

УДК 550.3:552.181(262.81)

## УТОЧНЕНИЕ ПУТЕЙ ПЕРЕНОСА ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА В СРЕДНЕМ КАСПИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ И СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

*В.А. Путанс, Н.В. Козина, М.И. Ждан*

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

Поступила в редакцию 11.12.12

Сложный рельеф современного дна Каспийского моря и географическая близость кардинально различных источников сноса обуславливают трудности в определении путей перемещения осадочного материала. Для их реконструкции использованы анализ минералов тяжелой крупноалевритовой подфракции (0,1–0,05 мм), интерпретация сейсмоакустических профилей высокого и сверхвысокого разрешения и опробование донных осадков. В результате выявлены области, откуда осадки были перемещены суспензионными потоками вниз по склону. Для этих областей помимо перерывов в осадконакоплении характерен расчлененный рельеф, происхождение которого связано с эрозионной деятельностью этих потоков. Подтверждены существующие представления и уточнена роль системы каньонов на Мангышлакском пороге.

*Ключевые слова:* осадки, транспортировка, суспензионные потоки, подводные каньоны, Каспийской море.

### Введение и постановка проблемы

Каспийское море — один из крупнейших бессточных водоемов земного шара и сочетает аридный (пример — Аральское море) и гумидный (пример — Черное море) типы осадочного процесса. Водосборный бассейн захватывает значительную часть Русской равнины, Кавказ, северные склоны Эльбурса и Хорасана и западную часть Туранской низменности. С восточного побережья речной сток практически отсутствует. Отношение площади водосбора (3,6 млн км<sup>2</sup>) к площади самого моря (371 тыс. км<sup>2</sup>) равно 9,7, что говорит о высокой интенсивности питания моря обломочным материалом, которая в свою очередь обеспечивает большую скорость осадконакопления в Среднем Каспии (1,5 мм в год) (Куприн, Багиров, 1971).

Одна из особенностей Каспия — большая изменчивость его уровня. В связи с этим экзогенные и эндогенные процессы здесь редко действуют изолированно. Так, на шельфе тектонический фактор не столько сам создает формы рельефа, сколько стимулирует усиление тех или иных экзогенных процессов в местах поднятий или опусканий. В глубоководной области рельеф часто связан с тектоническими движениями, но его формы значительно переработаны экзогенными процессами. Широко распространены размыв вершин течениями, выравнивание склонов и их подножий в результате нормальной седиментации, усложнение рельефа склонов и подножий при оползании осадков (Маев, Козлов, 1979).

Географически Каспий условно делят на три части: Северный — равнинный шельф, который отделяется Мангышлакским порогом от Среднего Каспия и его одноименной котловины. Далее за Апшеронским порогом лежит самый глубоководный Южный Каспий.

На склонах котловин наряду с процессами нормального осадконакопления наблюдаются оползни и суспензионные течения, деятельность которых заслуживает особенного рассмотрения, поскольку они переносят значительные массы осадочного материала в области ложа абиссальных котловин. Знание современных путей такого переноса дает возможность точнее выявить связь экзогенных и эндогенных процессов с последующей реконструкцией палеогеографических обстановок, а также вносит вклад в развитие представлений об инженерно-геологической ситуации на Каспии.

### Методика исследования

Недавние исследования Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН включали в себя сейсмоакустические профили высокого и сверхвысокого разрешения и опробование донных осадков в разных частях Среднего Каспия (рис. 1).

Сейсмоакустические данные получены с помощью системы высокоразрешающего параметрического профилографа «SES-2000-standard» и прибора CHIRP-II (Datasonics) со свип-сигналом (табл. 1). Обработка сейсмоакустических данных осуществлялась в специа-

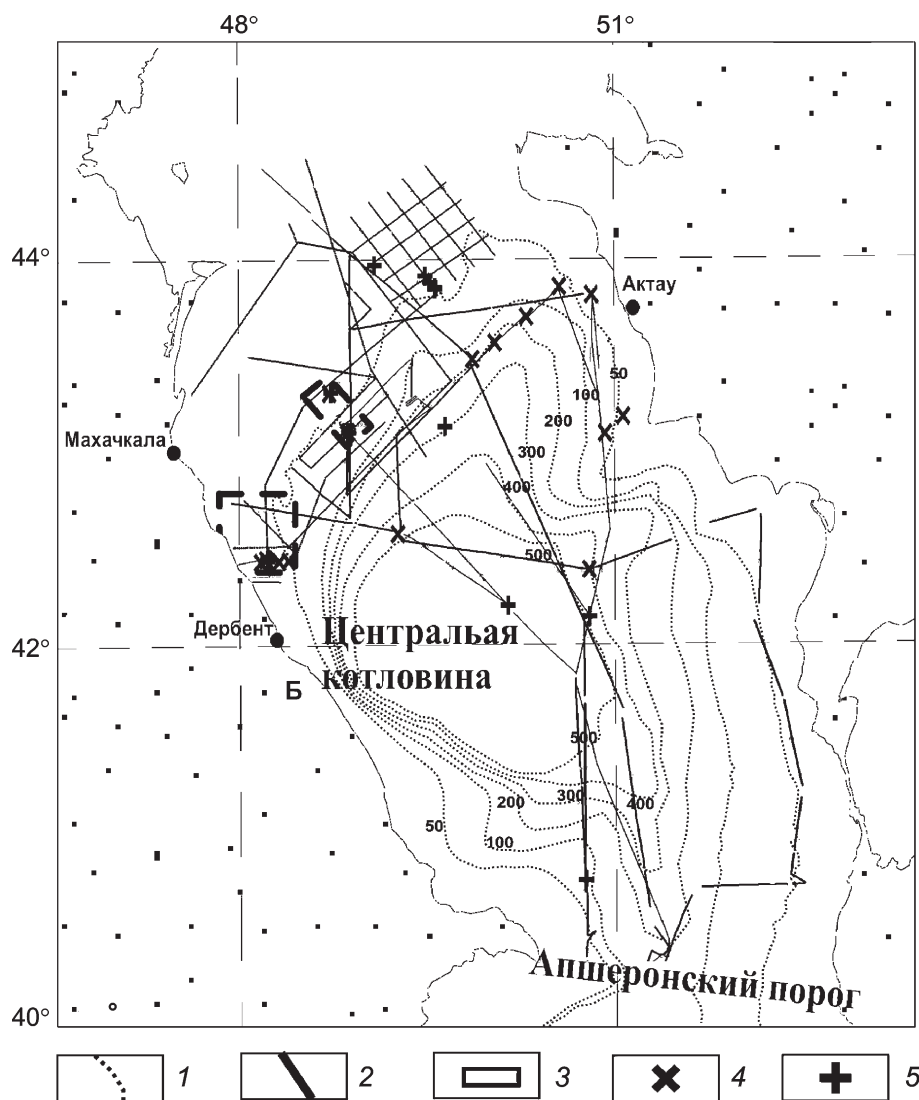


Рис. 1. Карта фактического материала.

1 — изобаты; 2 — сейсмоакустические профили; 3 — границы полигонов; 4 — точки отбора проб дночерпателем; 5 — точки отбора проб гравитационными трубками

лизированных программных пакетах ISE 3.2 и ChirpII. Для интерпретации применялся программный пакет Kingdom Suite 2d/3d, карты строились в Surfer.

Отбор проб осуществлялся гравитационным пробоотборником с диаметром 15 см, длиной 4 м, для отбора проб с поверхности (0–5 см) использовался малый пневматический дночерпатель. Для изучения минералогического состава поверхностные донные

осадки были разделены по стандартной методике Петелина до фракции 0,1–0,05 мм, которая является наиболее информативной для исследования минералов тяжелой подфракции. Проба крупноалевритовой размерности (0,1–0,05 мм) помещалась в делительные воронки объемом 250 мл и при добавлении тяжелой жидкости бромформ (плотность 2,899 г/см<sup>3</sup>) разделялась на тяжелую и легкую подфракции. Минералы тяжелой подфракции закреплялись на стеклянные пластинки при помощи канадского бальзама с показателем преломления 1,55 и изучались под оптическим микроскопом. В каждой пробе подсчитывалось 300–400 зерен. Относительное содержание каждого минерала высчитывалось как процент от общего количества зерен минералов, определенных в пробе.

### Результаты исследований

В изобатах современного морского дна на Мангышлакском пороге прослеживаются врезы. Эта система каналов представляет собой характерную черту рельефа современного дна и хорошо проявляется на сейсмоакустических разрезах (рис. 2). В целом можно выделить два типа каналов: 1) большая система каналов и сопутствующие им валы, осложненные осадочными волнами (Путанс, 2010); погребенные русла прослеживаются вплоть до

тюркянского времени (700 тыс. лет назад); расположена на западной части порога; 2) небольшие, иногда погребенные русла каналов; прирусловые валы выражены плохо, на нижних уровнях разреза врезы не прослеживаются; система располагается в восточной части Мангышлакского порога.

Далее на восток происходит выполаживание дна и появляются волнообразные формы с плоскими вершинами длиной от 300 м до 2 км и высотой до 10 м, которые сходят на нет к югу, превращаясь в пологий склон Апшеронского порога. На этом склоне не наблюдается регулярных форм и образований, только отдельные воронкообразные либо ступенчатые понижения.

К северу от Апшеронского порога изобаты описывают крутую дугу, а угол наклона склона увеличивается (с 0,3 до 1,3°). Западный

Параметры сейсмоакустического оборудования

Прибор/Источник	Описание	Частота, кГц	Глубина проникновения сигнала, м	Вертикальное разрешение, м
SES-2000 Standard	эхолот + сейсмоакустическое профилирование (тоновый сигнал)	100 4–12	10–50	0,05–0,15
CHIRP-II	сейсмоакустический профилограф (свип-сигнал)	2–7	2–50	0,2–0,5

Таблица 1

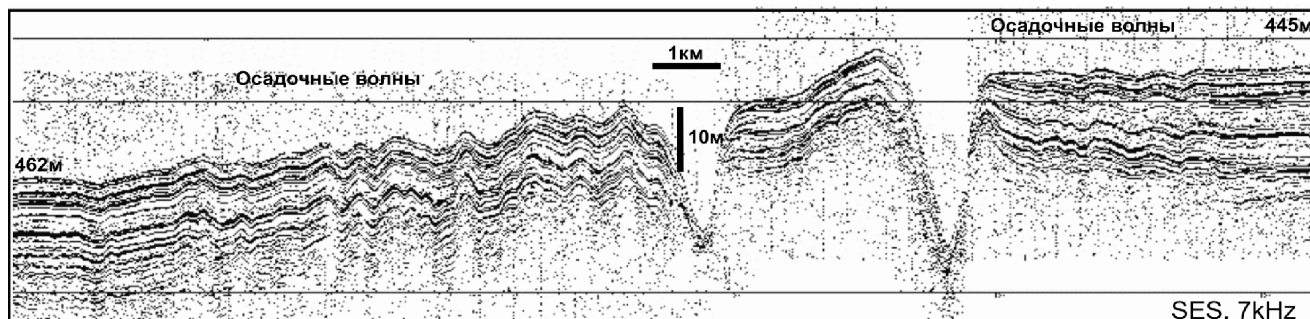


Рис. 2. Пример сейсмоакустической записи системы каньонов на северном склоне Центральной котловины (Мангышлакский порог)

(Дербентский) склон котловины Среднего Каспия характеризуется огромным полем осадочных волн (образования длиной до 1 км, высотой до 20 м), которое развивалось на протяжении последних 700 тыс. лет (Путанс, 2012).

Дно самой котловины практически горизонтально. В самой глубокой его части наблюдается зона сейсмоакустических аномалий, где происходят сильное рассеивание и дифракция сигнала. Границы этой зоны на сейсмоакустических разрезах очень резкие. Тем не менее геологическое опробование и минералогический анализ не показывают никаких аномалий. Возможно, нарушения волнового поля и акустической слоистости связаны с повышенным флюидопотоком.

### Геологическое опробование и минералогический анализ

Осадочный покров котловины и ее южного склона сложен тонкими илами, часто разжиженными, с прослоями гидротроилита. В то же время осадки западного склона содержат большое количество прослоев и линз мелко-тонкопесчаного и/или алевритового материала мощностью от 1 мм до 2 см. Для системы каньонов на северном склоне характерны мягкие осадки, разуплотненные в заполнении врезов, лежащие на существенно более прочных песчаных отложениях с многочисленными прослоями и линзами мелкозернистого песка и алеврита. Далее на восток начинают преобладать мелкие фракции, пока осадок не превращается в тончайшие илы.

Результаты минералогического анализа по Средней котловине в целом (табл. 2) показывают следующее:

- группа устойчивых минералов достигает максимальных содержаний у берегов и вблизи источников сноса;
- содержание слюд увеличивается от берега в сторону глубоководья;
- в восточной части Центрального Каспия преобладают слюды и карбонаты, а также аутигенный пирит;

— осадки впадины Среднего Каспия сложены преимущественно слюдами (биотит, мусковит), эпидотом, карбонатами (кальцит, доломит) и рудными минералами. Также встречен лимонит.

### Обсуждение результатов

Днища глубоководных котловин обычно представляют собой области аккумуляции, связанной не только с нормальным процессом осадконакопления, но и с деятельностью суспензионных потоков, что приводит к формированию почти идеально выровненных горизонтальных поверхностей.

Проведенный предшествующими исследователями (Куприн, Багиров, 1971) анализ мощностей ново-

Таблица 2

Относительный минеральный состав аллювия рек и современных донных осадков

Минералы	Волга	Терек*	Урал*	Северный Каспий**	Средний Каспий		
					западная часть	центральная часть	восточная часть
Устойчивые минералы	+++	++	++	+++	+++	++	+
Амфиболы	+++	++	+++	++	++	+	+
Гр. эпидота	+++	+	+++	+++	++	+	++
Пироксены	+	+++	+	+	+++	+	+
Кианит	++	+	+	++	+	++	+
Ставролит		+		+	+		
Слюды		+			++	+++	+++
Карбонаты				+	+	+++	+++
Хлорит		+++		+	++		
Пирит				+	++	+++	++
Рудные минералы	+++	++	+++	+++	+++	++	+

Примечание: +++ — большое содержание минерального компонента (>20% от тяжелой фракции); ++ — среднее содержание минерального компонента (от 5 до 20% от тяжелой фракции); + — низкое содержание (иногда единичные зерна) минерального компонента (<5% от тяжелой фракции).

\*По данным М.В. Кленовой и др. (1962).

\*\*По данным Ю.П. Хрусталева (1978).



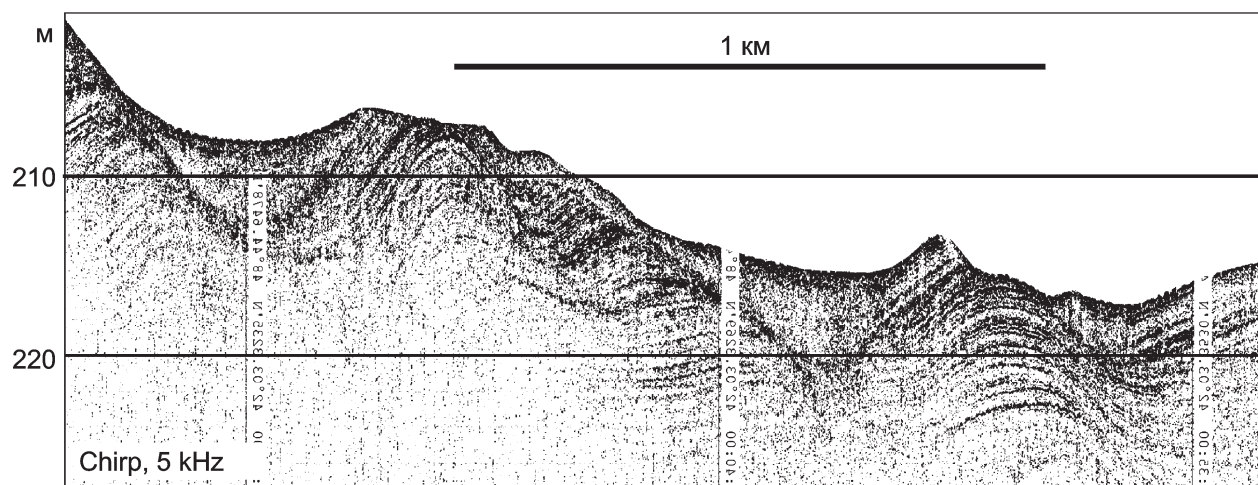


Рис. 3. Пример сейсмоакустической записи на западном склоне Центральной котловины. Видна эрозия донных форм

каспийских отложений показывает, что на Каспии максимальная скорость осадконакопления отмечается в середине шельфа и у подножия материкового склона. Ими же установлено, что вследствие значительного развития химического выветривания, которое преобладает в водосборном бассейне, в осадках Каспийского моря доминируют алевритовая и особенно пелитовая фракции. Доля алевритового вещества, выносимого в море, увеличивается по направлению к горным областям.

Проведенное исследование в целом согласуется с результатами предшествующих лет и уточняет их. Из табл. 2 видно, что характерные для Волги устойчивые и рудные минералы встречаются в западной части Среднего Каспия, включая склон, а также далеко на юге и востоке глубоководной котловины. Это означает, что большую роль в переносе осадков играют поверхностные течения (перенос на западный склон) и что система каньонов мангышлакского порога является активной, распределяя суспензионные потоки в юго-восточном и восточном направлениях.

Активные придонные потоки должны неизбежно влиять на морфологию дна и строение осадочной толщи. И действительно, по данным сейсмоакустических исследований выделяются эрозионные формы рельефа, особенно ярко выраженные на западном склоне. Так, сформированные мутьевыми пото-

ками осадочные волны, активно размываются (рис. 3), а у самого подножия наблюдается эрозионный врез, который протягивается с севера на юг. В то же время волнообразные формы донного рельефа на восточном склоне относятся к постседиментационным деформациям типа крип. Здесь же придонное течение постепенно исчезает, сменяясь зоной апвеллинга (Амбросимов и др., 2010). Тонкозернистые осадки по минеральному составу характерны для Туранской низменности и, очевидно, были привнесены эоловым переносом.

Комплексная интерпретация показывает, что гигантская система совместного конуса Волги, Терека и Сулака активна до сих пор, контурное течение у подножия склонов Дербентской котловины в настоящее время, скорее, размывает, чем переносит и перераспределяет осадки, и ответственно за формирование эрозионных форм рельефа, а под зоной апвеллинга на восточном склоне преобладает гравитационное оползание осадков, доставленных туда эоловым переносом. Таким образом, результаты исследования подтверждают и уточняют существующие представления о путях переноса вещества в Среднем Каспии.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 12-05-31302.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Амбросимов А.К., Либина Н.В., Корж А.О. Инструментальные наблюдения изменчивости гидрофизического режима Среднего Каспия в июле 2008 г. // Экологические системы и приборы. 2010. № 6. С. 24–35.
- Кленова М.В., Соловьев В.Ф., Алексина И.А. и др. Геологическое строение подводного склона Каспийского моря. М., 1962. 637 с.
- Куприн П.И., Багиров В.И. К познанию условий формирования донных отложений Среднего и Южного Каспия // Комплексные исследования Каспийского моря. Вып. 2. М.: Изд-во Московского ун-та, 1971.
- Маев Е.Г., Козлов В.Б. Рельефообразующая роль экзогенных процессов на дне Каспийского моря // Комплексные исследования Каспийского моря. Вып. 6. М.: Изд-во Московского ун-та, 1979.
- Путанс В.А. Осадочные волны Среднего Каспия: Автореф. канд. дис. М.: Моск. ун-та, 2010. 28 с.
- Путанс В.А. Осадочные волны на западном склоне Дербентской котловины Каспийского моря // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2012. Т. 87, вып. 4. С. 20–31.
- Хрусталева Ю.П. Закономерности современного осадконакопления в Северном Каспии. Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1978. 206 с.

**ELABORATION OF SEDIMENT TRANSPORT PATHWAYS  
IN MIDDLE CASPIAN SEA BY INTEGRATED INTERPRETATION  
OF GEOLOGICAL AND HIGH-RESOLUTION SEISMOACOUSTIC DATA**

*V.A. Putans, N.V. Kozina, M.I. Zhdan*

Complicated relief of the sea bottom and neighborhood of material sources of absolutely different types make the Caspian Sea by unique area with really complex sediment pattern. Analysis of heavy minerals in silt fraction (0,1—0,005 mm) is one of the most important features to detect feeding provinces and sediment transport pathways. During recent research on the Caspian Sea P.P. Shirshov Institute of Oceanology obtained ultra-high resolution seismoacoustic profiles and geological cores. Integrated interpretation of these data revealed sources of suspension flows feeding. As well some erosional forms were found. Research results confirm general knowledge about the area.

*Key words:* sediments, transport, suspension flows, submarine canyons, Caspian Sea.

**Сведения об авторах:** *Путанс Виктория Албертсовна* — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр. лаб. сейсмостратиграфии Ин-та океанологии РАН, *e-mail:* vitaru@ocean.ru; *Козина Нина Владимировна* — аспирантка лаб. физико-геологических исследований Ин-та океанологии РАН, *e-mail:* kozina\_nina@bk.ru; *Ждан Мария Ивановна* — инженер лаб. сейсмостратиграфии Ин-та океанологии РАН, *e-mail:* mashanya\_z@mail.ru