

УДК 911.52:551.46(262.5)

© И.П. Бондарев¹, И.Э. Ломакин², 2008

¹Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь

²Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины, Киев

ЛАНДШАФТ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ОТ МАТЕРИКОВОГО СКЛОНА К МАТЕРИКОВОМУ ПОДНОЖИЮ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

Комплексные океанологические исследования с применением подводного обитаемого аппарата Север-2, наряду с проведенной батиметрической съёмкой и площадным опробованием горных пород и донных осадков, позволили описать структуру ландшафта нижней части материкового склона и зоны, переходной к материковому подножию. Обращается внимание на существенную роль современных биогенных фаций в сероводородной зоне.

Нижняя часть материкового склона и материковое подножие являются одними из наименее изученных зон Чёрного моря. Пограничная зона между этими структурными единицами континентальной окраины практически не исследована и представляет значительный интерес с точки зрения всего комплекса наук о Земле. Особое внимание к исследованию континентального склона и материкового подножия вызвано растущим объёмом хозяйственной деятельности (прокладка трубопроводов, кабелей связи). Последнее время интерес к исследованию этой части материковой окраины возрос в связи с перспективными поисками промышленных скоплений углеводородов.

Наиболее комплексно картину взаимодействия природных компонентов можно представить в рамках ландшафтного подхода. Он же позволяет создать поликомпонентную базу для рационального природопользования при условии получения достоверных данных *in situ*. Возможность провести такие исследования была реализована на полигоне размером 5 x 5 миль, расположенном в 35 милях к юго-западу от м. Херсонес. Комплексные океанологические наблюдения проведены с борта подводного обитаемого аппарата (ПОА) “Север-2” в семи погружениях на глубинах 1780–1300 м. С борта судна-носителя ПОА–НПС “Ихтиандр” выполнены 5 драгирований для площадного изучения горных пород и рыхлых донных отложений, проведена батиметрическая съёмка. По результатам съёмки составлена батиметрическая схема района (рис. 1). Исследованный полигон расположен в восточной части Ломоносовского подводного массива (ЛПМ), выделенного акад. Е.Ф. Шнюковым и др. [6]. Рельеф ЛПМ, являющийся основой ландшафта, достаточно детально описан [9], однако применение ПОА позволило уточнить существенные детали рельефообразования и формирования ландшафта.

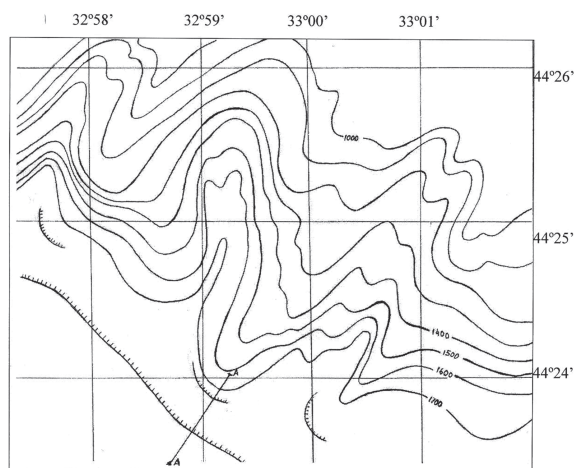


Рис.1. Батиметрическая схема района работ. А-А — линия ландшафтного профиля.

Ландшафт района исследований подразделяется на две крупные зоны, соответствующие основным морфологическим мегаэлементам материковой окраины: I. Зона континентального склона. II. Зона континентального подножия.

Континентальный склон, а точнее, его нижняя часть, в интервале обследованных глубин (1000–1750 м) представляет собой круто наклонённую на юго-запад эрозионно-аккумулятивную холмистую террасированную поверхность, рассечённую системой эрозионных врезов, ориентированных вниз по плоскостям склонов. Общий профиль континентального склона выпуклый, характеризующийся чередованием субвертикальных скальных уступов и наклонных (до 35°) террас, покрытых рыхлыми осадками. Последние часто имеют характерные структуры оползания, сочетающие натечные поверхности шириной до 1 м и разделяющие их вертикальные зоны отрыва высотой первые сантиметры. Фактически, абразионные террасы могут иметь субгоризонтальную поверхность, но, будучи перекрыты современными осадочными отложениями, принимают уклон, соответствующий углу естественного откоса, характерному для илов. Выположенные вершины гряд и понижения рельефа также перекрыты слоем современных донных отложений.

Анализ батиметрической карты показывает, что для рельефа материкового склона в районе исследований характерно чередование диагонально ориентированных (СВ–ЮЗ) чередующихся понижений и возвышений. Наблюдения из ПОА позволили установить, что рельеф района является непосредственным отражением геологического строения и региональной тектоники. Выявлено, что ядра и гребни грядообразных возвышенностей сложены магматическими горными породами, формирующими интрузивные тела, предположительно, дайки. Драгированием подтверждено наличие в районе вулканитов основного–среднего состава [9]. Склоны возвышенностей сложены слоистыми осадочными горными породами таврической серии. Основное направление гряд (45°–60°) совпадает с простиранием

основных структур мегантиклинория Крыма и глубинного разлома в зоне его сочленения со Скифской плитой.

В зоне контакта с интрузивами наблюдается дробление вмещающих пород, что находит своё отражение в рельефе в виде локальных узких линейных понижений шириной и глубиной около 15 м. К контактными зонам приурочены специфические образования, представляющие собой полые разветвленно-трубообразные пористые известково-бактериальные структуры с неровной бугристой поверхностью. Именно с такими образованиями связаны зафиксированные с помощью видеоаппаратуры подводные газовыделения на материковом склоне северо-западной части Чёрного моря. Средний размер газопроводящих структур 60–150 см в высоту при диаметре до 40–50 см. Подобные образования распространены практически на всём северочерноморском материковом склоне и, несмотря на дискретность проявлений и небольшие размеры (до 1,5 м), должны быть выделены в особую фазию. Газопроводящие структуры являются непосредственным результатом жизнедеятельности метанотрофных бактерий, плёнки которых были обнаружены в верхней части “труб” [7,8]. На момент проведения наблюдений из ПОА в районе исследований газовой выделение не обнаружены, но определённая гидротермальная активность вполне вероятна в зонах контакта магматических и осадочных горных пород.

Грядовый террасированный рельеф является результатом воздействия на горные породы комплекса субаэральной и аквальной эрозии и отражает длительный и сложный процесс погружения материковой окраины. По наблюдениям из ПОА в районе исследований сколь-либо значимых течений нет. Отсутствуют также косвенные признаки наличия таких течений в виде знаков ряби. Лишь иногда фиксировалось слабое (до 5 см/сек) течение западного направления, что соответствует генеральному направлению северокрымского глубинного участка Крымского течения [4], направленного против часовой стрелки и являющегося частью основного течения Чёрного моря. Наклонные поверхности с углами наклона до 35° являются зонами современного осадконакопления. Донный осадок в основании склона, на террасах и вершинах скальных гряд визуально мало отличается. Это серые слабопесчанистые илы, перекрытые слоем рыхлого, существенно органического детритного материала мощностью до 30 см. Органогенный слой представляет собой тяжелую суспензию, не разлетающуюся мутьевым облаком при касании ПОА.

Перемещение донных осадков вниз по склону происходит катастрофично при накоплении критических масс на наклонных плоскостях и по эрозионным врезам. Последние представляют собой разветвлённую сеть, состоящую из “притоков” разного порядка, соединяющихся в желоба, выходящие непосредственно к основанию материкового склона. Исследованная часть материкового склона является, преимущественно, зоной транзита осадочного материала, современное осадконакопление играет подчинённую роль. Различные флотационные характеристики позволяют даже после катастрофического схода осадков быстро перераспределяться в соот-

ветствии с удельным весом фракций и принимать структуру наслоения, близкую к исходной.

Сочетание современных донных осадков, магматических и литифицированных осадочных горных пород, обнажающихся на уступах склона, на эрозионных гребнях, внутри и на бортах секущих эрозионных врезов, создаёт весьма сложную структуру ландшафта эрозионно-аккумулятивного материкового склона, сформированного на структурно-денудационном основании сложного состава с мозаичным, линейным, зональным и дискретным распределением фаций. Распределение основных комплексов фаций в пределах этой части склона показано на схематическом ландшафтном профиле (рис. 2).

На глубинах свыше 1720 м нижняя часть материкового склона переходит в *континентальное подножие*, ландшафт которого в районе исследований имеет ряд специфических черт, характерных, тем не менее, для подножия ЛПМ. Непосредственно у основания склона субгоризонтальная поверхность дна подножия плавно увеличивает крутизну, достигая уклона около 35° , и на поверхностях с большими углами наклона лишена покрова осадков. Очевидно, угол 35° близок к критическому углу естественного наклона для водонасыщенных илов этого района. На наклонной плоскости отмечены локальные бугорки, холмы, следы скатывания и оползания склонового материала. Современные донные осадки обрамляют и перекрывают круто уходящие под них скальные гряды. На глубинах свыше 1750 м верхняя часть материкового подножия представляет собой пологонаклонную на юг-юго-восток ($3^\circ-5^\circ$ до 15°) слабоволнистую аккумулятивную равнину (см. рис. 1, 2), сложенную современными существенно илистыми осадками, повсеместно перекрытыми довольно мощным (1 м, иногда более) слоем рыхлой, но тяжёлой органогенной взвеси. Ширина окаймляющей равни-

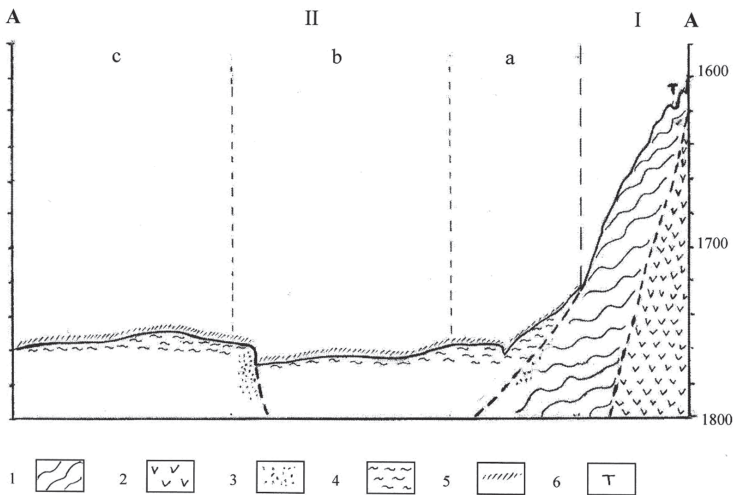


Рис.2. Ландшафтный профиль по линии А-А: I, II - ландшафтные зоны: I - нижней части материкового склона, II - материкового подножия; a, b, c - урочища: a - аккумулятивного шлейфа, b - присклоновой долины, c - равнины материкового подножия; 1-6 комплексы фаций: 1 - пород таврической серии, 2 - интрузий даек, 3 - песчаного цоколя русла присклоновой долины, 4 - голоценовых илов, 5 - современной органогенной взвеси, 6 - бактериокарбонатных образований.

ны составляет от 150 до 1800 м. Присклоновая окаймляющая аккумулятивная равнина образовалась, в основном, за счёт плоскостного транзита осадков и отложений конусов выноса эрозионных врезов материкового склона. В нижней части каждый врез имеет асимметричный профиль с явно выраженным более высоким и крутым “подмываемым” правым бортом. При этом, правые борта желобов в устьевой части имеют отчётливо выраженный серповидный загиб влево, под влиянием силы Кориолиса и постоянного давления потока осадочных масс вдоль основания материкового склона на юго-восток. Борты желобов в устьевой части более или менее явно обвалованы. Урочище присклонового шлейфа, сложенного переотложенными склоновыми и турбидитными фациями, является зоной преобладания аккумуляции.

Практически параллельно контуру нижней границы континентального склона обнаружен уступ с превышением высоты до 8 метров, ограничивающий широкую (до 3 км) и протяжённую более чем на 65 км [9] присклоновую подводную долину (ПД) (см. рис. 1, 2). Правый склон долины крутой, почти отвесный, что соответствует действию силы Кориолиса, а левый – пологий с максимальными углами наклона до 10° ограничивается шлейфом присклоновых отложений с углами наклона до 35°. Транзит осадочного материала по присклоновой долине частично перекомпенсирован склоновыми осадками, но носит стабильный характер, что позволяет сохранять уступ не перекрытым современными отложениями. Подтверждением этому является и изгиб устьевой части эрозионных врезов, транспортирующих транзитный осадок материкового склона. Крутой борт долины, примыкающий к материковому подножию, сложен песком, который к тому же хорошо окатан и сортирован, что подтверждено драгированием. Это обстоятельство, а также отсутствие в песке морской фауны, позволяет говорить о флювиальной стадии развития ПД. Последняя структурно принадлежит к системе немногочисленных каньонов материкового склона и континентального подножия северо-западной части Чёрного моря, ориентированных на юг-юго-восток, и контролируется единой системой разломов. При этом ПД, вероятно, заложена по самому крупному глубинному Одесско-Синопскому разлому мантийного заложения [7], ограничивающему Западночерноморскую впадину с востока. Судя по карте развития палеоречной сети [7: рис. 23], ПД является палеоруслом крупной водной артерии, образованной при слиянии палео-Каланчака и пра-Днепра, которую можно назвать “палео-Борисфен” по античному наименованию Днепра. Остальные каньонообразные долины не выходят за пределы верхней части материкового подножия, в то время как “эстуарий” палео-Борисфена на долготе 33°30' впадает в замкнутую депрессию с глубинами до 1850 м [9]. Очевидно, что стабильное погружение, испытываемое этой депрессией, обеспечивает положение базиса эрозии, необходимого для постоянного транзита вязко-текучего осадочного материала по руслу.

Специфические особенности ПД позволяют выделить её в особое ландшафтное урочище русла палео-Борисфена, сложенное (?) неогеновыми песками и заполненное современными склоновыми и турбидитными суще-

ственно илистыми осадками, которые перекрыты более чем метровым современным рыхлым слоем существенно органического происхождения. Слой органической суспензии может превышать 1,5 м. Поверхность материкового подножия, примыкающая к присклоновой долине, представляет собой субгоризонтальную (до 5°) пологонаклонную на юг-юго-восток аккумулятивную равнину, сложенную, как минимум на 3 м от поверхности, голоценовыми илистыми грунтами [10]. Поверхность равнины покрыта метровым и более слоем рыхлого органогенного осадка, аналогичного описанному для материкового склона. Этот слой, являющийся результатом осаждения неокисленного органогенного детрита, представляет собой особую *фацию*, которая должна стать источником углеводов последующих геологических эпох. О том, насколько существенную роль в ландшафте материкового склона и материкового подножия играет эта фация, можно понять только по наблюдениям *in situ*, поскольку обычными средствами проботбора этот рыхлый слой зафиксировать в полном объёме невозможно. Обращает внимание зрительно зафиксированный двухкомпонентный состав поверхностного осадка: белый неправильной формы упругий органогенный детрит и тёмнобурые слизистые волокнистые образования. Из ПОА были отмечены ветви и даже целые деревья, погруженные в рыхлую поверхностную толщу. По возможности погружения в органическую суспензию ПОА можно утверждать, что её мощность может достигать 2,5 м. Предметы естественного и антропогенного происхождения могут быть полностью погружены в осадок, оставляя на ровной поверхности слегка углублённые овальные или квазиизометричные пятна с неровными краями. Накопление значительного количества современной органики связано с наблюдаемым в последние десятилетия явлением эвтрофикации Чёрного моря.

Общий структурный план ландшафта юго-западной материковой окраины Крыма определён тектоническими разломами, преимущественно диагональной ориентировки. “Диагональная” тектоника играет весьма существенную роль в формировании структур всей северной части Чёрного моря. Об этом свидетельствуют положение и береговых линий, и бровки шельфа, и основных каньонообразных долин материковой окраины. Гряды Керченско-Таманского шельфа и валообразные положительные формы рельефа материкового склона простираются, преимущественно, с ЮЗ на СВ [12]. В северо-западной части Чёрного моря выделения газов и ассоциированные с ними бактериально-известковые образования также приурочены к грядам северо-западного простирания, сложенным сарматскими известняками. Это указывает на общность тектонических разломов, контролирующих газопроявления.

Логично границу между континентальным склоном и подножием провести по структурному разлому, и фактически она проходит в районе исследований по таковому, маркируемому палеоруслом. Отнесение присклонового шлейфа к континентальному подножию несколько условно и отражает единство осадочного чехла, являющегося также важной определяющей характеристикой этой структуры. Для целей ландшафтного районирования эта характеристика более приоритетна.

Структура исследованного ландшафта является результатом взаимодействия тектоники, геологического строения района, древнего и современного осадконакопления, эрозионных процессов и биотических факторов. Последние играют существенную роль, формируя две фации, несмотря на сероводородную, а priori абиотическую, среду. Обе биогенные фации представляют интерес в связи с проблематикой углеводородного сырья: бактериокарбонатная фация является результатом утилизации метана, мигрирующего сквозь толщу горных пород, а биодетритная – служит основой образования запасов углеводородов будущего.

1. Емельянов В.А., Митропольский А.Ю. и др. Геоэкология Черноморского шельфа Украины. – К.: Академперіодика. 2004. – 295 с.
2. Леонтьев О.К., Сафьянов Г.А. Каньоны под морем. - М.: Мысль. 1973. - с.
3. Мельник В.И. Подводные каньоны Чёрного моря // Геологический журнал. – К. 1986. № 3. - С.72- 79.
4. Новицкий В. П. Вертикальное строение водной толщи и общие черты циркуляции вод Черного моря. 1964- Тр. Аз-Черномор. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии, , вып. 23, С. 3-22.
5. Петров К.М. Подводные ландшафты. Теория, методы исследования. – Л.: Наука, 1989. – 126 с.
6. Шнюков Е.Ф., Щербаков И.Б., Шнюкова Е.Е. Ломоносовский подводный массив: новые данные к решению проблемы формирования Черноморской впадины // Геология и полезные ископаемые Чёрного моря. – К.: Карбон-Лтд, 1999. – С. 27-38.
7. Шнюков Е.Ф., Зиборов А.П. Минеральные богатства Чёрного моря.- К., 2004. - 277 с.
8. Шнюков Е.Ф., Кутный В.А. и др. К минералогии карбонатных образований газовых источников Чёрного моря// Геология и полезные ископаемые Мирового океана – К.: ОМГОР НАН Украины. – 2006. – № 3. – С. 69 – 81.
9. Шнюкова Е.Е., Пасынков А.А. Магматизм как фактор рельефообразования Ломоносовского подводного массива (континентальный склон Чёрного моря). // Геол. журн.- 2003. – № 1. – С.74-79.
10. Щербаков Ф.А., Курпин П.Н., и др. Осадконакопление на континентальной окраине Чёрного моря. - М.: Наука. 1978. – 211с.
11. Щербаков Ф.А. Некоторые особенности седиментогенеза на континентальной окраине Чёрного моря. 1978.Океанология: XVIII, вып.5. М.: Наука. С. 880-885.
12. Щербаков Р.А., Чистяков А.А. Структурно- геоморфологическая характеристика шельфа Керченского и Таманского полуостровов // Геоморфология. -1980. - №2. - С. 80- 85.

Комплексні океанологічні дослідження із застосуванням підводного заселеного апарату Север-2, разом з проведеною галсовим батиметричним зніманням і площинним випробуванням гірських порід і донних осадів, дозволили описати структуру ландшафту нижньої частини материкового схилу і зони, перехідної до материкового підніжжя. Звертається увага на істотну роль сучасних біогенних фацій в сірководневій зоні.

Complex oceanological researches with the use of the submarine manned vehicle Sever- 2, along with bathymetrical survey and area sampling of rocks and bottom sediments conducted, allowed to describe the landscape structure of continental slope lower part and area going to the continental rise. Attention given on the important role of modern biogenic facies in sulphuretted hydrogen water layer.