

УДК 553.78.551.556

Субмаринная разгрузка трещинно-карстовых вод в юго-западном Крыму

Ю. Г. Юровский, Т. Н. Юровская

С целью определения составляющих водного баланса в юго-западной части Горного Крыма были проведены многолетние балансовые наблюдения, результаты которых за 1963—1976 гг. опубликованы в работе [6]. Основные исследования выполнены в пределах балансового бассейна (площадь 150,5 км²), представляющего собой область питания наиболее перспективного для эксплуатации водоносного комплекса, приуроченного к карбонатным отложениям позднеюрского возраста. Норму подземного стока, полученную по балансовому бассейну, авторы оценивают в 110 тыс. м³/сут, а эксплуатационные запасы — в 77,4 тыс. м³/сут.

Разгрузка подземных вод проявляется в виде многочисленных карстовых источников, расположенных в районе балансового бассейна, Байдарской и Варнаутской депрессий, а также Чернореченского жেলоба. В зоне погружения верхнеюрских пород под уровень моря часть подземного стока дренируется в прибрежной зоне Черноморской впадины.

Изучение разгрузки подземных вод, помимо количественной оценки, позволяет выявить основные характеристики карстовых водоносных горизонтов, представляющих собой сложные динамические системы. По всей площади развития верхнеюрские известняки юго-западного Крыма крупными и мелкими тектоническими нарушениями разбиты на различные по величине блоки. Для многих участков исследуемой толщи известняков не существует ни сплошного обводнения, ни единого уровня грунтовых вод [6]. В этих условиях параметры источников в известной мере позволяют судить о расположении обводненных зон, проницаемости пород, темпах инфильтрации и степени дренирования.

Наибольшую сложность представляет изучение условий субмаринной разгрузки и ее количественная оценка. Отдельные результаты получены ранее [1, 4, 5], однако они нуждаются в дополнении и уточнении. Необходимо отметить следующее: выявление очагов субмаринной разгрузки с помощью радоновой съемки не дает возможности оценить ее количественно [1]; метод геотермических исследований, предложенный Институтом геологических наук АН УССР, был опробован

Результаты химических анализов воды субмаринных источников в гроте 1 (район м. Айя)

№ анализа	Глубина отбора, м	Содержание,				
		Na ⁻ +K ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
1	0,25	109,0	95,2	18,20	182,6	50,20
2	0,25	268,4	45,6	11,47	284,0	55,74
3	1,00	1340,9	148,3	245,60	3556,3	555,50
4	1,00	1250,1	132,3	151,40	2193,9	358,00

только в районе пгт Форос [4, 5]; для участка Форос—Балаклава (70 км береговой линии) субмаринную разгрузку определяли приближенно как остаточный член уравнения водного баланса [5].

Описание участка исследований. Поиски районов сосредоточенной субмаринной разгрузки производили вдоль западного берега бухты Ласпи и в зоне погружения карбонатных пород позднеюрского возраста под уровень моря (участок м. Айя—ур. Мегало-Яло). Исследования выполняли в над- и подводном вариантах (с использованием легководолазной техники). Были описаны маршруты, измерена температура воды в поверхностном и придонном слоях, проведены гидрохимические наблюдения.

Сосредоточенная разгрузка трещинно-карстовых вод обнаружена на 500-метровом участке западнее м. Айя. Береговая линия здесь представляет собой скальный обрыв высотой около 300 м с глубиной моря на урезе до 25 м. Подземные воды поступают в море из многочисленных трещин, расположенных в затопленных и полузатопленных гротах, а также из отдельных трещин, разбивающих массив карбонатных пород на блоки. Глубина полостей различна — от 10 до 41,5 м, заложение 20—42°. Вход в затопленные гроты располагается на 0,5—1,5 м ниже уреза воды. Наибольшее обводнение трещин наблюдается в тупиковых зонах и стенках восточной ориентации.

Разность температуры разгружающейся воды (по замерам в трещинах) и морской, измеренная с помощью термисторов, составляет 6,8 °С. Пробы воды, отобранные с помощью специального пробоотборника из наиболее водообильных трещин, показали, что минерализация воды изменяется в зависимости от степени начального смещения от 0,74 до 1,02 г/л при $pH=7,01-7,04$ и $Eh=218-226$ мВ. Общая гидрохимическая обстановка в гротах характеризуется процессами смешения в поверхностном слое мощностью 0—40 см. Этот процесс в известной мере можно описать линейными зависимостями, полученными для одной из полостей (рис. 1): $cRn=f(S)$ и $HCO_3=f(M)$, где c — числовой коэффициент, S и M — соленость и минерализация в зоне смешения подземных и морских вод.

Рассматривая материалы по химическому составу подземных вод, приводимые различными авторами, отметим одно обстоятельство. Результаты опробования субмаринных источников в значительной степени зависят от способа отбора проб и конструкции пробоотборника. Гидродинамика струи, выходящей из трещины или грифона, обеспечивает подсос морской воды уже в непосредственной близости от выхода [2]. Начальное разбавление в этом случае может быть различным, и доля морской воды в пробе в основном определяется напором разгружающихся вод. Для получения репрезентативных анализов желательнее использовать пробоотборники, приемную часть которых можно погружать в трещину или грифон.

Результаты опробования источников различными методами приведены в таблице (ан. 3, 4 взяты из работы [1]). Долю морской воды в пробе определяли по формуле:

$$V_m = \frac{M_c - M_6}{M_m - M_6}, \quad (1)$$

мг/л			Общая минерализация, мг/л	pH	V _m
CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂			
6,0	280,6	Не опр.	741,8	7,07	0,016
—	347,7	7,65	1020,6	7,13	0,032
—	281,9	—	6778,5	7,20	0,356
—	300,2	—	4385,9	7,43	0,221

где нижние индексы «м», «с» и «б» означают соответственно минерализацию морской воды, смеси и пресной воды источника на берегу. В качестве расчетных приняты минерализация подземных вод по результатам опробования источника на берегу ($M_6 = 458,5$ мг/л) и фоновая минерализация морской воды по нашему опробованию ($M_m = 18227,5$ мг/л).

Оценка расхода подземных вод. Измерить дебит для отдельных трещин и ряда мелких затопленных полостей и каверн невозможно из-

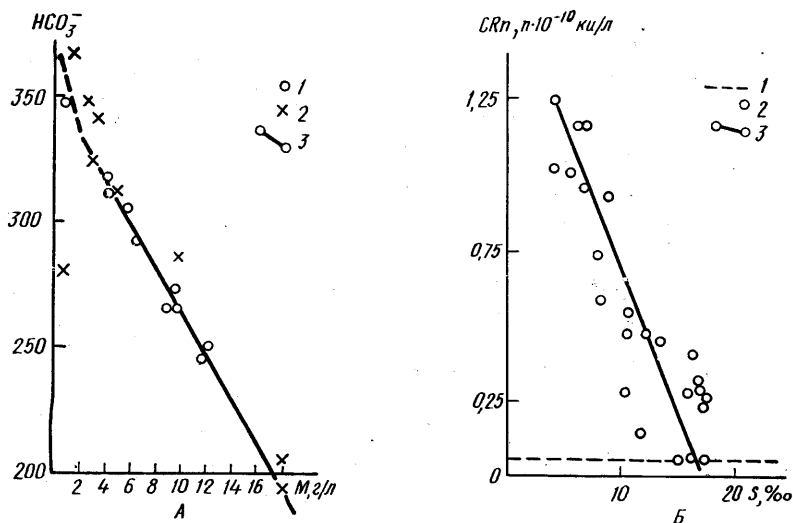


Рис. 1. Изменение концентраций иона HCO_3^- и ^{222}Rn [4] в области смещения при разгрузке пресных подземных вод под уровень моря

А: 1 — наблюдения 7.08.82 г., 2 — наблюдения 8.08.82 г., 3 — зависимость $\text{HCO}_3^- = 14,7 - 6,7 M$; Б: 1 — фоновые значения, 2 — участок концентрации субмаринных выходов, 3 — зависимость $S = 13,34 - 10,49 cRn$

за трудоемкости этого процесса. Поэтому оценка величины субмаринной разгрузки для всего участка выполнена с помощью аналоговой вычислительной машины БУСЭ-70.

Рассматривая процесс распреснения в местах субмаринной разгрузки подземных вод как процесс конвективно-диффузионного переноса вещества в зоне горизонтального поверхностного течения, можно описать его уравнением турбулентной диффузии [2]. Нами была использована двумерная стационарная зависимость диффузии вида:

$$v_x \frac{\partial C}{\partial x} = D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2}, \quad (2)$$

где C — концентрация распространяющегося вещества, мг/л; D_y — коэффициент продольной турбулентной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$; v_x — скорость поступательного движения потока разгружающихся вод, м/с.

Задачу решали по уравнению (2) при следующих допущениях: а) перенос и диффузия разгружающихся пресных вод осуществляются в штиль за счет скоростей, обусловленных напором разгружающихся вод; б) процессы вертикальной диффузии незначительны.

Уравнение (2) решали с учетом граничных условий следующего вида:

1. По расчетному контуру вдоль берега Γ_1 (условие непроницаемости):

$$\left. \frac{\partial C}{\partial x} \right|_{x \in \Gamma_1} = 0. \quad (3)$$

2. По расчетному контуру со стороны моря Γ_2 (наличие фоновой концентрации морских вод C_m):

$$C|_{x, y \in \Gamma_2} = C_m. \quad (4)$$

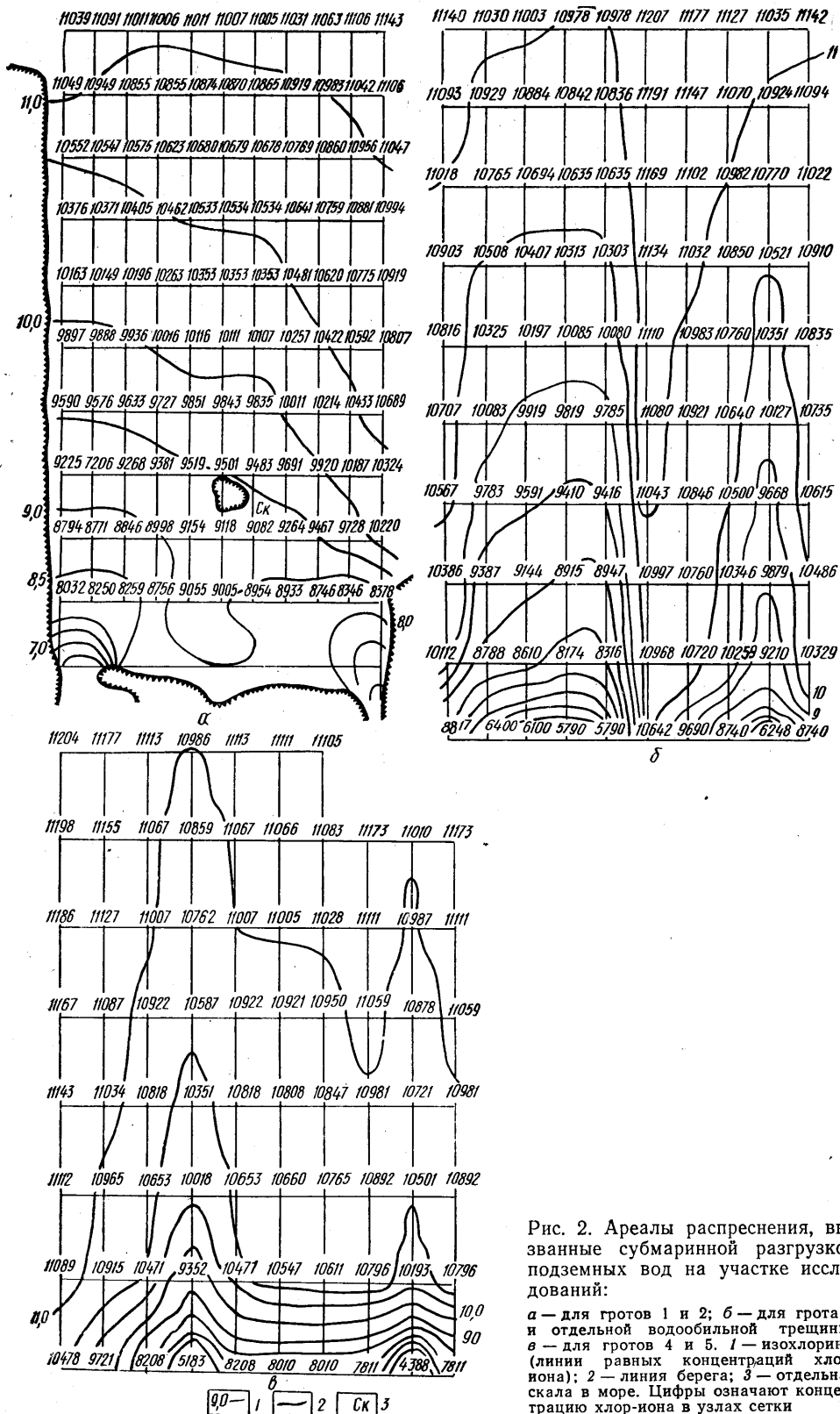


Рис. 2. Ареалы распределения, вызванные субмаринной разгрузкой подземных вод на участке исследований:

а — для гротов 1 и 2; б — для грота 3 и отдельной водообильной трещины; в — для гротов 4 и 5. 1 — изохлорины (линии равных концентраций хлор-иона); 2 — линия берега; 3 — отдельная скала в море. Цифры означают концентрацию хлор-иона в узлах сетки

Условия моделирования получены путем сопоставления уравнения (2) и уравнения баланса токов в узле сеточной модели, представленных в конечно-разностной форме:

$$R_x = \frac{h_x}{v_x} R_{\text{мод}}; \quad R_y = \frac{h_y^2}{D_y} R_{\text{мод}}, \quad (5)$$

где h_x и h_y — соответственно шаги моделирования по x и y , м.

В процессе моделирования береговая линия сложных очертаний схематизировалась прямой. Расчетным компонентом был выбран хлор-

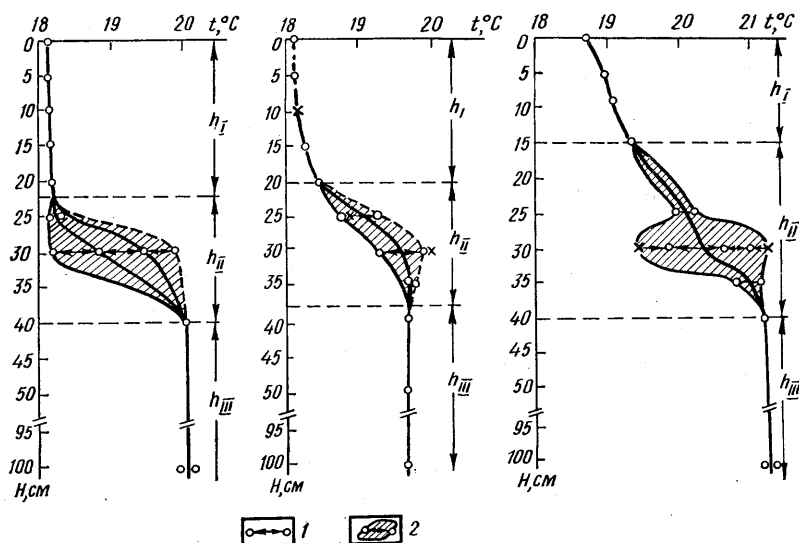


Рис. 3. Вертикальные температурные профили на выходе из грота 1

Слой: h_I — распресненной воды на поверхности моря, h_{II} — смещения пресной и соленой воды, h_{III} — морской воды; 1 — точки записи температуры; 2 — область пульсаций температуры и амплитуда пульсаций

ион, наиболее консервативный в процессах смешения и практически не реагирующий на изменение температуры.

Результаты моделирования представлены на рис. 2 для случаев наиболее активного проявления субмаринной разгрузки. Размеры шагов сетки: $h_x=5$, $h_y=10$ м.

Выявленные на модели ареалы распреснения хорошо согласуются с натурными данными, которые получены в процессе опробования акватории по профилям. Начальная скорость, необходимая для генерирования приведенных на рис. 2 ареалов распреснения, колеблется в пределах 1—3 см/с.

Для вычисления величины расхода потока разгружающих вод, кроме скорости, необходимо знать мощность распресненного слоя на поверхности моря. Эта задача была решена на основе температурных наблюдений; мощность слоя составила 0,20—0,05 м. Выделение мощности распресненного слоя на вертикальных температурных профилях для грота 1 иллюстрирует рис. 3.

Проведенная оценка расхода подземных вод показала, что величина субмаринной разгрузки для грота 1 составляет 25,4, для грота 2—1,5, для грота 3—4,9, для грота 4—3,6, для грота 5—2, для отдельной трещины у грота 3—1,5 л/с. Таким образом, суммарная разгрузка для исследуемого участка достигает 38,9 л/с, или 3361,8 м³/сут. В процентном отношении к норме подземного стока эта величина невелика — всего 3,06 %; однако не следует забывать, что приведенные расчеты выполнены для межennaleго периода.

Ошибка подобных вычислений зависит главным образом от точности оценки начального разбавления, определения мощности распрес-

ненного потока, а также от степени совпадения реальных параметров и размеров области распреснения и ареалов, полученных на модели. Кроме того, величина разгрузки определяет мгновенный расход потока и, следовательно, не учитывает сезонных вариаций подземного стока на участке исследований. Для выявления последних необходимы режимные наблюдения и дополнительные обследования. Подтверждение результатов целесообразно проводить оценкой субмаринной разгрузки альтернативными методами.

В заключение отметим, что для исследуемого района рассчитанная с помощью натуральных наблюдений величина подземного стока более предпочтительна, чем вычисленная как остаточный член при решении уравнения водного баланса.

Summary

Conditions for the submarine relief of the Upper Jurassic water-bearing horizon in the south-western Crimea are considered. Natural observations have permitted determining peculiarities of the temperature and salinity distribution in the mixing zone of fresh and sea water. Discharge of underground waters is estimated using the turbulent diffusion equation. The data of calculations are compared with the norm of underflow. This norm has been obtained due to balance observations conducted for many years for feeding of the Upper Jurassic water-bearing horizon. A conclusion is made that the submarine relief value as one of the components of water balance equation is expedient to be determined by the direct methods of estimation.

1. *Кирьяков П. А., Лисиченко Г. В., Емельянов В. А., Митропольский А. Ю.* О выявлении зон субмаринной разгрузки подземных вод с помощью радоновой съемки // *Вод. ресурсы.*— 1982.— № 5.— С. 153—157.
2. *Коротков А. И., Павлов А. Н., Юровский Ю. Г.* Гидрогеология шельфовых областей.— Л.: Недра, Ленингр. отд-ние, 1980.—219 с.
3. *Коротков А. И., Павлов А. Н.* Гидрохимический метод в геологии и гидрогеологии.— Л.: Недра, Ленингр. отд-ние, 1972.—183 с.
4. *Лялько В. И., Митник М. М., Вульфсон Л. Д.* Исследования субмаринных источников геотермическими методами // *Геол. журн.*— 1978.— Т. 38, № 1.— С. 48—52.
5. *Лялько В. И., Шнюков Е. Ф.* О субмаринной разгрузке подземных вод на шельфе украинского Причерноморья // *Там же.*— 1980.— Т. 40, № 3.— С. 48—53.
6. *Приблуда В. Д., Коджаспиров А. А., Дублянский В. Н.* Баланс подземных вод юго-западной части Горного Крыма // *Там же.*— 1979.— Т. 39, № 2.— С. 38—45.

Ин-т минер. ресурсов, Симферополь
Ин-т «Ленгипроводхоз», Ленинград

Статья поступила
18.06.84

РЕФЕРАТ ДЕПОНИРОВАННОЙ РУКОПИСИ

УДК [552.5:551.793:53] (477.46)

О вещественном составе коробчатых железистых стяжений из Каневских гляциодислокаций по данным ДТА, ИКС и ЯГР методов и особенностях их формирования / Чугунный Ю. Г., Иваницкий В. П., Матяш И. В., Геворкьян С. В., Рахмангулова Д. З.; Ред. Геол. журн.— Киев, 1986.— 25 с.: ил.— Библиогр.: 25 назв.— Рус.— Деп. в ВИНТИ 11.03.86, № 1874—В

Коробчатые железистые стяжения — одна из разновидностей минеральных новообразований ледникового типа литогенеза. В основе их образования находится действие стресса, с которым связано растворение находящихся в батских глинах неустойчивых аутигенных железистых минералов и преобразование их в более устойчивое фазовое состояние. Рассматриваются два варианта образования коробчатых железистых стяжений, возникших за счет: 1) окисления сидеритов и 2) цементации глин гидроокислами железа. В обоих случаях формирование наружного гетитового слоя сопровождалось обособлением его от исходного внутреннего ядра.

Приведены результаты комплексных исследований вещества коробчатых железистых стяжений, позволившие расшифровать их фазовый состав.