые наносные грунты палеорусел могут попадать в верхний слой донных отложений и смешиваться с современными илами. Указанным способом древнее ОВ могло стать доступным для собирающих детрит и заглатывающих грунт представителей зообентоса.

Исследования в рамках настоящей работы показали, что донные отложения в ложе палеореки Чёрная действительно обогащены органическим веществом. Так, нами зарегистрировано двукратное превышение уровня содержания ОВ в илах тальвега палео-Чёрной по отношению к аналогичным показателям на её древнем береговом склоне – соответственно 25 и 12 мг/г сухого вещества (табл. 1). Таким образом, обогащение органическими веще-

ствами донных отложений может являться важной отличительной чертой среды бентали в пределах затопленных морем остатков речных русел.

Также было изучено горизонтальное распределение органического вещества в верхнем слое донных осадков палеоруслу Чёрной, при этом снова были выявлены некоторые интересные особенности (рис. 4).

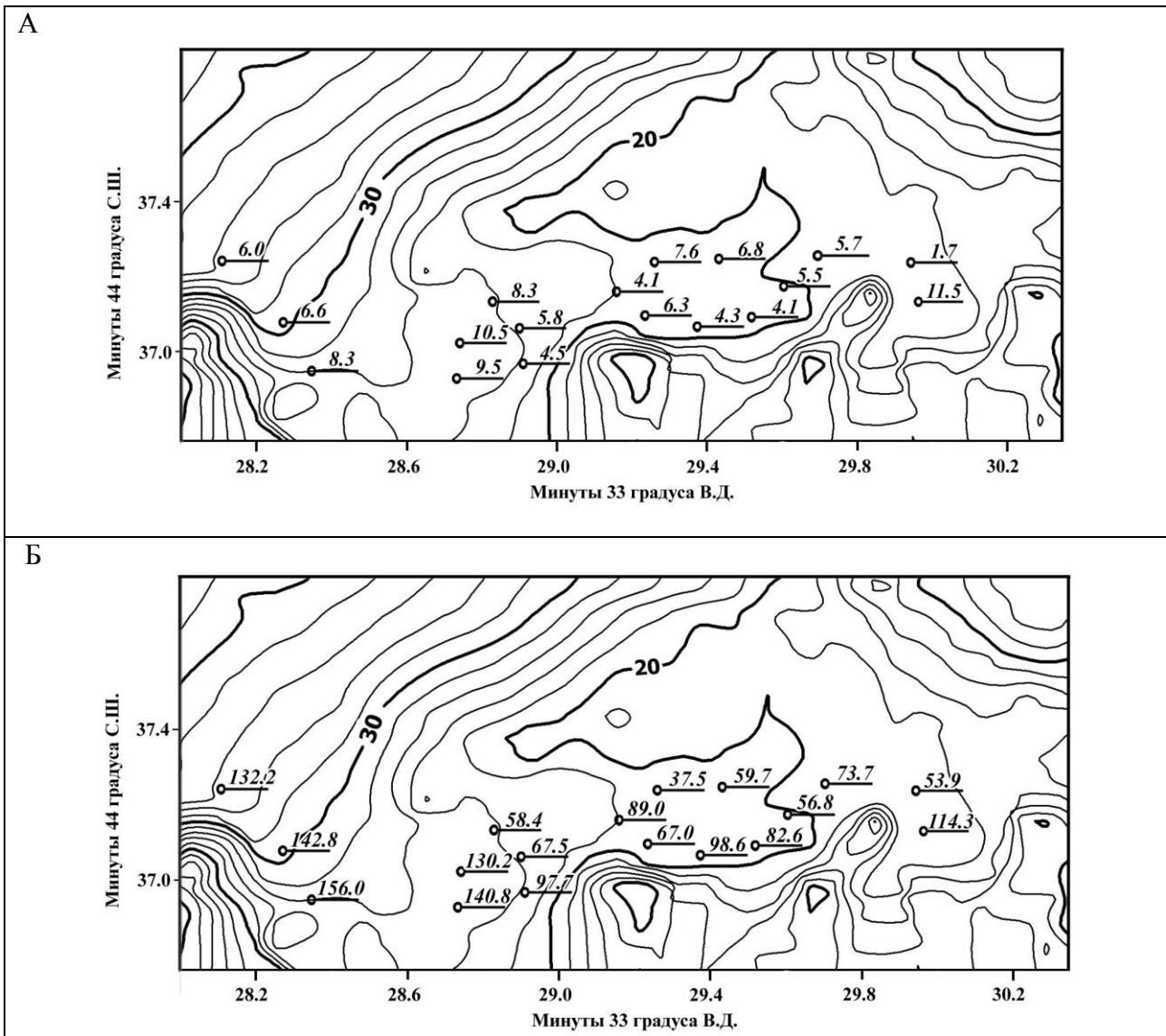


Рис. 4 Распределение органического вещества в палеорусле р. Чёрная, мг/г сухого вещества (А – легкоразлагающееся ОВ, сжигание при +180 °С; Б - стойкое ОВ, сжигание при +500 °С)

Fig. 4 Distribution of organic matter in the paleo-riverbed Chernaya, mg/g of dry weight (A - non-persistent organic compounds, burning at +180 °C; Б - hard organic sediments, burning to ashes at +500 °C)

Легкоразлагающееся ОВ имеет вдоль изученного фрагмента палеореки относительно однородное распределение. Однако стойкие ОВ локализованы несколько по-иному. До изобаты 24 м они накапливаются в грунте аналогично “лёгкой” органике, т.е. достаточно равномерно. Исключение составила лишь одна станция, расположенная непосредственно на входе в Севастопольскую бухту. Глубже 24 м в донных отложениях обнаружен резкий скачок концентрации стойких ОВ. Наблюдаемые уровни содержания органического вещества на этих глубоководных участках дна примерно в два раза превышают таковые на мелководье (рис. 4 б). Вероятно, это связано с низкой температурой среды на больших глубинах. В холодных водах под термоклином жизнедеятельность бентосных организмов и биотрансформация донных отложений могут быть менее интенсивными. Другим фактором, ответственным за относительно низкие концентрации стойкого ОВ в грунтах на малых глубинах, возможно, является гидродинамика водной толщи, штормовые воздействия на донные отложения. В результате могут происходить смыв, массоперенос, фракционирование и переотложение осадочного материала. Вместе с тем, это, вроде бы, очевидное допущение не вполне согласуется с данными о распределении лёгкоразлагаемой органики (рис. 4 а).

Более детальные исследования в будущем позволят уточнить приведенную информацию. Тем не менее, помимо наших данных, уже сейчас имеются свидетельства других авторов, показывающие, что органическое вещество реликтовых участков речных систем на шельфе современного черноморского бассейна

имеет важное экологическое значение. Подобным аргументом может служить, например, тот факт, что большинство обнаруженных В.Н. Егоровым с сотрудниками зон активного высачивания природного биометана – газовых силов вблизи Севастополя [2] приурочены, как оказалось, к склонам палеорула р. Чёрная, либо к её древним ручьевым притокам.

Заключение. Проведенные исследования имели, прежде всего, поисковую направленность – изучение нового объекта. Однако уже сейчас представляется возможным сделать допущение, что при определённых обстоятельствах органические вещества затопленных речных русел и дельт может являться важным фактором для жизнедеятельности морских бентосных организмов, населяющих черноморский шельф. Полученная информация о рельефе палеорусел, а также о составе донных отложений в их ложе и на береговых склонах даёт основание ожидать определённую “гипоксическую” специфику донной фауны, населяющей описанные затопленные участки речных систем. Поэтому обнаруженные объекты – палеорула рек Чёрная и Бельбек могут иметь существенное значение для исследований закономерностей пространственного распределения сообществ донных гидробионтов на черноморском шельфе, условий среды их обитания и обеспеченности пищевыми ресурсами.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность И.Н. Аннинской, В.А. Тимофееву и В.П. Чекалову за помощь в выполнении экспедиционных исследований и лабораторных анализов, а также экипажу мотобота “Вяземский” (ИнБЮМ) за высокий профессионализм при проведении морских работ.

1. Горячкин Ю. Н., Иванов В. А. Уровень Чёрного моря: прошлое, настоящее и будущее. – Под ред. В.Н. Еремеева.- Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – 210 с.
2. Егоров В. Н., Гулин С. Б., Гулин М. Б. Артёмов Ю. Г., Гусева И. А. Струйные газовыделения в акватории внешнего рейда г. Севастополя // Научн. зап. Тернопольского НПУ. Сер.: Биоло-

4. – С. 80 – 82.
3. Иванов В. А., Маньковская Р. Я. Морские устья рек и устьевые процессы.- Севастополь: Морской гидрофизический институт НАН Украины, 2008. – С. 806.

4. Методы исследования органического вещества в Океане. – Под ред. Е.А. Романкевича и И.И. Волкова.- М.: Наука, 1980. – 343 с.
5. Парсонс Т. Р., Такахаши М., Харгрейв Б. Биологическая океанография. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. – 432 с.
6. Alyatdinov A. R. Bathymetry of Black Sea.- BLACK SEA GIS, Version 2.0. - Black Sea Environmental Programme, Thematic block: GEOGRAAPHY. – 1997.
7. Mörrner N. A. Eustatic changes during the last 20000 years and a method of separating the isostatic and eustatic factors in an uplifted area // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. – 1971. – 9, 3. – P. 1-10.
8. Ross D. A., Uchupi E., Prada K. E., Macilivaine J. C. Bathymetry and microtopography of Black Sea. In: The Black Sea – Geology, Chemistry and Biology. Degens E.T. & Ross D.A. eds. - Am. Assoc. Pet., 1974. – P. 1 – 10.

Поступила 25 мая 2009 г.
После доработки 18 октября 2009 г.

Палеоруслу річок Чорна і Бельбек на шельфі південно-західного Криму – новий об'єкт екологічних досліджень. М. Б. Гулін, М. В. Коваленко. Даний опис затоплених морем стародавніх частин річок Чорна і Бельбек, виявлених на дні зовнішньої акваторії Севастополя. Раніше обидві річки мали єдине гирло, на глибині 90 – 96 м сучасного чорноморського шельфу знайдено місце злиття їх палеорусел. Реліктовий, нині поглинений морем фрагмент р. Чорна відрізняється складною конфігурацією. У місцях, де дно складене з твердих осадових порід контур русла повторює форму складок місцевості, тоді як на ділянках з рихлими ґрунтами деталі палеорічки розмиті або простежуються фрагментарно. Ширина русла складає 420 – 490 м глибина може досягати 11 м. Палеорусло р. Бельбек характеризується набагато меншою звивистістю, чим р. Чорна і його заглиблення не перевищує 6 м. Донні відкладення палеорічки Чорна мають негативні значення редокс-потенціалу і підвищений вміст органічних речовин. Виявлені реліктові об'єкти можуть мати важливе значення для вивчення екології сучасних бентосних угруповань.

Ключові слова: Бельбексько-чернореченська палеодельта, палеоруслу, органічні речовини донних відкладень, Чорне море

Paleo-rivers Chernaya and Belbek at the continental shelf of southwestern Crimea – new object of ecological researches. M. B. Gulin, M. V. Kovalenko. The description is presented for the first researches of ancient parts of the Chernaya and Belbek rivers flooded by sea, which were detected at the sea floor of the Sevastopol coastal area. Earlier both rivers had a joint estuary; locality of confluence of their paleo-riverbeds was found at a depth 90 - 96 m of the present-day Black Sea shelf. Relic fragment of the Chernaya River, nowadays covered by sea, differs by the complicated configuration. In the limited provinces where seabed was done by hard primary rocks its contours retrace the form of sea floor, while at the areas with friable sediments the most details of the river structure are degraded or can be tracked fragmentary. The width of a river channel comes to 420 - 490 m, depth can reach up to 11 m. Paleo-rivarbed of Belbek is characterized by much smaller sinuosity than Chernaya River and deepening of channel does not exceed 6 m. Bottom sediments of the Chernaya paleo-river have negative levels of redox potential as well as increased content of organic matter. Discovered ancient objects can be important for study of ecology of the modern benthos communities.

Key words: Belbek-Chernaya paleo-delta, paleo-riverbeds, organic matter of the seabed sediments, Black Sea