

УДК 551.462.34:[556.3:550.812]:626.8](262.5)

Е. Ф. Шнюков, С. А. Клеценко, Л. И. Митин

Исследования в подводных каньонах как новый метод поисков субмаринных источников

Приводятся результаты комплексных океанографических и гидролого-гидрогеохимических исследований в верховьях каньонов в зонах шельфа и материкового склона Черного моря на участке от мыса Херсонес до мыса Меганом, направленных на выявление роли каньонов в субмаринной разгрузке подземных вод, что отражает новый методический подход к проблеме поисков субмаринных источников.

Подземные воды являются одним из основных источников пресной воды, используемой для удовлетворения постоянно растущих потребностей народного хозяйства. На их долю приходится около 14 % единовременных запасов пресных вод, в то время как озера и реки содержат менее 1 %. Поэтому региональная оценка естественных ресурсов подземных вод, одним из компонентов баланса которых в прибрежных районах является субмаринная разгрузка, вызывает большой интерес в связи с необходимостью решения многочисленных теоретических и прикладных задач гидрогеологии и морской геологии. Особенно актуальна проблема оценки субмаринной разгрузки для Крыма, где в условиях острого дефицита пресных вод субмаринные воды могут служить дополнительным источником водоснабжения. Примеры использования вод субмаринных источников для целей водоснабжения описаны как в отечественной, так и в зарубежной литературе [4, 23]. Поскольку субмаринная разгрузка вносит изменения в гидрологические и гидрохимические характеристики водных масс, ее изучение представляет интерес для океанологии, гидрографии, акустики, экологии и т. п.

Различают рассредоточенную и сосредоточенную субмаринную разгрузку. Последняя проявляется в виде источников, причем 95 % из описанных в литературе источников связаны с водоносными горизонтами в трещиноватых породах, а наиболее водообильные из них выявлены в карстовых районах [23].

Субмаринные источники известны с античных времен и детально описаны в ряде работ [10—12, 23]. Обычно они располагаются на умеренных глубинах, на расстоянии от нескольких метров до 4 км от уреза воды, но иногда встречаются на глубинах до 700 м и на больших расстояниях от берега [11, 15, 23]. В Черном море субмаринные источники широко распространены на Кавказе и в Крыму [1, 20, 10—12]. На Кавказе многочисленны вдольбереговые и глубинные (до 100—400 м) субмаринные источники обнаружены в местах выходов карбонатных пород на участке Гагра — Гантиади [1, 20, 10]. В Крыму субмаринные источники, разгружающиеся по системам обводненных трещин, известны в районе Фороса и Аюдага [20, 10]. Масштабная субмаринная разгрузка подземных вод яйл предполагается в районе Байдарской котловины [2]. Пространственно области субмаринной разгрузки тяготеют к горным сооружениям, примыкающим к морю, и связаны с тектоническими зонами, обширными карстовыми массивами, где закарстованные известняки слагают не только прибрежные горные массивы, но и прилегающее

морское дно [4]. Глубоководные источники обусловлены, как правило, наличием крупных локальных дизъюнктивных зон [8].

В структурно-гидрогеологическом отношении области субмаринной разгрузки являются частью прибрежно-шельфовых артезианских бассейнов, разделяющихся на субаэральную и субмаринную составляющие, которые с гидрогеологических позиций представляют единое целое. На суше дренирование водоносных горизонтов осуществляется преимущественно овражно-балочной сетью и реками. Долины рек, а часто и связанные с ними цепи карстовых воронок обычно приурочены к линиям тектонических нарушений и в море прослеживаются в виде подводных долин и каньонов [22]. Большинство каньонов, всего вероятнее, также имеет тектоническое происхождение [10, 15, 18]. Таким образом, каньоны, трассирующие зоны тектонических нарушений, имеют, по нашему мнению, гидравлическую связь с областями питания трещинных и карстовых вод и служат естественными дренами, осуществляющими субмаринную разгрузку подземных вод. По структурным и гидродинамическим особенностям наиболее перспективными для поисков субмаринных источников являются верховья каньонов, которые пространственно примыкают к кромке шельфа, а нередко внедряются далеко в его пределы. Все это и послужило предпосылкой поисков субмаринных источников в местах выходов коренных пород в верховьях каньонов, в чем и состоит новый методический подход к решению этого вопроса.

По гидрогеологическим особенностям в Горном Крыму выделяют два структурных этажа. Нижний, сложенный водоупорной толщей пород таврической серии и средней юры, содержит маломощные трещинные воды. Верхний этаж представлен мощной толщей закарстованных верхнеюрских известняков, которые являются главным коллектором подземных вод Горного Крыма. Преобладают трещинно-карстовый и трещинный типы подземных вод, как безнапорных, так и высоконапорных, которые служат основными источниками водоснабжения Южного берега Крыма (ЮБК) [2].

Общие ресурсы вод Горного Крыма оцениваются в 330 млн м³/год [3]. Величина подземного стока юго-западной части Горного Крыма даже по наименее благоприятной оценке составляет 40 млн м³/год, и лишь 12 % из этого количества используется существующими водозаборами [16]. Это свидетельствует о больших потенциальных ресурсах подземных вод в Горном Крыму, которые могут быть использованы для водоснабжения. Наиболее обширной зоной, питающей источники, является зона напорных вод в синклинальных понижениях. Удельная доля этих вод составляет 70 % от общего подземного стока Горного Крыма, значительная часть которого может осуществляться непосредственно в море. Наиболее крупномасштабная субмаринная разгрузка предполагается у мыса Айя. В районе Балаклавской бухты или Мраморной балки субмаринная разгрузка может происходить по разломам на глубине до 1000 м [2].

Исследования, направленные на поиск субмаринных источников, были выполнены в каньонах ЮБК на участке от мыса Херсонес до мыса Меганом во время рейса НИС «Академик Вернадский» в мае 1988 г. С целью проверки полученных данных в августе 1988 г. был выполнен рейс гидрографическим судном — ГС—273. Несмотря на различия в приборном обеспечении судов, эти исследования, в общем, подтвердили полученные в мае 1988 г. результаты, свидетельствующие о наличии распределенных горизонтов в ряде каньонов ЮБК, что обусловлено, по видимому, субмаринной разгрузкой подземных вод.

В структурном отношении акватория материковой окраины ЮБК приурочена к южному крылу Крымского мегантиклинория, разделенного зонами крупных разломов на ряд блоков, различающихся геологическим строением и глубиной залегания разновозрастных пород [14]. Сложен материковый склон ЮБК породами мезо- и кайнозойского возраста. В коренном залегании здесь широко распространены породы таврической серии, средне-верхнеюрские и меловые отложения [5]. Харак-

терной особенностью рельефа дна на склоне являются каньоны. Экспедициями ИГН АН УССР обследовано около 150 каньонов, значительная часть которых находится на материковом склоне ЮБК [21]. Это предполагает важную их роль в субмаринной разгрузке подземных вод Горного Крыма.

Новые материалы по геологическому строению и морфологии каньонов получены во время рейса НИС «Академик Вернадский» в Черное море [22]. Установлено, что склоны каньонов сложены породами мезозоя, палеоцена, эоцена, плиоцена, гурья и более молодыми осадками четвертичного возраста. Результаты драгирования показали, что материковый склон ЮБК имеет неоднородное строение [22, 19]. В частности, на Алуштинском участке на глубинах 240—850 м обнаружены обломочные породы таврической серии, среднеюрские вулканогенно-терригенные образования и верхнеюрские (?) известняки, а на Форосском участке на глубинах 340—1500 м обнаруживаются среднеюрские (?) магматические породы, верхнеюрские известняки, вулканогенно-обломочные породы альбского яруса, а также известняки, мергели и песчаники позднемелового возраста [19].

Особенности геологического строения обуславливают морфологические черты каньонов. Так, каньоны, приуроченные к более молодым участкам склона западнее мыса Айтодор, имеют короткие (6—12 км) крутые тальвеги (до 40°) и крутые склоны (до 40—60°), а каньоны более древнего заложения, расположенные восточнее этого мыса, характеризуются большой протяженностью и меньшими углами наклонов тальвега и склонов [22].

Гидрогеологические исследования акваторий конечных водоемов стока проводятся поэтапно и включают поиск, картирование и детальное изучение очагов субаквальной разгрузки подземных вод. Методика выполнения таких работ в шельфовой зоне в настоящее время достаточно хорошо разработана и подробно изложена в работе [13]. В общих чертах она включает комплексное профилирование в сочетании с измерением тех параметров геофизических и геохимических полей, которые наиболее отчетливо проявляются при разгрузке подземных вод на границе раздела вода — осадок.

Практика выполнения подобных работ в каньонах вообще отсутствует, и поэтому нами, с учетом этапности, типа разгрузки и плавсредств была принята методика работ, предусматривающая комплексное полигонное обследование верховьев каньонов и включающая промер и сейсмоакустическое профилирование с последующим выбором точек непрерывного вертикального зондирования, поинтервального точечного опробования разреза воды батометрами и там, где позволяет обстановка, — колонкового опробования донных отложений.

Вертикальное зондирование на НИС «Академик Вернадский» осуществлялось комплексом «Исток-5». К сожалению, по техническим причинам в данном рейсе возможности прибора не были реализованы в полной мере. Методика исследований описана в работе [22]. В рейсе ГС—273 вертикальное зондирование осуществлялось «АЦИТТом», который позволяет производить лишь дискретные измерения температуры и солености с частотой 30 с, что создает большие трудности с синхронным отбором батометрических проб, необходимым для контроля. Кроме того, этот прибор уступает «Истоку» и в точности измерения параметров, в особенности в зоне «скачка» и на границах холодного промежуточного слоя, что учитывалось нами при выполнении работ. Всего выполнено 120 гидрологических и 5 геологических станций в каньонах Балаклавский, Батилиманский, Сарыч, Алушкинский, Ялтинский, Гурзуфский, Аюдагский, Плака, Кафель, Алуштинский, Малореченский, Судакский. Наиболее детальные исследования проведены на четырех полигонах: Балаклавском, Алуштинском, Судакском и Ялтинском (рис. 1). Распределение гидрохимических параметров изучено более чем по 300 батометрическим пробам преимущественно придонных вод в диапазоне глубин 80—430 м. Выборочно в этих пробах выполнены

химический анализ основных компонентов, определение изотопного состава кислорода, железа, рН и *Еh*. Дискретные данные о распределении температуры и солености получены на 40 станциях комплексом «Исток» и на 70 станциях «АЦИТТом». На 30 станциях выполнена батитермографическая съемка. Эти данные позволяют судить об основных закономерностях распределения отдельных ингредиентов в водной толще исследуемых каньонов.

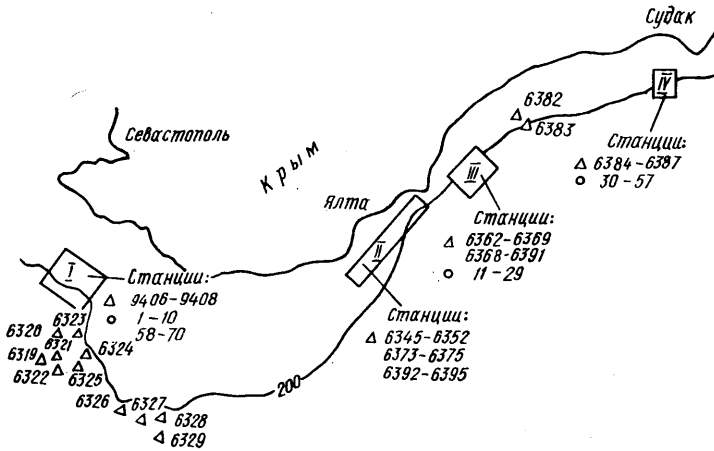


Рис. 1. Схема расположения полигонов и дрейфовых станций на материковой окраине ЮБК
Станции, выполненные: Δ — НИС «Академик Вернадский»; \circ — гидрографическим судном (ГС-273); полигоны: I — Балаклавский, II — Ялтинский, III — Алуштинский, IV — Судакский

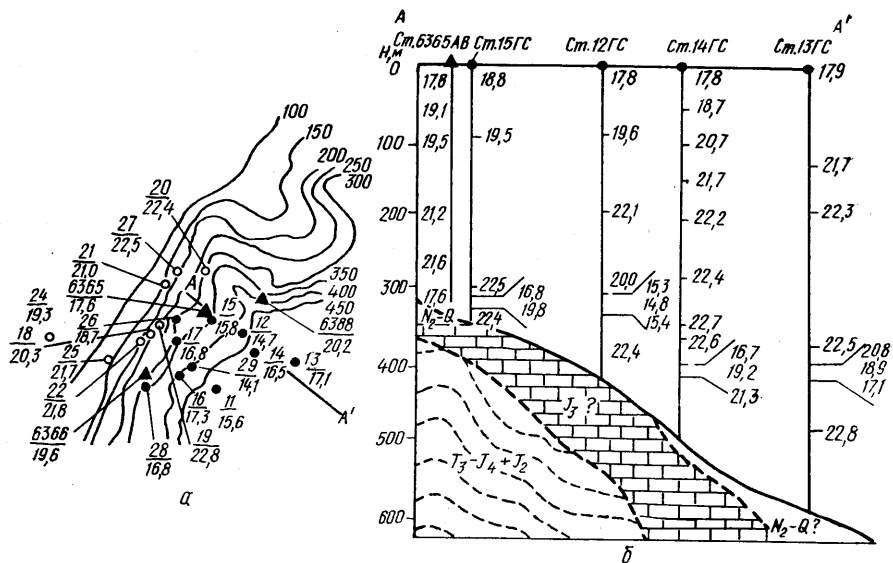


Рис. 2. Схема расположения станций (в числителе — номер станции, в знаменателе — соленость воды, ‰) с аномальной (затушевано) и фоновой соленостью на Алуштинском полигоне (а) и распределение солености (‰) морских вод на профиле вдоль тальвега каньона Кафель (б)

В некоторых каньонах (Судакский, Кафель, Балаклавский) наряду с закономерным повышением солености с глубиной отмечено 29 случаев аномального уменьшения солености, в том числе 5 аномалий зафиксировано благодаря комплексу методов (табл. 1). При этом значения солености, измеренные «АЦИТТом», несколько выше по сравнению с данными, полученными солемером. Вероятно, систематическая ошибка обусловлена конструктивными особенностями измерительной ячейки «АЦИТТа». В табл. 1 приведены измеренные значения

1. Характеристика аномальных зон в исследованных каньонах

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------------|-----|---------|---|----------|-------------|-------------|
| Алуштинский полигон | | | | | | |
| 6365 АВ | 353 | 345—351 | С | σ | 17,65—17,66 | 21,64 |
| | 353 | 345—351 | Г | Cl | 17,62 | 21,80 |
| 15 ГС | 353 | 345—351 | Г | S | 17,59—17,75 | 21,50 |
| | 345 | 331—338 | А | σ | 16,58—17,83 | 22,43 |
| 6366 АВ | 245 | 226—242 | С | σ | 19,72—19,78 | 21,15 |
| | 245 | 226—242 | Г | S | 19,65—19,82 | 21,12 |
| 28 ГС | 348 | 335—344 | А | σ | 16,84—19,40 | 22,51 |
| 6388 АВ | 305 | 222—228 | И | σ | 20,24 | 21,41 |
| | 305 | 295—303 | С | σ | 21,51—21,53 | 21,62 |
| | 305 | 295—303 | Г | Cl | 21,55 | 21,81 |
| 11 ГС | 500 | 372—380 | А | σ | 15,57—15,89 | 22,10—22,52 |
| 12 ГС | 450 | 298—328 | А | σ | 14,74—20,01 | 22,42 |
| 13 ГС | 422 | 408—415 | А | σ | 17,05—21,5 | 22,5 |
| 14 ГС | 471 | 390—402 | А | σ | 16,51—21,3 | 22,25—22,62 |
| 16 ГС | 370 | 343—347 | А | σ | 17,30—19,92 | 22,41—22,68 |
| | 370 | 360 | А | σ | 21,62 | 21,90 |
| 17 ГС | 332 | 260—320 | А | σ | 16,8—21,60 | 22,37—22,45 |
| | 332 | 305—325 | С | σ | 21,54—21,42 | 21,80—21,85 |
| 26 ГС | 333 | 295—300 | А | σ | 18,70—18,80 | 22,50 |
| 29 ГС | 380 | У дна | А | σ | 14,12—18,95 | 22,53—22,69 |
| Судакский полигон | | | | | | |
| 31 ГС | 97 | 90 | А | σ | 16,78—18,64 | 19,10—19,36 |
| 33 ГС | 220 | 210 | А | σ | 15,0—17,30 | 21,32—21,85 |
| 34 ГС | 220 | 210 | А | σ | 15,5—15,6 | 21,5—21,7 |
| 35 ГС | 260 | 250 | А | σ | 15,2—15,6 | 21,7—21,8 |
| 36 ГС | 200 | 190 | А | σ | 16,5—19,8 | 21,6—21,8 |
| 37 ГС | 350 | 330 | А | σ | 15,3—19,8 | 22,2—22,3 |
| | 350 | 320 | С | σ | 20,97 | 21,77—21,80 |
| 55 ГС | 290 | 280 | А | σ | 17,7—20,4 | 22,05—22,15 |
| | 290 | 270 | С | σ | 21,17—21,19 | 21,50 |
| 6384 АВ | 245 | 240 | С | σ | 21,30 | 21,48 |
| | 245 | 240 | Г | Cl | 20,77 | 21,47 |
| 6386 АВ | 110 | 102—108 | С | σ | 17,51—17,56 | 18,33 |
| | 110 | 102—108 | Г | Cl | 18,02 | 19,07 |
| 6387 АВ | 239 | 221—237 | С | σ | 21,05—21,14 | 21,4—21,5 |
| | 239 | 221—237 | Г | Cl | 20,77—21,14 | 21,4—21,5 |
| Балаклавский полигон | | | | | | |
| 5 ГС | 135 | 105 | А | σ | 12,9—14,8 | 19,4—21,5 |
| 6 ГС | 140 | 103—105 | А | σ | 14,7 | 21,3—21,5 |
| | 148 | 103 | А | σ | 18,45 | 21,0—21,5 |
| 61 ГС | 575 | 160 | А | σ | 19,6—21,3 | 21,6—22,1 |
| 6406 АВ | 200 | 194 | С | σ | 20,97 | 21,06—21,11 |
| | 200 | 190—195 | Г | Cl | 20,4—21,4 | 21,8 |
| 6407 АВ | 195 | 184—190 | С | σ | 20,52 | 21,10 |
| | 195 | 187 | Г | Cl | 20,10 | 21,13 |
| 6408 АВ | 325 | 315—320 | С | σ | 20,88 | 21,59 |
| | 325 | 318 | Г | Cl | 20,41 | 21,00 |

Примечание: 1 — номера станций; 2 — глубина станций, м; 3 — интервалы глубин аномальных зон; 4 — метод измерения показателей (С — солемер, Г — гидрохимический, И — «Исток», А — «АЦИТТ»); 5 — измеряемый показатель (σ — электропроводность, Cl — хлорность, S — общая минерализация); 6 — аномальные значения солености, соответствующие измеренным показателям, ‰; 7 — фоновые значения солености, ‰.

солености. Поскольку измерения параметров *in situ* и взятие батометрических проб не совпадают точно по времени, они относятся к разным частям факела и потому различаются по величине. Следует отметить также, что на ряде станций аномалии зафиксированы однократно лишь одним методом (при помощи «АЦИТТа»), что не исключает случайных приборных погрешностей.

На Алуштинском полигоне аномалии солености отмечены на 13 станциях в интервалах глубин 222—415 м (рис. 2). На некоторых стан-

циях аномалии выявлены по комплексу показателей, полученных независимыми методами, причем на ст. 6365 АВ, которая совпадает со ст. 15 ГС, а также на ст. 6366 АВ, расположенной рядом со ст. 28 ГС, — в различные сезоны: благоприятный (весенний) и неблагоприятный (в конце лета). Последнее свидетельствует о постоянном режиме этих субмаринных источников и подтверждает мнение о существовании единого резервуара подземных вод, питающего источники [3, 17].

Весьма уверенно определяется аномалия на ст. 6388 АВ. Понижение солёности зафиксировано здесь «Истоком» *in situ*, а также в батиметрических пробах, проанализированных различными методами на борту. На близко расположенных от нее станциях 12 ГС и 15 ГС аномальные значения солёности установлены также «АЦИТТом». На станциях 16 ГС и 17 ГС аномалии зафиксированы двумя независимыми методами.

Все аномалии обнаружены в каньоне Капель или в непосредственной близости от него, в юго-западном направлении, где каньон Капель после небольшого подъема переходит в соседний каньон (рис. 2). Площадь аномального участка составляет около 2,5 км², минимальное его удаление от берега — 7, максимальное — 8,5 км. Акватория аномального участка приурочена к Южнобережному поднятию. С севера к нему примыкает Восточно-Крымский синклиниорий, характеризующийся наличием крупных сбросо-сдвигов меридионального направления. Широко распространены в синклинории закарстованные обводненные известняки и конгломераты верхнеюрского возраста. В верховьях каньонов нами на сейсмопрофилях зафиксированы выходы коренных пород, об этом же свидетельствуют и литературные данные [14, 19]. По результатам драгирования, эти породы, поднятые в верхней части Алуштинского участка материкового склона с глубин 300—450 м, представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками и сидеритами таврической серии, среднеюрскими туффитами и верхнеюрскими известняками [19]. Характерной особенностью тектоники является наличие здесь разломов и других тектонических нарушений [7, 14]. В частности, на акватории по интенсивной магнитной аномалии прослеживается продолжение Центрально-Крымского разлома [14].

Поскольку большая часть Южнобережного поднятия лежит ниже уровня моря, тектонические нарушения, способствуя установлению гидравлической связи континентального и субмаринного блоков, влияют, вероятно, на интенсивность разгрузки трещинно-карстовых и трещинных вод в море. Существенное воздействие на режим субмаринных источников могут оказывать также неотектонические процессы, приводящие к перераспределению напоров и упругих запасов в водоносных комплексах [15].

Аномальные значения солёности на ряде станций в каньоне Капель зафиксированы на значительном удалении от дна (рис. 2, б). Субмаринная разгрузка здесь возможна с бортов каньона, которые характеризуются большой крутизной и выходами коренных пород, предположительно, верхней юры и (или) таврической серии [14, 19]. Мощность аномального слоя в большинстве случаев колеблется от 6 до 15 м. Иногда наблюдается несколько опресненных струй, суммарная мощность которых достигает 60 м. Поскольку станции дрейфовые, в этих случаях не исключена возможность неоднократного пересечения одной и той же струи в разных уровнях. Протяженность струй достигает сотен метров, однако, из-за отсутствия синхронных инструментальных данных о глубинных течениях об истинной геометрии струй судить трудно.

Судакский каньон приурочен к Судакскому синклинорию, который характеризуется наличием элементов разломной тектоники [14]. На суше расположена лишь часть северного крыла синклинория, сложенного средне- и верхнеюрскими породами. Последние являются главным коллектором карстовых вод. Большая часть синклинория лежит

ниже уровня моря, и тектонические особенности района также являются одним из основных факторов, влияющих на интенсивность стока трещинно-карстовых и трещинных вод в море.

В верховье каньона выполнено 19 дрейфовых станций, на 9 из которых зафиксировано аномальное понижение солёности (рис. 3). Площадь аномального участка составляет около 2,5 км², минимальное удаление от берега — 10 км, максимальное — 11 км. Слабоконтрастные аномалии солёности были обнаружены здесь на трех станциях

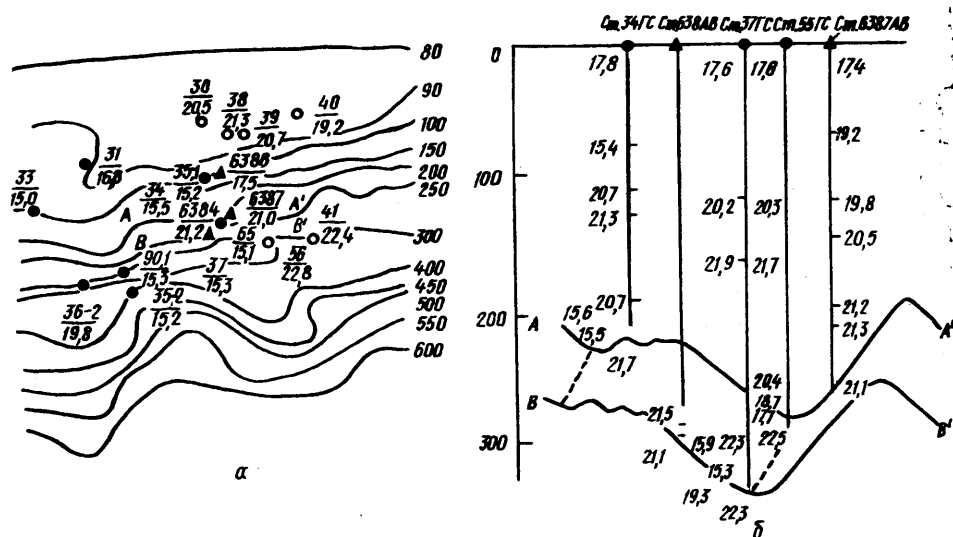


Рис. 3. Схема расположения станций с аномальной (затушевано) и фоновой солёностью на Судаком полигоне (а) и распределение солёности (‰) морских вод на поперечных профилях по линиям А—А' и В—В' (б)

НИС «Академик Вернадский». Наиболее контрастная из них (6386 АВ) установлена в точке перегиба на глубине 102—108 м, а две другие (6384 АВ и 6387 АВ) приурочены к наиболее узкой части каньона на глубинах 220—250 м. Вблизи этих станций повторными зондированиями обнаружен ряд аномалий, причем на ст. 37 ГС и 55 ГС — двумя независимыми методами (табл. 1). На других станциях синхронный батометрический отбор проб оказался невозможным по метеоусловиям. Аномальные значения солёности зафиксированы в придонных слоях (рис. 3, б).

По данным детального промера (более 100 км) в верховье Балаклавского каньона прослеживаются два русла. Максимальный наклон тальвега (до 25°) отмечается между изобатами 200 и 600 м. Фундамент материкового склона сложен стойкими к абразии позднеюрскими известняками, которые образуют широкий выступ шельфа [8]. Поэтому верховье каньона находится на большом удалении от берега (до 15 км), склоны имеют значительную крутизну, асимметричны, часто осложнены разномасштабными врезами и ложбинами. В целом материковой окраине в районе полигона свойственна блоковая структура, обусловленная существованием регионального субмеридионального разлома, расположенного восточнее каньона в районе Ялты, и связанных с ним многочисленных разломов низших порядков [7], которые, по нашему мнению, контролируют зоны интенсивного развития карста и обеспечивают наличие гидравлической связи субаэрального и субмаринного блоков. Результаты статистической обработки данных многолетних уровенных наблюдений в скважинах субаэрального блока позволили установить наличие гидравлической связи между отдельными блоками верхнеюрских известняков в пределах Байдарской долины, а также направленность движения подземных вод в сторону моря [9].

В Балаклавском каньоне в мае 1988 г. было выявлено три слабо-

2. Химический состав основных компонентов (мг/л) и некоторые физико-химические показателя

| Компонент | Береговой источник | | Морская | | | |
|-------------------------------|--------------------|---------|-------------|-------|-------------|---------|
| | № 1 | № 2 | Ст. 6365 АВ | | Ст. 6366 АВ | |
| | | | Ф | А | Ф | А |
| Na ⁺ | 46,6 | 19,3 | 6455 | 5294 | 6445 | 5863 |
| K ⁺ | 11,8 | 4,3 | 250 | 196 | 229 | 222 |
| Ca ²⁺ | 140,3 | 124,2 | 301 | 251 | 251 | 251 |
| Mg ²⁺ | 34,0 | 15,8 | 790 | 654 | 806 | 760 |
| Сумма катионов | 232,7 | 163,6 | 7796 | 6395 | 7731 | 7096 |
| Cl ⁻ | 102,5 | 29,8 | 12116 | 9930 | 11857 | 11079 |
| SO ₄ ²⁻ | 102,9 | 85,6 | 1671 | 1461 | 1621 | 1580 |
| CO ₃ ²⁻ | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 12 | Не обн. | Не обн. |
| HCO ₃ ⁻ | 430,2 | 360,0 | 226 | 201 | 214 | 208 |
| Сумма анионов | 635,6 | 475,4 | 14013 | 11604 | 13692 | 12863 |
| Общая минерализация | 868,3 | 639,0 | 21809 | 17998 | 21422 | 19962 |
| δ ¹⁸ O | -10,9 | -10,0 | -3,4 | -4,6 | — | -4,3 |
| Еh, мВ | — | — | -70 | +130 | +25 | +110 |
| pH | 8,30 | 7,86 | 7,70 | 8,12 | 7,32 | 7,35 |

Примечание. Показатели: Ф — фоновые, А — аномальные, Еh — измеренные.

контрастные аномалии (табл. 1). По данным повторного зондирования «АЦИТТом», слои с аномальной соленостью обнаружены на трех станциях (табл. 1), две из которых (5 ГС и 6 ГС), характеризующиеся большой контрастностью, пространственно приурочены к точкам перегиба на глубинах 135—150 м, а менее контрастная аномалия (на ст. 61 ГС, глубина 575 м) зафиксирована на удалении около 400 м от дна. Последнее свидетельствует о значительной протяженности факелов и предполагает большую контрастность вблизи грифонов.

На Ялтинском полигоне на ряде станций (6349 АВ, 6392 АВ), по данным батометрических проб, отмечены неустойчивые поля солености с незначительным градиентом. Так, на ст. 6392 АВ (глубина 115 м) хлорность придонного слоя воды (10,5 ‰) по сравнению с отобранными в пределах полигона на соответствующих глубинах фоновыми пробами на 0,2—0,3 ‰ ниже и близка к хлорности иловых вод из верхнего (0—10 см) слоя осадков. С глубиной в колонке отмечается понижение хлорности иловых вод от 10,3 в слое 0—10 см до 9,766 ‰ в слое 260—270 см. Иловым водам этой колонки свойственны также низкие значения δ¹⁸O (-5,1 ... -5,3 ‰). Возможно, это является следствием рассредоточенной разгрузки подземных вод.

В других каньонах ЮБК выполнены лишь пробные зондирования, не позволившие обнаружить признаков субмаринной разгрузки. Поиск работы здесь необходимо продолжить.

Гидрохимический и изотопный состав фоновых и аномальных вод, а также вод береговых источников, приуроченных к верхнеюрским известнякам Байдарской котловины, приведен в табл. 2. Воды береговых источников имеют низкую минерализацию (0,64—0,86 г/л), характеризуются абсолютным преобладанием Са и НСО₃. По δ¹⁸O они близки к атмосферным осадкам, формирующимся в зимний период в пределах северных склонов гор [19]. По сравнению с морской водой воды береговых источников относительно обогащены Са, SO₄, НСО₃ и обеднены Na и Cl. В морской воде на аномальных участках абсолютные содержания основных компонентов ниже фоновых. В то же время относительные концентрации Са, SO₄ и НСО₃ в аномальных пробах повышены. Аномальные пробы имеют также повышенные значения Еh и пониженные содержания ¹⁸O.

тели вод береговых источников, фоновых и аномальных морских вод и иловых растворов

| вода | | | | | Иловый раствор (ст. 6392 АВ) | | |
|-------------|-------|-------------|---------|-------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| Ст. 6386 АВ | | Ст. 6408 АВ | | Ст. 6392 АВ | Инт. 5—10 см | Инт. 165—170 см | Инт. 216—270 см |
| Ф | А | Ф | А | | | | |
| 5565 | 5340 | 6756 | 6212 | 6208 | 5646 | 5492 | 4664 |
| 200 | 194 | 227 | 210 | 208 | 253 | 215 | 184 |
| 301 | 301 | 276 | 351 | 251 | 301 | 225 | 225 |
| 669 | 669 | 806 | 669 | 730 | 730 | 608 | 684 |
| 6735 | 6504 | 8065 | 7442 | 7397 | 6930 | 6540 | 6057 |
| 10301 | 9782 | 11764 | 10967 | 10708 | 10708 | 10152 | 9893 |
| 1506 | 1449 | 1646 | 1831 | 1518 | 1309 | 823 | 247 |
| 24 | 18 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. |
| 159 | 177 | 208 | 256 | 217 | 305 | 458 | 470 |
| 11990 | 11426 | 13618 | 13054 | 12443 | 12322 | 11433 | 10610 |
| 18724 | 17929 | 21681 | 20496 | 19840 | 19251 | 17973 | 16667 |
| -3,4 | -5,3 | — | — | — | -5,2 | -5,3 | — |
| +135 | +135 | +15 | +80 | +125 | -100 | -265 | -170 |
| 8,05 | 8,20 | 7,60 | 7,72 | 7,85 | 7,72 | 7,45 | 7,50 |

Полученные данные позволяют произвести приближенную оценку доли привнесенных метеогенных вод в смеси в пределах аномальных участков. Такая оценка выполнена по солености и $\delta^{18}\text{O}$ для станций, аномалии на которых установлены по комплексу методов. Расчет выполнен из предположения, что смешиваются морские воды, характеризующиеся фоновыми показателями, соответствующими глубине аномалии, и метеогенные воды, имеющие состав, аналогичный водам береговых источников (табл. 2). Доля метеогенных вод, рассчитанная по солености батометрических проб, колеблется от 1 до 18, а по данным «АЦИТТА» — от 2 до 27 %. Довольно значительный по ряду станций разброс расчетных показателей, оцененных по данным различных методов, обусловлен, вероятно, тем, что измерения относятся к различным частям факалов.

По $\delta^{18}\text{O}$ расчет выполнен в двух вариантах. В первом в качестве фоновых показателей взяты значения $\delta^{18}\text{O}$ по горизонтам, смежным с аномальным. Во втором определения фоновых значений $\delta^{18}\text{O}$ выполнены в пробах, специально отобранных на соответствующих глубинах за пределами аномальных участков. Расчетное количество метеогенных вод в последних на 5—7,5 % ниже, чем в первых. Это указывает на наличие диффузной зоны смещения вокруг факала.

Сопоставление значений доли метеогенных вод, рассчитанных по $\delta^{18}\text{O}$ и солености, показывает, что в одних случаях обнаруживается довольно близкая сходимости результатов, а в других — значительное расхождение. В частности, в водах Алуштинского полигона максимальные содержания метеогенной воды, определенные по солености, на 2—6 % ниже, чем рассчитанные по $\delta^{18}\text{O}$, в то время как в водах Судакского полигона эта разница достигает 15 %. Известно, что изотопный состав и соленость морской воды характеризуют раствор с разных позиций: воды-растворителя, с одной, и растворенных в ней компонентов — с другой. Концентрация солей в водах береговых источников довольно постоянна и составляет обычно около 0,5 г/л [2]. Содержание хлора в этих водах, как правило, низкое и не превышает 10—25 %-экв. В то же время изотопный состав под воздействием различных факторов значительно варьирует. Поэтому, в зависимости от сезона, высотного расположения и геолого-гидрогеологических особенностей

областей питания и транзита, в разные каньоны могут разгружаться близкие по содержанию солей, но различающиеся по изотопному составу воды. Это обуславливает различия в градиентах солености и $\delta^{18}\text{O}$, что и отражают выполненные расчеты.

Выявленные аномалии в распределении изотопно-гидрогеохимических параметров морских и иловых вод косвенно свидетельствуют о наличии субмаринной разгрузки трещинно-карстовых и (или) трещинных вод в верховьях Балаклавского, Кагельского и Судакского каньона, а также рассредоточенной разгрузки на Ялтинском полигоне и указывают на перспективность поисков субмаринных источников в верховьях каньонов. Исходя из анализа тектонических и геологоструктурных особенностей различных участков материкового склона, к которым приурочены исследуемые каньоны, и гидрогеологических условий прилегающей суши, можно предположить, что на Алуштинском и Судакском участках возможна разгрузка как трещинно-карстовых, так и трещинных вод. На Балаклавском участке, по-видимому, происходит очаговая разгрузка преимущественно трещинных напорных вод, обусловленная высокой проницаемостью по линиям тектонических разломов. Полученные независимыми методами и в различные сезоны данные о субмаринной разгрузке свидетельствуют о возможном питании субмаринных источников из естественных регулирующих резервуаров, запасы которых превышают осадки текущего года [5, 17]. Последнее обеспечивает непрерывность функционирования исследуемых субмаринных источников во времени и указывает на значительные масштабы подземного стока непосредственно в море. В этой связи изучение субмаринной разгрузки в верховьях каньонов имеет важный практический интерес, прежде всего для предварительной оценки ресурсов подземных вод Крыма, для прогнозирования возможных дебитов водозаборов и разработки рекомендаций по рациональному их использованию. Решение этих вопросов требует обширных исследований, направленных на детальное изучение геологических, тектонических и литолого-петрографических особенностей акватории, с одной стороны, и гидрогеологического картирования выявленных субмаринных источников — с другой. Последнее предполагает установление тех параметров источников (размер и характер грифона, дебит, режим, минерализация, глубина, удаленность от берега и т. п.), которые определяют условия их эксплуатации, и, в конечном итоге, ее экономическую целесообразность.

Пользуясь случаем, авторы выражают глубокую признательность директору МГИ АН УССР В. Н. Еремееву, а также В. Е. Селиванову и И. Н. Богданову за помощь в выполнении настоящих исследований.

Summary

Oceanographic and hydrological-hydrogeochemical studies in upper parts of canyons in the shelf zones and continental slope of the Black Sea in the area from the c. Kherstones to the c. Meganom have been conducted in complex. These studies are aimed at revealing the significance of canyons in the submarine discharge of groundwaters, that reflects a new methodical approach to the problem on searches for submarine sources. Results of studies are presented.

1. Буачидзе И. М., Мелива А. Н. К вопросу разгрузки подземных вод в Черном море в районе г. Гагра // Тр. Лаборатории гидрогеол. и инженерно-геол. проблем.— 1967.— № 3.— С. 17—24.
2. *Гидрогеология СССР*. Т. 8. Крым.— М.: Недра, 1970.— 364 с.
3. Глухов И. Г. Вопросы формирования карстовых вод Горного Крыма на примере источников Скельского, Карасу-Баши, Субаши // Вест. МГУ. Сер. геол.— 1960.— Вып. 4, № 1.— С. 43—50.
4. Джамалов Р. Г., Зекцер И. С., Месхетели А. В. Подземный сток в моря и Мировой океан.— М.: Наука, 1977.— 83 с.

5. *Жигунов А. С.* Нижнемеловые вулканогенные породы с южного участка Крымского континентального склона // *Океанология*.— 1983.— Т. 23, вып. 1.— С. 95—99.
6. *Жигунов А. С., Евсюков Ю. Д., Мамонтов С. В.* Геолого-геоморфологическая неоднородность Южнокрымской материковой окраины // *Геология морей и океанов: Тез. докл. 8-й Всесоюз. школы морской геологии (10—17 окт. 1988 г., Геленджик)*.— М., 1988.— Т. 4.— С. 37—38.
7. *Земная кора и история развития Черноморской впадины* / Ред. Ю. Д. Буланже, М. В. Муратов, С. И. Субботин и др.— М.: Наука, 1975.— 360 с.
8. *Иванов Б. Н.* Карбонатный карст Украины и Молдавии.— Тр. Моск. о-ва испытателей природы.— 1972.— Т. 47, № 5.— С. 131—140.
9. *Коникив Е. Г., Пронин К. Н., Поганова О. Ф. и др.* Поровые и субмаринные воды и методы их изучения.— Киев, 1986.— 66 с.— (Препр. АН УССР. Ин-т геол. наук; 86—25).
10. *Коротков А. И., Павлов А. Н., Юровский Ю. Г.* Гидрогеология шельфовых областей.— Л.: Недра, 1980.— 219 с.
11. *Максимович Г. А.* Источники пресной воды на дне морей // *Природа*.— 1956.— № 4.— С. 89—91.
12. *Максимович Г. А., Кикнадзе Т. З.* Субмаринные источники Черного моря и некоторых карстовых областей Средиземноморья // *Сообщ. АН ГССР*.— 1967.— Т. 47.— № 3.— С. 43—57.
13. *Методические рекомендации по гидрогеологическому изучению акваторий морей и крупных озер* / Сост. Месхетели А. В., Зекцер И. С., Джамалов Р. Г. и др.— М.: [ВСЕГИНГЕО], 1987.— 66 с.
14. *Моргунов Б. Г., Калинин А. В., Калинин В. В. и др.* Основные элементы тектоники южного крыла Крымского мегантиклинория (Черное море) // *Геотектоника*.— 1979.— № 4.— С. 90—97.
15. *Павлов А. Н.* О взаимосвязи вод суши и моря // *Сов. геология*.— 1968.— 12.— С. 67—78.
16. *Приблуда В. Д., Коджаспиров А. А., Дублянский В. Н.* Баланс подземных вод юго-западной части Горного Крыма // *Геол. журн.*— 1979.— Т. 39, № 2.— С. 38—46.
17. *Селецкий Ю. Б., Поляков В. А., Исаев Н. В. и др.* Изучение некоторых особенностей формирования карстовых вод Горного Крыма по содержанию кислорода-18 // *Тез. докл. VIII Всесоюз. симпоз. по стабильным изотопам в геохимии (11—14 ноября 1988 г., Москва)*.— М., 1980.— С. 168—169.
18. *Шепард Ф. П.* Морская геология.— Л.: Недра, 1969.— 461 с.
19. *Шимкус К. М., Жигунов А. С.* Некоторые черты мезозойской истории Черноморской впадины по данным изучения коренных пород // *Геол. журн.*— 1987.— Т. 47, № 2.— С. 46—54.
20. *Шнюков Е. Ф., Иноземцев Ю. И., Лялько В. И. и др.* Геология шельфа УССР. Твердые полезные ископаемые.— Киев: Наук. думка, 1983.— 200 с.
21. *Шнюков Е. Ф., Мельник В. И., Митин Л. И.* Материковый склон и подводные каньоны Черного моря // *Информ. бюл. СЭВ по пробл. «Изучение химических, физических и других процессов...»*— М., 1987.— № 23.— С. 29—38.
22. *Шнюков Е. Ф., Шелкопляс В. Н., Гожик П. Ф. и др.* Результаты геологических исследований 37 рейса в Черное море НИС «Академик Вернадский».— Киев, 1988.— 36 с.— (Препр. АН УССР. Ин-т геол. наук; 88—37).
23. *Schwerdtfeger B. C.* On the occurrence of submarine fresh water discharges // *Geol. Jahrb.*— 1981.— С. N 29.— В. 231—240.

Ин-т геол. наук АН УССР, Киев

Статья поступила
16.05.89

УДК 551.3.051(262.5)

Л. Н. Кирюхина, Л. А. Георга-Копулос

Анализ битумоидов донных осадков методом ИК-спектроскопии

На материале, собранном на черноморском шельфе и материковом склоне, определены основные структурные группы битумоидов. Битумоид «а» обогащен алифатическими и ароматическими функциональными группами при меньшем участии карбонильных структур разных химических соединений. В битумоиде «с» найдены кислородсодержащие соединения типа карбоновых кислот: группы С=О (п. п. 1700, 1660 см⁻¹) и С—О (п. п. 1150 см⁻¹) и ароматические циклы (п. п. 755 см⁻¹) при полном отсутствии длинных парафиновых цепей.