

## О ПАЛЕОРУСЛЕ РЕКИ АШАМБА В ГОЛУБОЙ БУХТЕ ПО ДАННЫМ ШИРОКОПОЛОСНОГО СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Ключев М.С.<sup>1</sup>, Шрейдер А.А.<sup>1</sup>, Бреховских А.Л.<sup>1</sup>, Зверев А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,  
e-mail: mklyuev@mail.ru*

<sup>2</sup>*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,  
Россия, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 19,  
e-mail: sparker1@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию 16.11.2020, одобрена к печати 18.12.2020.

Обнаружены и изучены палеоруслы и палеопристок реки Ашамба на дне Голубой бухты Черного моря вблизи г. Геленджик посредством широкополосного сейсмоакустического профилирования. Приведено базовое описание геоморфологии дна Голубой бухты. Изложена технология изучения донных палеоструктур прибрежной морской зоны путем широкополосного сейсмоакустического профилирования с различной диаграммой направленности и GPS навигации. Приведен состав и основные характеристики используемой аппаратуры. Представлены результаты профилирования и поперечные профили палеоруслы и палеопритока реки Ашамба, а также проведен их геоморфологический анализ. Обнаружены сопутствующие палеоруслу реки Ашамба газовые факелы. Составлена детальная карта речных палеоструктур дна Голубой бухты и обнаруженных газовых факелов.

**Ключевые слова:** геоморфология морского дна, прибрежная морская зона, Черное море, палеоруслы, речные палеоструктуры, газовые факелы, сейсмоакустика, технологии и аппаратура сейсморазведки

### Введение

Голубая (Рыбацкая) бухта Черного моря расположена вблизи г. Геленджик Краснодарского края и примыкает к территории Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Она является естественным природным прибрежным образованием, возникшим под влиянием различных природных факторов, в том числе и в результате формирования устья реки Ашамба (Яшамба), впадающей в бухту. Естественно предположить, что геоморфология дна Голубой бухты может нести следы воздействия реки Ашамба в периоды древнего понижения уровня Черного моря (или поднятия суши) при осушении ее акватории, что могло привести к формированию палеоруслы.

Отметим, что палеоструктуры древних рек (палеоруслы, палеопристок, палеодельты и т.п.) возникают при затоплении русел, притоков и дельт действующих

рек, вследствие повышения уровня моря или опускания прибрежной суши и дальнейшей их эволюции в морских условиях (Гулин, Коваленко, 2010). Они являются своеобразными маркерами колебаний уровня моря, тектонических движений его прибрежной зоны, служат аккумуляторами современных морских осадков и ископаемого органического вещества, вследствие чего представляют значительный интерес для различных областей науки – геофизики, геологии, геохимии, гидробиологии и геоэкологии.

В практическом плане, они могут содержать россыпи ценных рудных и минеральных ископаемых (золота, платины, палладия, серебра, алмазов, рубинов, сапфиров и т.п.), которые были размыты древними водными потоками или вынесены с суши и аккумулярованы в ложе палеорула.

Эффективное дистанционное обнаружение и изучение донных палеоструктур прибрежной морской зоны является одной из актуальных задач современной морской геофизики. Одной из перспективных технологий ее решения является широкополосное сейсмоакустическое профилирование и высокоточное морское позиционирование (Бреховских и др., 2020). Ее суть заключается в вертикальном гидроакустическом зондировании прибрежной акватории по площади в широком частотном диапазоне (от сотен килогерц до сотен герц) с использованием комбинированных диаграмм направленности (от узкой в единицы градусов до широкой ненаправленной), и обеспечением высокоточной GPS навигации.

Эта технология позволяет дистанционно изучать геоморфологию донной поверхности, строение и структуру донной толщи, палеоструктуры древних рек, выбросы газов из морского дна, затопленные суда и объекты, затопленные древние поселения и т.п. Для идентификации конкретных форм и типов донного рельефа и объектов должны быть определены критерии их распознавания и основанные на них методики и алгоритмы. В итоге появляется возможность определения границы морских полигонов с теми или иными формами донного рельефа и типами донных объектов для их дальнейшего детального изучения комплексными геологическими, геохимическими, гидробиологическими и геоэкологическими методами.

### **Геоморфология Голубой бухты**

Базовые исследования геоморфологии дна Голубой бухты проводились Евсюковым Ю.Д. (Куклев и др., 2014), по результатам которых была составлена карта-схема, представленная на рис. 1.

Согласно этим исследованиям, в плане конфигурация бухты имеет форму полуромба. Протяженность берегов по его «граням» составляет: с запада – 300 м, с северо-востока – 550 м, с востока – 700 м. В поперечном сечении дно бухты представляет собой морфологически четко выраженную депрессию. Мористые участки берегов отмечены мысами, условно названными Западным и Восточным, с высотами – 18–20 м и 11–13 м соответственно.

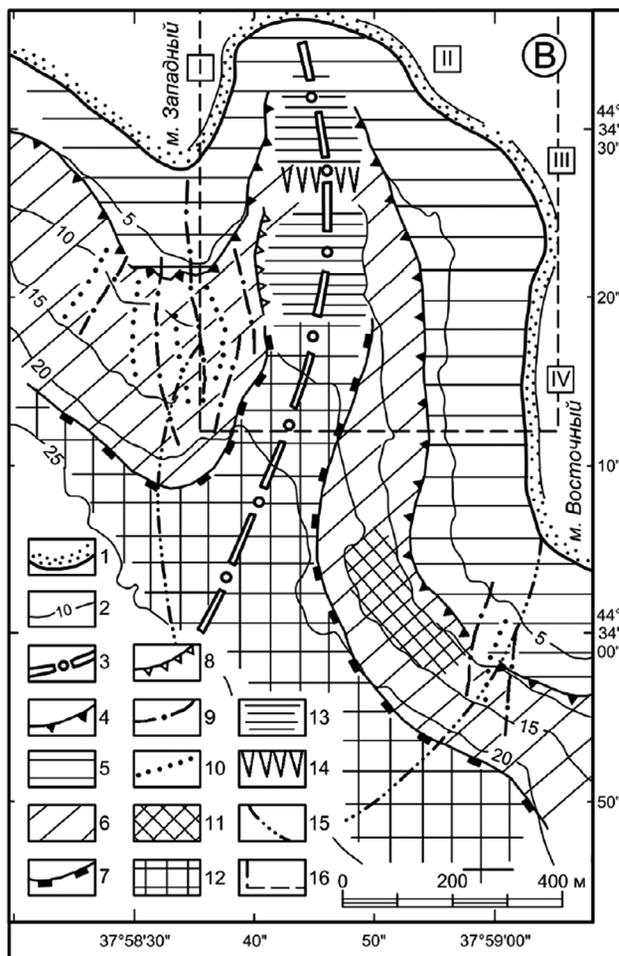


Рис. 1. Карта-схема геоморфологии дна Голубой бухты, согласно Евсюкову Ю.Д. (Жуклев и др., 2014). Здесь 1 – береговая линия; 2 – изобаты; 3 – ось депрессии; 4 – бровка прибрежной ступени; 5 – поверхность прибрежной ступени; 6 – склон депрессии (грабена); 7 – подножие склона; 8 – подножие крутого уступа; 9 – оси гряд; 10 – оси ложбин; 11 – тектонически раздробленная ступень; 12 – погруженная поверхность депрессии; 13 – субгоризонтальные поверхности в верховье депрессии; 14 – уступ, разделяющий субгоризонтальные поверхности; 15 – предполагаемая граница конуса выноса, образованного наводнением; 16 – граница эталонного полигона.

По периметру подводная часть бухты оконтурена прибрежной отмелью. Ее ширина от 70–100 м (западная) до 230–260 м (восточная), причем большие значения приурочены к выступам мысов. Ступень ограничена бровкой, которая располагается на глубине 4–7 м.

Ниже бровки – ступени, рельеф дна бухты представлен склоном, подножие которого располагается на глубине от 8–10 до 22 м. Склон характеризуется резкой неоднородностью морфологии. На траверзе мыса Западный его ширина в плане – 450 м, а в рельефе дна он сложен грядами и ложбинами субмеридиональной направленности. Их длина – от 200 до 450 м, амплитуда – 3–5 м. В северном направлении этот склон сужается и переходит в крутой локальный уступ, высота которого около 8 м.

Восточный, сравнительно пологий склон бухты, в рельефе выражен проще. На расстоянии около 800 м его ширина (с юга на север) уменьшается от 230 до 100 м. На траверзе мыса Восточный он осложнен тектонически раздробленной ступенью и субмеридиональными грядами (относительная высота – 2–4 м), которые сопряжены с ложбинами. На различных батиметрических уровнях этот склон осложнен узкими (40–70 м) ступенями и относительно крутыми (15–20°) уступами, высота которых составляет 2–6 м. Их образование, по-видимому, связано с абразионными процессами.

На траверзе мыса Восточный депрессия расширяется и теряет свою морфологическую выраженность. То же самое происходит с прибрежной ступенью и склоном депрессии.

Осадки Голубой бухты представлены песчаными илами с ракушей, галькой и мергелевыми гребнями. Прибрежная, центральная и восточная части бухты – в основном выровнены и сложены галькой и песчаными илами с ракушей. На западе бухты и на востоке у выхода располагаются мергелевые гребни с перепадами глубин до нескольких метров.

### Технология изучения палеоструктур

Как показали наши натурные исследования (Бреховских и др., 2020; Клюев и др., 2019), для обнаружения и исследования донных палеоструктур в прибрежной зоне эффективно совместное использование следующей аппаратуры широкого частотного диапазона:

- высокочастотный узколучевой эхолот (рабочая частота  $f$  порядка сотен килогерц, ширина диаграммы направленности  $\theta$  порядка единиц градусов);
- высокочастотный узколучевой профилограф (рабочая частота порядка десятка килогерц, ширина диаграммы направленности порядка единиц градусов);
- среднечастотный сейсмоакустический профилограф с электромеханическим излучателем типа «бумер» (рабочая частота порядка единиц килогерц, ширина диаграммы направленности порядка десятков градусов);
- низкочастотный сейсмоакустический профилограф с электроискровым излучателем типа «спаркер» (рабочая частота порядка сотен герц, ширина диаграммы направленности порядка десятков градусов);
- обеспечение высокоточной GPS навигации.

Совместное использование этой аппаратуры позволяет получать комплексную информацию о донной поверхности и строении донной толщи. Узколучевой эхолот дает информацию о профиле донной поверхности, высокочастотный узколучевой профилограф – о типе и структуре верхнего осадочного слоя, средне- и низкочастотный сейсмоакустический профилограф – о более глубоких донных структурах.

Широкий частотный диапазон используемых сейсмоакустических средств обусловлен тем, что палеоструктуры могут находиться не только на поверхности

дна, но и на глубине от единиц до десятков метров под его поверхностью, а глубина проникновения в дно зондирующего сигнала зависит от частоты. Чем ниже частота, тем больше проникновение, но ниже пространственное разрешение и, соответственно, чем выше частота, тем меньше проникновение, но выше разрешение.

Увеличение ширины диаграммы направленности позволяет увеличивать область поиска при снижении углового разрешения, а ее уменьшение повышает угловое разрешение при снижении производительности. Формирование узкой диаграммы излучения производится за счет параметрического излучения.

Применение высокоточной GPS навигации позволяет определять детальное пространственное строение палеоструктур и выполнять их подробное картографирование, что повышает достоверность их идентификации и точность определения их параметров, а следовательно, делать более детальные и адекватные выводы об их происхождении и эволюции.

Ключевым вопросом в обнаружении палеоструктур древних рек являются критерии и классификационные признаки их наличия. В результате натурных исследований и аналитической проработки были определены основные критерии и классификационные признаки:

1. Наличие естественного «коробчатого» поперечного профиля на батиметрии морского дна и его плавное трансляционное повторение в пространстве.

2. Наличие естественного «коробчатого» профиля, заполненного осадками, на сейсмоакустической структуре морского дна и его плавное трансляционное повторение в пространстве, в том числе и на месте донного разлома.

3. Если палеоруслу приурочено к донному разлому, его поперечный профиль может искажаться вплоть до V-образного.

4. Наличие изрезанной и расчлененной геоморфологии, не подвергавшейся воздействию водного потока, говорит об отсутствии палеорусла.

5. Соответствие положения палеорусла современным речным структурам суши – руслу, берегам, долине, каньону, дельте.

6. Возможное наличие палеопритоков и палеodelьт, распознаваемых согласно тем же критериям палеорусла.

7. Наличие газовых факелов, во многих случаях сопутствующих палеоруслу.

Под «коробчатым» профилем здесь понимается поперечный профиль в виде чаши с выраженными береговыми склонами и уплощенным дном. Он должен плавно трансляционно повторяться в пространстве, очерчивая канал палеорусла. Термин «коробчатый» в этом контексте был впервые введен в работе (Гулин, Коваленко, 2010) и вошел в широкое употребление. Если палеоруслу приурочено к донному разлому, его поперечный профиль может искажаться вплоть до V-образного. Эта чаша, как правило, заполнена слабо консолидированными донными осадками с ровной поверхностью, поскольку она является локальным глубинным максимумом и туда сваливается весь осадочный материал.

Наличие изрезанной и расчлененной геоморфологии (скальных осадочных пород, мергелевых гребней и т.п.), не подвергавшейся воздействию водного пото-

ка, говорит об отсутствии палеоруслу в данном месте. Как правило, палеорусло является продолжением современного сухопутного речного русла или его дельты. В палеорусло могут впадать палеопритоки, образуя места их слияния, а также оно может разделяться на разветвления в виде палеodelьты.

Палеруслу зачастую сопутствуют газовые факелы, поскольку оно может быть приурочено к геологическим разломам, а заполняющие его осадки менее консолидированы и более прозрачны для выхода донных газов.

Таким образом, технология обнаружения палеоструктур в прибрежной зоне заключается в следующем:

1. Использование совместного широкополосного сейсмоакустического зондирования морского дна при комбинированных диаграммах направленности.
2. Площадное изучение полигона с обеспечением высокоточной GPS навигации.
3. Применение критериев и классификационных признаков наличия палеоструктур.

### **Аппаратура и методики**

Для обнаружения и изучения прибрежных палеоструктур, согласно разработанной технологии, используются комплекс гидроакустического профилирования донной поверхности и верхнего слоя осадков разработки ИО им. П.П. Ширшова РАН и сейсмоакустический комплекс «Геонт-шельф» производства ООО «Спектр-геофизика», имеющиеся в нашем распоряжении.

Комплекс ИО РАН (Клюев и др., 2015; Шрейдер и др., 2018) включает высокочастотный узколучевой параметрический профилограф (рабочая частота – 20 кГц, ширина диаграммы направленности – 4.5°, пространственное разрешение около 10 см) и высокочастотный узколучевой эхолот (рабочая частота – 200 кГц, ширина диаграммы направленности – 4°, пространственное разрешение около 1–5 см) на базе прибора SeaKing DST, векторный приемник спутниковой GPS навигации Trimble VX982 с погрешностью позиционирования около 2 м в обычном режиме, комплекс судовождения на базе программы AquaScan 10, обрабатывающие и управляющие ноутбуки, устройства автономного питания, а также программное обеспечение.

Сейсмоакустический комплекс «Геонт-шельф» (Маев и др., 2009) производства ООО «Спектр-геофизика» с электродинамическим (типа «бумер», рабочая частота – 1–2 кГц) и электроискровым (типа «спаркер», рабочая частота – 300–800 Гц) широконаправленными излучателями. Он включает сейсмический накопитель энергии SPES-270 (обеспечивает энергию 270 Дж при рабочем напряжении до 3000 в), излучатели и приемную маслonaполненную косу (6 гидрофонов, длина – 1 м, диаметр – 22 мм), программируемый усилитель с АЦП, ноутбук, GPS приемник и программное обеспечение для сбора, записи, воспроизведения и обработки данных, а также устройство автономного питания.

Морские работы проводились с борта НИС «Ашамба» (длина – 15 м, ширина – 4 м, осадка – 1.5 м, водоизмещение – 27 т), «Профессор Лонгинов» (катер MaryFisher 625, длина – 6.4 м, ширина – 2.5 м), «Кайман» (длина около 3 м, ширина около 1.6 м) (Бреховских и др., 2020; Ключев и др., 2019; Ключев и др., 2015; Шрейдер и др., 2018).

### Результаты исследования

Одной из уникальных и интереснейших особенностей Голубой бухты, обнаруженной в последнее время на ее дне, является палеоруло реки Ашамба и ее палеопристок, выявленные в результате площадного профилирования в направлениях восток–запад и север–юг с шагом около 30×30 м (Бреховских и др., 2020; Ключев и др., 2019).

На рис. 2а представлен один из поперечных профилей палеорула реки Ашамба в области Э (см. рис. 3) Голубой бухты вблизи г. Геленджик по данным эхолота (частота – 200 кГц, диаграмма направленности – 4°). Из рисунка видно, что поперечное сечение палеорула имеет «коробчатую» форму шириной около 120 м с крутыми береговыми склонами высотой до 6 м и ровным, по-видимому, осадочным заполнением на глубине около 11 м. Можно предположить, что палеоруло представляет собой канал, вырезанный древними потоками в скальном осадочном основании, который частично заполнен современными осадками до практически ровной поверхности.

Для изучения грунтов, заполняющих палеоруло и слагающих его береговые склоны, использовались высокочастотный параметрический профилограф (частота 20 кГц, диаграмма направленности 4.5°), и среднечастотный и низкочастотный профилограф с излучателем типа «бумер» и «спаркер» (частоты 1–2 кГц и 300–800 Гц, широконаправленные).

На рис. 2б представлен поперечный профиль палеорула реки Ашамба в Голубой бухте вблизи г. Геленджик по данным высокочастотного параметрического профилографа (частота 20 кГц, диаграмма направленности 4.5°) в той же области Э (см. рис. 3), что и рис. 2а. Из рисунка видно, что зондирующий импульс практически не проникает в береговые склоны палеорула, что говорит об их возможном скальном осадочном составе. И проникает на глубину около 1 м вглубь грунта, заполняющего чашу палеорула, что говорит о его возможном неуплотненном осадочном составе. Из рисунка следует, что скальные берега уходят под неуплотненные осадки, заполняющие чашу палеорула.

На рис. 2в представлен поперечный профиль палеорула реки Ашамба в Голубой бухте вблизи г. Геленджик по данным среднечастотного профилографа с излучателем типа «бумер» (частота 1–2 кГц, широконаправленный) в той же области Э, что и рис. 2а. Из рисунка видно, что зондирующий импульс по-прежнему практически не проникает в береговые склоны палеорула, что дополнительно подтверждает их возможный скальный осадочный состав. И проникает на глубину около 4 м

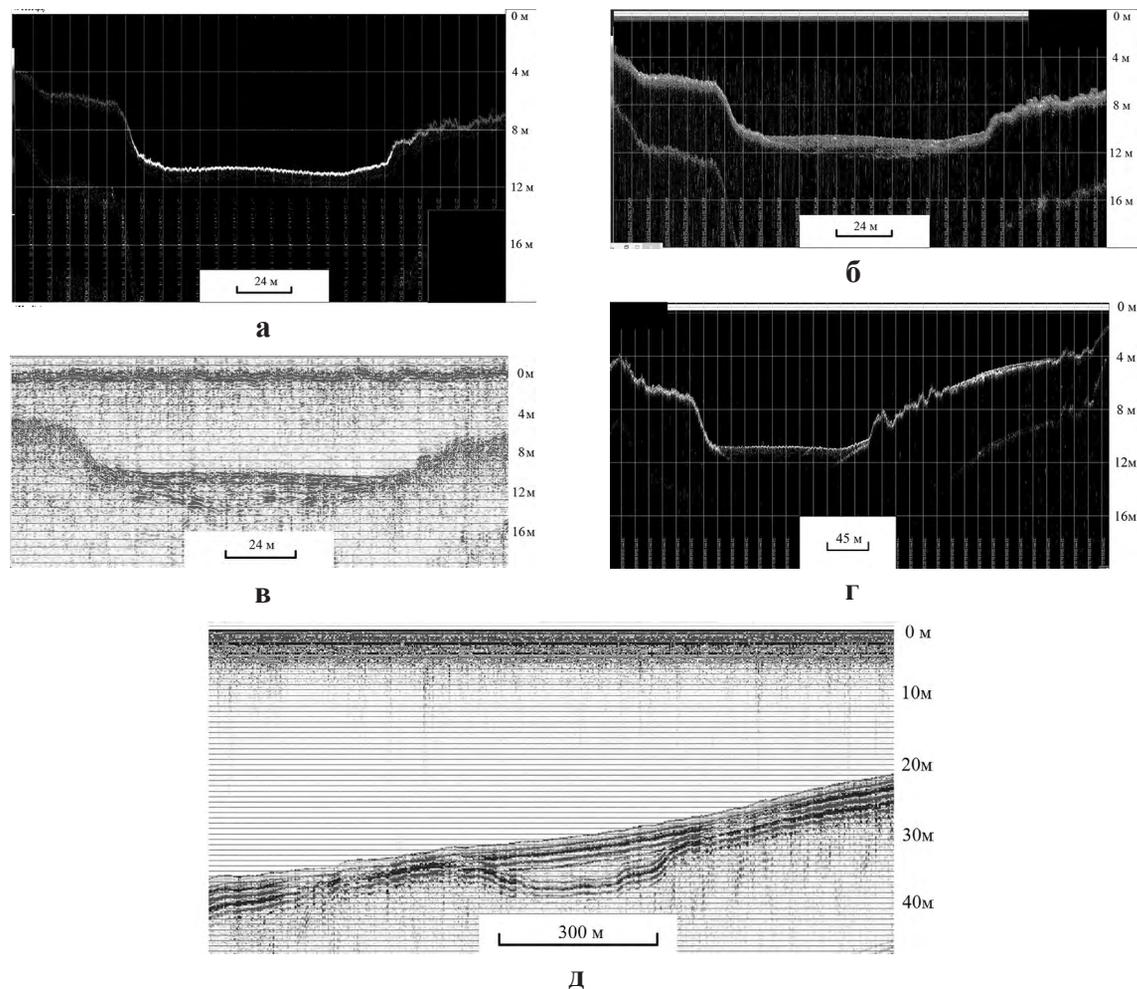


Рис. 2. Поперечный профиль палеорула реки Ашамба (в области Э, рис. 3) Голубой бухты по данным: **а** – эхолот ( $f = 200$  кГц,  $\theta = 4^\circ$ ), **б** – высокочастотный параметрический профилограф ( $f = 20$  кГц,  $\theta = 4.5^\circ$ ), **в** – среднечастотный профилограф (излучатель типа «бумер»,  $f = 1-2$  кГц, широконаправленный), **г** – палеоруло и палеопристок (параметрический профилограф,  $f = 20$  кГц,  $\theta = 4.5^\circ$ ), **д** – низкочастотный профилограф (излучатель типа «спаркер»,  $f = 300-800$  Гц, широконаправленный), область С (рис. 3).

вглубь заполняющего чашу палеорула грунта, что подтверждает его возможный неуплотненный осадочный состав. На рисунке отчетливо видна форма дна палеорула с максимальной глубиной около 4 м относительно поверхности заполняющих его осадков, которое, по-видимому, складывается скальным осадочным грунтом.

При проведении исследований был также обнаружен палеопристок реки Ашамба (рис. 2г, область Э на рис. 3) и место их слияния на глубине около 11 м по данным параметрического профилографа. На рис. 2г отчетливо виден разделительный скальный барьер (в центре) между палерулом (слева) и палеопристомом (справа) до их слияния (рис. 2г), и его исчезновение на профилях после их слияния в единое палеоруло.

Наряду с этим было установлено, что при удалении от берега на глубины более 20 м, палеоруло целиком уходит в донные осадки и обнаруживается только

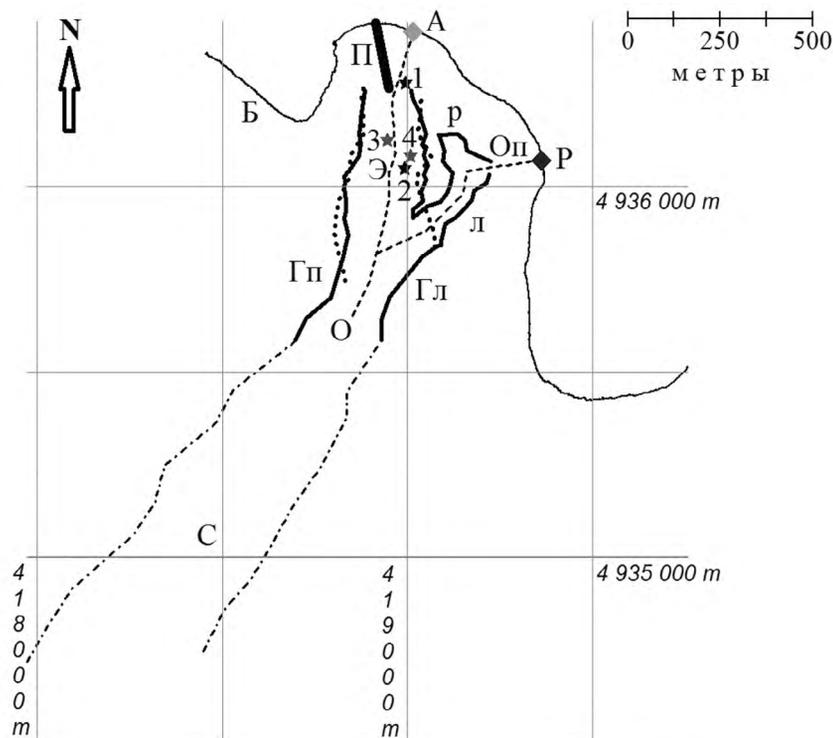


Рис. 3. Карта палеорула реки Ашамба, палеопритока и газовых факелов в Голубой бухте.

Здесь Б – береговая линия, П – причал, А – современное устье реки Ашамба, О – ось палеорула реки Ашамба, Гп – правый берег палеорула Ашамбы (сплошная линия – профилограф 20 кГц, пунктирная – «бумер» 1–2 кГц, штрих-пунктирная – «спаркер» 300–800 Гц), Гл – левый берег палеорула Ашамбы (сплошная линия – профилограф 20 кГц, пунктирная – «бумер» 1–2 кГц, штрих-пунктирная – «спаркер» 300–800 Гц), Р – современное устье ручья, Оп – ось палеопритока, р – правый берег палеопритока, л – левый берег палеопритока, звездочки с номерами 1–4 – некоторые газовые факелы, Э – положение профилей эхолота, профилографа и «бумера» (рис. 2а–г), С – положение профиля «спаркера» (рис. 2д).

Отметим, что штрих-пунктирные линии (данные «спаркера») показывают положение участка палеорула, целиком погребенного в донных осадках, тогда как сплошные линии (данные профилографа) – возвышающегося над дном.

среднечастотным и низкочастотным профилографами с излучателями типа «бумер» и «спаркер» соответственно. На рис. 2д представлен поперечный профиль палеорула реки Ашамба Голубой бухты по данным низкочастотного профилографа (излучатель типа «спаркер», частота – 300–800 Гц, широконаправленный) в области С (рис. 3) глубины 30 м.

В процессе исследований было также установлено, что прибрежным донным палеоструктурам сопутствуют газовые факелы/метановые сипы, как струйного, так и распределенного характера (Бреховских и др., 2019). Это может быть связано с тем обстоятельством, что палеоструктуры зачастую приурочены к геологическим разломам, а заполняющие их осадки менее консолидированы и более прозрачны для выхода донных газов.

Выявленные палеоструктуры реки Ашамба и сопутствующие им образования в Голубой бухте были подытожены и нанесены на карту в плоских географических координатах, построенную с помощью компьютерной программы Global Mapper в универсальной поперечной проекции Меркатора UTM зона 37 (36°E–42°E северной геосферы, метры север/юг – метры запад/восток) в системе координат WGS84 (рис. 3).

### Обсуждение результатов

Рассматриваемые в настоящей работе палеоструктуры, с точки зрения карты-схемы геоморфологии дна Голубой бухты Евсюкова Ю.Д. (рис. 1) (Куклев и др., 2014), соответствуют субгоризонтальной поверхности в верховье депрессии (13), погруженной поверхности депрессии (12), оси депрессии (3), а также склон депрессии (6), подножию крутого уступа (8) и подножию склона (7). При этом элементы 13, 12, 3, 6, 8, 7 не трактуются как составляющие единого геоморфологического образования, в данном случае палеоструктур реки Ашамбы, а как разрозненные элементы описательного характера.

Это, возможно, связано с тем обстоятельством, что при составлении карты-схемы не использовалась широкополосная сейсмоакустическая аппаратура, позволяющая изучать структуру верхнего и более глубокого осадочного слоя дна, а использовался один эхолот.

Проведенный анализ позволяет предположить, что выявленные в работе особенности являются проявлением единого геоморфологического образования, а именно отрезка палеорула реки Ашамба с впадающим в него палеопритоком, сделанных в мергелевых скалах в период древнего понижения уровня моря до 12 м около 2500 лет назад ввремя фанаторийской регрессии согласно К.К. Шилику (Куклев и др., 2014, Бреховских и др., 2020).

Кроме того, сейсмоакустические исследования дна Голубой бухты показали, что прибрежные области дна (порядка 100 м от берега) отчасти покрыты звукопрозрачной (на частоте 20 кГц) субстанцией (возможно, слабоконсолированными илами) толщиной порядка 0–30 см, которая при дальнейшем удалении от берега канализируется в палеоруло реки Ашамбы и в ее палеопристок, где ее толщина возрастает до 100 см и более. В прилегающих к палеорулу и палеопристоку областях эта толщина не превышает те же 0–30 см. Можно предположить, что палеоруло реки Ашамба и ее палеопристок в настоящее время выполняют роль своеобразного коллектора для звукопрозрачной субстанции, которая под действием силы тяжести и воздействия волн на дно бухты медленно стекает с площади дна бухты в палеоруло и палеопристок и движется по ним к более глубоким областям морского дна, где течет медленным потоком в окружающих илах. Это предположение нуждается в дальнейшей всесторонней проверке с привлечением методов донного пробоотбора, датчиков горизонтального перемещения осадков, а также методов численного математического моделирования динамики осадков в прибрежной зоне.

## Заключение

В заключении отметим, что выявленные сейсмоакустическими методами особенности геоморфологии дна Голубой бухты с определенной долей уверенности позволяют отнести их к палеоструктурам реки Ашамба. Тем не менее, это предположение нуждается в дальнейших подробных исследованиях и обоснованиях, в том числе и путем тщательного пробоотбора и анализа морских донных осадков и отложений. Наряду с этим нуждаются в дальнейшем развитии и совершенствовании рассматриваемые сейсмоакустические методы обнаружения и изучения прибрежных донных палеоструктур. Надеемся, что дальнейшие исследования в этих направлениях позволят уточнить представленные результаты, а также получить новые.

**Благодарности.** Выражаем огромную благодарность и признательность за большую помощь в проведении настоящей работы академику РАН Лобковскому Л.И., директору Южного отделения ИО РАН Куклеву С.Б., профессору д.г.н. Косьяну Р.Д., научному руководителю Черноморского экспериментального полигона д.ф.-м.н. Зацепину А.Г., зам. директора по научной работе Геологического направления ИО РАН Шевченко В.П., а также многим другим сотрудникам и коллегам.

Данная работа выполнена в рамках темы Государственного задания № 0149-2019-0005 Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, при ее подготовке использовались некоторые методики, разработанные в рамках гранта РФФИ № 20-05-00089 А.

## Литература

- Бреховских А.Л., Вольтер Е.Р., Зверев А.С., Клюев М.С., Ракитин И.Я., Сажнева А.Э., Шрейдер А.А. Об особенностях сейсмоакустических исследований палеоструктур морского дна в прибрежной зоне // Труды ГОИН. Вып. 221. Исследования океанов и морей. Москва, 2020. С. 236–255.
- Бреховских А.Л., Вольтер Е.Р., Гринберг О.В., Евсенко Е.И., Захаров Е.В., Зверев А.С., Клюев М.С., Косьян Р.Д., Куклев С.Б., Мазуркевич А.Н., Ольховский С.В., Ракитин И.Я., Сажнева А.Э., Шрейдер А.А. О газовых сипах Голубой бухты вблизи г. Геленджик по данным параметрического профилографа с использованием спутниковой навигации // Геология морей и океанов: Материалы XXIII Международной научной конференции (школы) по морской геологии. Т. V. М.: ИО РАН, 2019. С. 77–81.
- Гулин М.Б., Коваленко М.В. Палеоруслы рек Черная и Бельбек на шельфе юго-западного Крыма – новый объект экологических исследований // Морской экологический журнал. Севастополь, 2010. Т. IX. № 1. С. 23–31.
- Клюев М.С., Шрейдер А.А., Бреховских А.Л., Ракитин И.Я., Зверев А.С., Вольтер Е.Р., Ольховский С.В., Гринберг О.В., Евсенко Е.И., Сажнева А.Э. Палеодолина реки Ашамба в геоморфологии дна Голубой бухты вблизи г. Геленджик по данным параметрического профилографа со спутниковой навигацией // Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах: Пятая международная школа молодых ученых. Материалы конференции. М.: ИПМех РАН, 2019. С. 81–83.

Клюев М.С. и др.

- Клюев М.С., Ольховский С.В., Фазлуллин С.М., Сажнева А.Э., Евсеенко Е.И., Шрейдер Ал.А.* О возможностях системы параметрического профилографа, эхолота и приемника ГЛОНАСС/GPS для комплексных исследований донных антропоценовых осадочных отложений // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (школы) по морской геологии. Том V. М.: ГЕОС, 2015. С. 132–136.
- Куклев С., Евсюков Ю., Руднев В.* Катастрофическое наводнение в Геленджикском районе. Преобразования рельефа суши и морского дна. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 80 с.
- 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.
- Шрейдер Ал.А., Шрейдер А.А., Клюев М.С., Сажнева А.Э., Бреховских А.Л., Ольховский С.В., Захаров Е.В., Чижиков В.В., Евсеенко Е.И., Ракитин И.Я., Гринберг О.В.* Особенности технологии использования параметрических гидроакустических средств для поиска, идентификации и мониторинга объектов в придонном слое // Процессы в геосредах. 2018. № 2. С. 920–927.

## ABOUT THE PALEOCANAL OF THE RIVER ASHAMBА IN BLUE BAY ACCORDING TO THE DATA OF BROADBAND SEISMOACOUSTIC PROFILING

Klyuev M.S.<sup>1</sup>, Shreider A.A.<sup>1</sup>, Brekhovskikh A.L.<sup>1</sup>, Zverev A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia  
e-mail: mklyuev@mail.ru*

<sup>2</sup>*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences,  
19, st. Kosygin, Moscow, 119991, Russia  
e-mail: sparker1@yandex.ru*

Submitted 16.11.2020, accepted 18.12.2020.

A paleochannel and paleotributary of the Ashamba River at the bottom of the Blue Bay in Black Sea near the city of Gelendzhik were discovered and studied using broadband seismoacoustic profiling. A basic description of the geomorphology of the Blue Bay bottom is presented. The technology for studying bottom paleostructures of the coastal sea zone by means of broadband seismoacoustic profiling with a different directional diagram and GPS navigation is presented. The composition and main characteristics of the equipment used are presented. The results of profiling and transverse profiles of the paleochannel and paleotributary of the Ashamba River are presented, as well as their geomorphological analysis. Gas flares accompanying the paleochannel of the Ashamba River were discovered. A detailed map of the river paleostructures of the Blue Bay bottom and the discovered gas flares has been compiled.

**Keywords:** seabed geomorphology, coastal sea zone, Black Sea, paleochannel, rivers paleostructures, gas flares, seismic acoustics, seismic exploration technologies and equipment.

**Acknowledgments:** We express our deep gratitude and appreciation for the great help in carrying out this work to Academician of the RAS Lobkovsky L.I., Director of the Southern Department of the Shirshov Institute of Oceanology of the RAS Kuklev S.B., Professor Ph.D. Kosyan R.D., scientific Director of the Black Sea Experimental Range Ph.D. Zatsepin A.G., Deputy Director for Research of the Geological Direction of the Shirshov Institute of Oceanology of the RAS Shevchenko V.P., as well as many other employees and colleagues.

This work was carried out within the framework of the theme of the State Assignment No. 0149-2019-0005 of the Institute of Oceanology. P.P. Shirshov RAS, and during its preparation, some methods were used, developed within the framework of the RFBR grant No. 20-05-00089 A.

### References

- Brekhovskikh, A.L., E.R. Volter, A.S. Zverev, M.S. Klyuev, I.Ya. Rakitin, A.E. Sazhneva, and A.A. Schreider.* Ob osobennostyah sejsmoakusticheskikh issledovanij paleostruktur morskogo dna v pribrezhnoj zone (On the features of seismoacoustic studies of the paleostructures of the seabed in the coastal zone). *Trudy GOIN*, 2020, No. 221, pp. 236–255.
- Brekhovskikh, A.L., E.R. Volter, O.V. Grinberg, E.I. Evsenko, E.V. Zakharov, A.S. Zverev, M.S. Klyuev, R.D. Kosyan, S.B. Kuklev, A.N. Mazurkevich, S.V. Olkhovsky, I.Ya. Rakitin, A.E. Sazhneva, and A.A. Schreider.* O gazovyh sipah Goluboj buhty vblizi g.Gelendzhik po dannym parametriceskogo profilografa s ispol'zovaniem sputnikovoj navigacii (On gas seeps of Golubaya Bay near Gelendzhik according to the parametric profiler using satellite navigation). *Geologija morej i okeanov: Materialy XXIII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (shkoly) po morskoy geologii (Geology of seas and oceans: Proceedings of the XXIII International Scientific Conference (School) on Marine Geology), Proc. XXIIIth Conference*, Moscow: SIO RAS, 2019, Vol. V, pp. 77–81.
- Gulin, M.B. and M.V. Kovalenko.* Paleorusla rek Chernaja i Bel'bek na shel'fe jugo-zapadnogo Kryma – novyj ob'ekt jekologicheskikh issledovanij (Paleochannels of the Chernaya and Belbek rivers on the shelf of the southwestern Crimea – a new object of ecological research). *Morskoy jekologicheskij zhurnal*. Sevastopol', 2010, Vol. IX, No. 1, pp. 23–31.
- Klyuev, M.S., A.A. Schreider, A.L. Brekhovskikh, I.Ya. Rakitin, A.S. Zverev, E.R. Volter, S.V. Olkhovsky, O.V. Grinberg, E.I. Evsenko, and A.E. Sazhneva.* Paleodolina reki Ashamba v geomorfologii dna Goluboj buhty vblizi g.Gelendzhik po dannym parametriceskogo profilografa so sputnikovoj navigaciej (Paleovalley of the Ashamba River in the geomorphology of the Golubaya Bay bottom near Gelendzhik according to the parametric profiler with satellite navigation). *Fizicheskoe i matematicheskoe modelirovanie processov v geosredah: Pjataja mezhdunarodnaja shkola molodyh uchenyh (Physical and mathematical modeling of processes in geomedias: Fifth International School of Young Scientists), Proc. 5th Conference*, Moscow: IPMech RAN, 2019, pp. 81–83.
- Klyuev, M.S., S.V. Olkhovsky, S.M. Fazlullin, A.E. Sazhneva, E.I. Evseenko, and A.A. Schreider.* O vozmozhnostyah sistemy parametriceskogo profilografa, jeholota i priemnika GLONASS/GPS dlja kompleksnyh issledovanij donnyh antropocenovyh osadochnyh otlozhenij (On the capabilities of the parametric profiler system, echo sounder and GLONASS / GPS receiver for integrated studies of bottom Anthropocene sedimentary deposits). *Geologija morej i okeanov: Materialy XXI Mezhdunarodnoj nauchnoj konfer-*

- encii (shkoly) po morskoy geologii (Geology of seas and oceans: Materials of the XXI International Scientific Conference (School) on Marine Geology), Proc. of XXIth Conference, Moscow: GEOS, 2015, Vol. V, pp. 132–136.*
- Kuklev, S., Y. Evsyukov, and V. Rudnev Katastroficheskoe navodnenie v Gelendzhikskom rajone. Preobrazovaniya rel'efa sushi i morskogo dna (Catastrophic flood in the Gelendzhik region. Landform and seabed topography transformations). Moscow: Izd-vo "LAP LAMBERT Academic Publishing", 2014, 80 p.*
- Maev, E.G., V.I. Myslivets, and A.S. Zverev. Stroenie verhnego sloja osadkov i rel'ef dna Taganrogskogo zaliva Azovskogo morja (The structure of the upper layer of sediments and the bottom relief of the Taganrog Bay of the Azov Sea). Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografija, 2009, No. 5, pp. 78–82.*
- Schreider, A.I.A., A.A. Schreider, M.S. Klyuev, A.E. Sazhneva, A.L. Brekhovskikh, S.V. Olkhovsky, E.V. Zakharov, V.V. Chizhikov, E.I. Evsenko, I.Ya. Rakitin, and O.V. Grinberg. Osobennosti tehnologii ispol'zovaniya parametriceskih gidroakusticeskih sredstv dlja poiska, identifikacii i monitoringa ob'ektov v pridonnom sloe (Features of the technology of using parametric hydroacoustic means for searching, identifying and monitoring objects in the bottom layer). Processy v geosredah, 2018, No. 2, pp. 920–927.*