

УДК 551.49: 551.351.2

© В.А. Иванов¹, А.В. Прусов¹, Ю.Г. Юровский², 2008

¹Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь

²Украинский государственный геологоразведочный институт, Крымское отделение, Симферополь

СУБМАРИННАЯ РАЗГРУЗКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД У м. АЙЯ (КРЫМ)

В статье приводятся результаты натурных наблюдений в сентябре 2007 г. субмаринной разгрузки подземных вод у мыса Айя (Южный берег Крыма). С помощью комплекса новой измерительной аппаратуры, разработанной в Морском гидрофизическом институте НАН Украины, проведены измерения скоростей течений, температуры, солености, мутности и содержания кремнекислоты в одной из карстовых полостей, а также на полигоне около нее. Оценен дебит субмаринной разгрузки.

Введение

В настоящее время в Украине, как и во всем мире, в связи со значительным антропогенным и техногенным влиянием на открытые акватории, роль пресных подземных вод (в частности, вод субмаринной разгрузки) в общих водных ресурсах и водном балансе значительно возросла. Возникла необходимость региональной оценки и прогноза естественных ресурсов субмаринных вод, а также оценки площади водосбора, формирующего режим и ресурсы подземных вод, их уязвимости к загрязнению. В конечном итоге, необходимо разработать прогностическую модель формирования и пространственно-временной изменчивости субмаринной разгрузки подземных вод Украины и Автономной республики Крым с учетом геологических, геолого-структурных и гидрогеологических факторов.

О важности изучения субмаринной разгрузки подземных вод свидетельствует ряд международных документов. Одним из них является совместный проект ЮНЕСКО и Международного Атомного Энергетического Агентства (МАЭА) [10].

Экспедиционные работы Морского гидрофизического института НАН Украины проводились в соответствии с планом выполнения научно-технического проекта Национальной академии наук Украины “Комплексные гидрофизические и гидрохимические исследования морской среды с целью рационального, экологичного и техногенно безопасного использования его ресурсного потенциала”.

Целью исследований являлась оценка роли субмаринной разгрузки подземных вод Крымского полуострова в водном и солевом режиме береговых зон, обоснование возможности их практического использования в народном хозяйстве, а также прогноз реакции этих источников на возможные изменения климата в Крыму и интенсификацию хозяйственной дея-

тельности. Работы проводились на участке известной, но слабоизученной субмаринной разгрузки на южном берегу полуострова. Комплексные наблюдения выполнялись в прибрежной (береговой) зоне и в карстовых полостях.

Основные задачи исследований:

1. Создание наиболее полных описаний полостей в районе мыса Айя (топографических, морфометрических, морфологических, гидрофизических) для получения точной карты рельефа подводной части полостей (пещер и гротов).

2. Создание подробной батиметрической карты полостей и прилегающей акватории.

3. Исследование особенностей смешения субмаринных и морских вод в полости и вне ее.

4. Комплексный мониторинг ранее выявленных источников субмаринной разгрузки (район м. Айя) с целью оценки их дебита.

5. Выявление проявлений субмаринных вод в поле гидролого-химико-оптических характеристик в прибрежной зоне, примыкающей к зоне субмаринной разгрузки.

6. Оценка сезонных особенностей трансформации зоны смешения субмаринных и морских вод.

7. Исследование временной изменчивости дебита источников в наиболее значимых полостях на мысе Айя.

Субмаринная разгрузка у м. Айя имеет свои особенности. Это не концентрированные выходы на дне (собственно субмаринные источники), а рассеянные по многочисленным трещинам водопроявления. Часть из них расположена в затопленных и полузатопленных морем карстовых полостях, часть в клифе.

Результаты натуральных наблюдений

Комплексные натурные наблюдения включали измерения скоростей течений, температуры, солености, мутности и содержания кремнекислоты. На первом этапе они были сосредоточены в бухте и карстовой полости в 100 м от мыса Пелекетто (рис. 1).

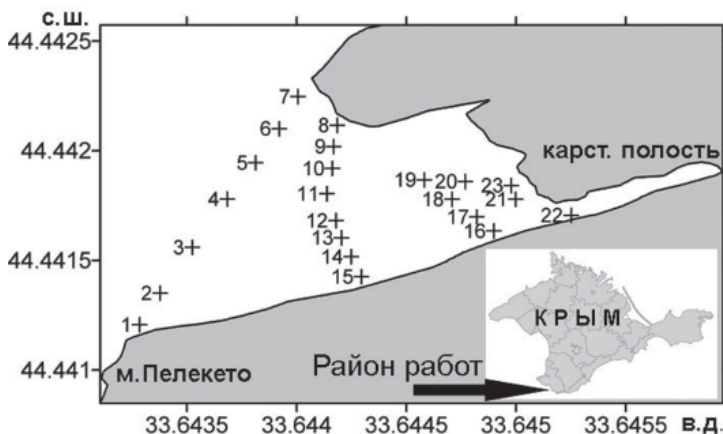


Рис. 1. Схема гидрологического полигона в районе карстовой полости. Крестиками (1-23) отмечены гидрологические станции

Кроме того, было выполнено несколько буксировок (на глубине $\approx 0,1-0,2$ м) гидрологического и гидрооптического зондов вдоль береговой линии (5 м от берега), позволяющих оперативно обнаруживать следы субмаринной разгрузки. Данные, полученные в результате полигонной съемки в районе полости и буксировки вдоль береговой линии, требуют специальной обработки [4, 5, 9], в том числе и численного моделирования, и будут проанализированы позже. Проводились визуальные наблюдения за дрейфом поверхностных поплавков, выпущенных для оценки фоновых течений вблизи исследуемой карстовой полости.

Важно отметить, что все измерения выполнялись новыми приборами, разработанными в Морском гидрофизическом институте НАН Украины. Компактность этих приборов позволяла проводить измерения как на глубине, так и в тонком поверхностном слое, где, как правило, сосредоточена распресненная вода.

Для оценки дебита субмаринной разгрузки в карстовой полости, кроме измерения гидрологических (температура, соленость, мутность) и гидрохимических (кремнекислота) характеристик, требовались надежные оценки средних скоростей течений (предположительно, очень малых — сантиметры в секунду) в направлениях “в полость—из полости”, т.е. реверсивных, по всей площади вертикального сечения водной массы на входе в полость. Зная распределение солености и средних скоростей на этом разрезе, можно оценить суммарный дебит источников, разгружающихся там [3]:

$$Q = \int_0^H \int_0^L U_{cp}(x, z) \cdot \frac{S_{\phi} - S(x, z)}{S_{\phi} - S_{пресн}} dx dz, \quad (1)$$

где Q — искомый дебит; x, z — ширина, глубина на входе в полость; L, H — максимальные ширина и глубина (7 и 8 м); $U_{cp}(x, z)$ — средняя скорость течения в точке (x, z) сечения; S_{ϕ} — фоновая соленость; $S(x, z)$ — соленость, измеренная в точке (x, z) , $S_{пресн}$ — соленость (минерализация) пресной воды (в нашем случае порядка 0,7 г/л).

Следует подчеркнуть, что наши измерения выполнялись в сезон устойчивой межени, которому предшествовала длительная засуха (дождей здесь практически не было более 4-х месяцев). На суше большинство источников в это время пересыхает, т.е. родниковый сток равен нулю.

Период выполнения измерений совпал с ситуацией сгона, вызванного действием продолжительного западного ветра. Анализ карт температуры поверхности моря (из экономии места карты не приводятся), полученных со спутника NOAA-17, показал, что при общем фоне температуры поверхности моря в Черном море 20-22°C (а в районе работ до 26°C), 18-19 сентября от м. Херсонес до м. Аю-Даг наблюдалась ситуация развитого сгона. На отдельных участках сгон отмечался на расстоянии 25 км от берега. Температура воды на территории, охваченной сгоном, упала до 13-15°C. В день проведения работ — 20 сентября — площадь сгона резко уменьшилась, но вблизи мыса Айя температура воды осталась низкой и составила 14°C.

Работы велись в штиль. Наблюдалась зыбь с периодом $T = 3$ с, высотой h не более 0,30 м, бегущая на юго-восток (т.е. почти под прямым углом к полости).

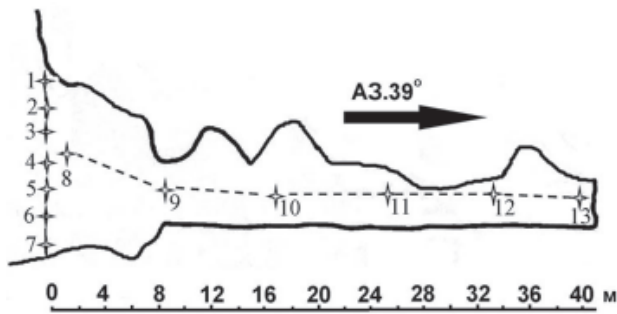


Рис. 2. Схема гидрологических станций на входе в карстовую полость (станции 1-7) и вдоль полости (станции 8-13). Стрелкой указано направление (39° в.д.) в полость. Глубины на станциях 1-13 смотрите на рис. 3, 4

Измерения температуры и солености производились гидрологическим CTD-зондом ГАП-12Р. Был выполнен гидрологический разрез по продольной оси полости длиной 41 м и поперечный разрез у входа в полость (рис. 2). На входе в полость на каждой вертикали были проведены измерения временной изменчивости температуры и солености с экспозицией 0,5-1,0 минута.

На рис. 3 представлены вертикальные профили температуры и солености на разрезе поперек входа в карстовую полость — станции 1-7. В верхнем слое до глубины 1 м наблюдались воды с повышенной, по сравнению с нижележащим слоем, температурой. На поверхности температура составила 14,7-15,0°C, нижележащий слой от 1,5 м до 6 м имел в среднем температуру 14,7°C, глубже 6 метров температура спадала, достигнув у дна 14,2°C.

Характер вертикальной структуры солености примерно такой же. В верхнем слое толщиной до 1 м наблюдались распресненные воды — в минимуме соленость достигала 12,34 епс. Отдельные следы распреснения прослеживались до глубины 1,5 м. Ниже соленость практически не менялась, составив 18,22 епс. Для сентября климатическая норма солености на поверхности для района м. Айя равна 17,9 епс, а норма температуры 21°C [1]. Повышенная соленость в слое 1,5-8,0 м связана со сгоном, при котором глубинные воды поднимаются к поверхности. Такая соленость (18,22 епс) в сентябре при отсутствии сгона характерна для глубин 30-50 м.

В целом вертикальная структура вод свидетельствует о том, что на разрезе ст. 1 — 7 наблюдалась активная субмаринная разгрузка подзем-

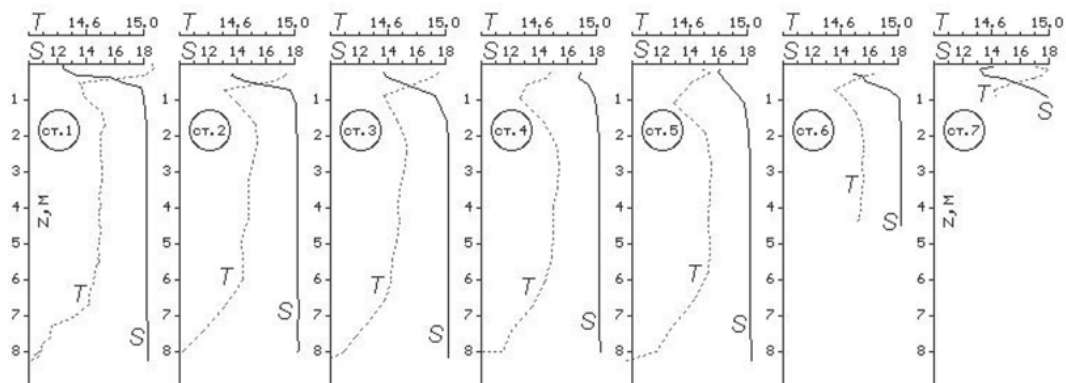


Рис. 3. Профили температуры T (°C) солености S (епс) на входе в полость. Расстояние между станциями 1-7 (см. рис 2) \approx около 1 м

ных вод. Ее следы прослеживаются до глубины 1,5 м. Максимальные изменения солености заметны в слое 0-1 м. Граница нулевых вертикальных градиентов солености залегает на глубине 0,8-1,0 м. Максимальные вертикальные градиенты достигали 1 епс на 0,1 м. Наименьшая соленость и наибольшая температура, т.е. следы разгрузки пресных вод наблюдались у западной стенки входа в грот — ст.1 (см. рис. 3).

Аналогично распределены по вертикали на входе в полость показатель мутности (уменьшение в 2 раза по сравнению с фоновым) и содержание кремнекислоты (увеличение концентрации в 30 раз по сравнению с фоновой).

Рассмотрим распределение по вертикали термохалинных характеристик на осевом разрезе в полости, станции 8-13 (рис. 4). По сравнению с их распределением на входе в полость, есть существенное отличие — непосредственно в полости наблюдался верхний *однородный* слой мощностью около 0,25 м, где отмечены повышенная температура и пониженная соленость. Т.е. следы субмаринной разгрузки здесь более заметны, чем на входе. В минимуме соленость достигла 12 епс. Диапазон ее изменчивости на поверхности от ст.8 до ст. 13 составил 4,5 епс (12,0-16,5). В 1993 году в ходе экспедиции ИГН и МГИ НАН Украины измерения в этой полости показали меньший разброс значений солености: 2 епс (10-12) [2]. Заметим, что разброс значений температуры в слое 1-3 м на разрезе станции 8-13 (внутри полости) больше, чем на входе в полость (станции 1-7). Наибольшее распреснение, которое можно определить как по наименьшему значению солености (12 епс), так и по максимальной мощности распресненного слоя (0,3 м) наблюдается в сужении при входе в полость — станция 9. Второй максимум наблюдается на станции 12, вблизи кутовой части полости. Именно в этих местах находятся два источника субмаринной разгрузки, отмеченные ранее [2, 7]. Наличие мощного источника на дне вблизи ст.9 проявлялось на поверхности визуально. Следы локализации источников пресных вод на осевом разрезе отмечены и по данным измерений показателя мутности погружным автономным мутномером ИМП-2а. Стоит об-

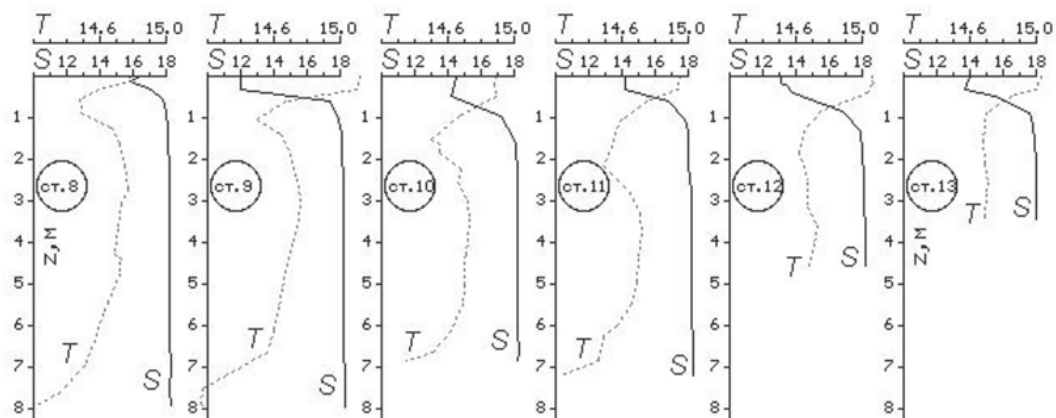


Рис. 4. Профили солености S (епс) и температуры T ($^{\circ}\text{C}$) вдоль оси полости. Расстояние между станциями 8-13 (см. рис 2) ≈ 7 м

ратить внимание на больший, по сравнению с разрезом на входе в полость, разброс значений температуры в слое 1-3 м.

Итак, для оценки по формуле (1) дебита разгрузки получены значения фоновой солености $S_{\text{ф}}$ (18.22 епс) и ее распределение $S(x, z)$ по вертикальному сечению толщи вод на входе в карстовую полость. Остается оценить распределение средней скорости $U_{\text{ср}}(x, z)$ в этом же сечении.

Для выполнения задачи использовался разработанный в МГИ НАН Украины новый прибор ИСТ-1. Прибор прошел государственные испытания. Предназначен для измерений, индикации и регистрации в цифровом виде скорости течения, глубины и температуры воды в водотоках и водоемах. Внешний вид погружного и бортового блоков ИСТ—1 представлен на рис. 5. Измеритель можно закреплять на штанге, тросе или кабеле на глубинах до 25 м. Конкретная максимальная глубина определяется установленным датчиком давления. Измерение производится с накоплением данных в энергонезависимой памяти с отображением их на дисплее бортового блока или ПЭВМ. Встроенные в микроконтроллерах программы обеспечивают управление измерениями и первичной обработкой данных.



Рис. 5. Внешний вид погружного и бортового блоков ИСТ-1

Измерительный канал скорости течения имеет следующие характеристики: диапазон измерений от 0.004 до 5 м/с, границы допустимой основной относительной погрешности $\pm 5\%$. Для обеспечения необходимой точности измерения скорости течения в бортовом блоке дополнительно вычисляется скорость звука в воде. Характеристики измерительного канала температуры воды: диапазон измерений от -2 до 35°C , границы допустимой случайной абсолютной погрешности измерений $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

Способ измерения скорости течения можно схематично представить следующим образом (рис. 6). Сформированный в микроконтроллере нижнего блока электрический сигнал в виде пачки импульсов частотой 1 МГц одновременно подается на два пьезопреобразователя ПП—1 и ПП—2, где преобразуется в акустический сигнал, который проходит через жидкость и принимается этими же пьезопреобразователями. Поскольку пьезопреобразователи расположены в трубке диаметром D под некоторым углом α к потоку, время распространения

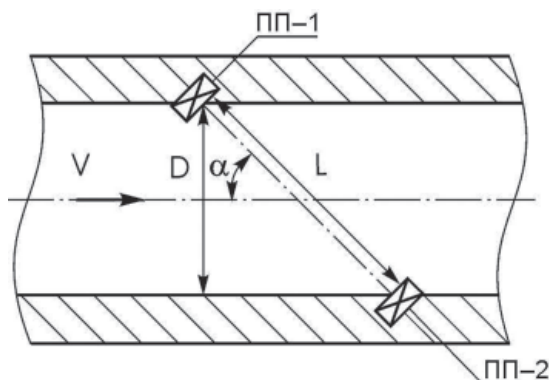


Рис. 6. Схема измерения скорости течения

нижнего блока электрический сигнал в виде пачки импульсов частотой 1 МГц одновременно подается на два пьезопреобразователя ПП—1 и ПП—2, где преобразуется в акустический сигнал, который проходит через жидкость и принимается этими же пьезопреобразователями. Поскольку пьезопреобразователи расположены в трубке диаметром D под некоторым углом α к потоку, время распространения

ультразвуковых импульсов по направлению движения жидкости τ_1 и против него τ_2 можно записать как

$$\tau_1 = \frac{D \cdot \sin^{-1} \alpha}{C + V \cos \alpha}, \quad \tau_2 = \frac{D \cdot \sin^{-1} \alpha}{C - V \cos \alpha}, \quad (2)$$

где V — скорость течения, C — скорость звука в воде. Разность этих величин

$$\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1 = \frac{2D \cdot V \cos \alpha / \sin \alpha}{C^2 - (V \cos \alpha)^2}. \quad (3)$$

Или, учитывая, что $C \gg V$,

$$\Delta\tau = \frac{2VDctg\alpha}{C^2}. \quad (4)$$

Таким образом, для определения скорости течения необходимо еще измерять скорость распространения звука в воде. Это делается при помощи тех же пьезопреобразователей. Для этого в микроконтроллере нижнего блока формируется электрический импульс, который поступает на пьезопреобразователь ПП—1, где он преобразуется в акустический. Излученный пьезопреобразователем ПП—1 акустический импульс, пройдя базу L , отражается от поверхности преобразователя ПП—2 и, пройдя базу L , вновь принимается пьезопреобразователем ПП—1, где он преобразуется в электрический импульс. Время задержки t определяется в микроконтроллере нижнего блока. Величина скорости звука C на базе L вычисляется по формуле

$$C = \frac{2L}{\tau} \quad (5)$$

Измерения проводились на входе в полость с маломерного судна. Был натянут трос с маркерами для фиксации судна, а также для точной привязки на местности при проведении повторных измерений. Измерения удалось выполнить на трех станциях: посередине, а также на расстояниях 1,5 м от стенок полости. Прибор крепился на двухметровой штанге. Пробные измерения на горизонте 0,1 м, непосредственно с судна, выявили его заметные вертикальные колебания, обусловленные зыбью (амплитуда колебаний до 0,1 м, (рис. 7). После установки прибора на специальный попла-

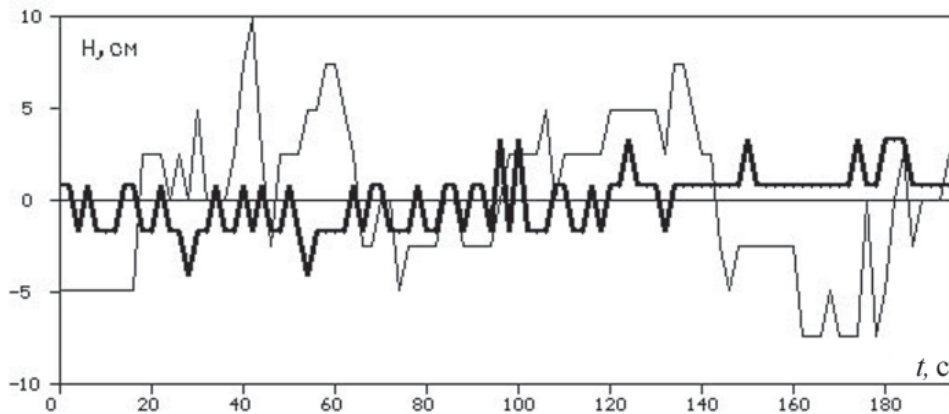


Рис. 7 — Вертикальные колебания (см) прибора ИСТ-1, установленного на горизонте 0,1 м. Тонкая линия — колебания без поплавка. Жирная линия — колебания с поплавком

вок амплитуда вертикальных колебаний уменьшилась в 3 раза. На каждой станции выполнялось несколько измерений: на глубинах 0-0,5 м с шагом 0,1 м, далее до глубины 2 м с шагом 0,5 м. Экспозиция составила 2-3 минуты, данные регистрировались с односекундным осреднением (в будущем время осреднения следует уменьшить, по крайней мере, на порядок).

На рис. 8 приведены временные ряды скоростей (см/с), измеренных посередине входа в полость на горизонтах 0,1-0,2-0,3 м (левый фрагмент, сверху — вниз) и 1,0-1,5-2,0 м (правый фрагмент). Положительные значения скоростей соответствуют течению *из полости*, отрицательные — *в полость*. Максимальные зафиксированные значения флуктуаций скорости ($\pm 0,3$ м/с) примерно соответствуют орбитальным скоростям наблюдавшейся зыби. Для периода $T = 3$ с длина волны λ на глубокой воде составляет ≈ 14 м. Глубины ≈ 8 м соответствуют глубокой воде. При этом орбитальная скорость $U(x, z, t)$ на поверхности будет примерно равна 0,3 м/с. Затухание скорости с глубиной (e^{-kz}) при $\lambda = 14$ м должно было привести к ее уменьшению на горизонте 2,0 м примерно в 2 раза. По-видимому, несколько завышенные значения этих скоростей (см. Рис. 8, правый фрагмент) на горизонтах 1, 1,5 и 2,0 м в основном обусловлены продольными колебаниями прибора. Конечно, эти упрощенные рассуждения, без упоминания отраженных волн (а отражения были) могут дать лишь грубые, предварительные оценки. Детали предстоит еще выяснить. При этом следует уменьшить дискретность измерений, чтобы контролировать влияние ветровых волн и зыби. Кроме того, следует учесть (акселерометром) и погасить продольные и вертикальные колебания прибора.

На рис. 8 приведены значения $U_{\text{ср}}$ — средних скоростей, полученные осреднением за время экспозиции. Они равны +4,6; +4,1 и +3,4 см/с на горизонтах 0,1-0,2-0,3 м, соответственно, и +1,0; -2,5 и -3,0 см/с на горизонтах 1,0-1,5-2,0 м.

Таким образом, посередине входа в полость, в верхнем метровом слое, где в основном была сосредоточена распресненная вода, поток направлен из полости. Он выносит пресную воду в открытое море со скоростью в несколько см/с.

Вертикальное распределение скорости $U(x, z)$ у стенок полости подобно вышеописанному, с тем лишь отличием, что ее величина несколько меньше, чем в стрежне течения (сказывается близость стенок).

Сводная картина вертикального распределения средней скорости $U_{\text{ср}}$ на входе в полость приведена на рис. 9. Используя эти данные, а также данные о фоновой солености $S_{\text{ф}}$ и о распределении солености $S(x, z)$ на входе в полость (см. рис. 3) по формуле (1), можно оценить суммарный дебит Q всех источников пресной подземной воды, разгружающихся в полости. Величина дебита равна $1915 \text{ м}^3/\text{сут}$, причем до 95% дебита дает слой 0-0,5 м. По данным [2, 5-9] величина Q в 1993—98 гг. составила 4500, 5500, 6500, 10000, 9500, $10000 \text{ м}^3/\text{сут}$ соответственно. Следует напомнить, что период май—август 2007 года был аномально засушливым и аномально жарким, а дожди, прошедшие за несколько дней до наших измерений, не могли существенно повлиять на результат. Известно, что скорость дви-

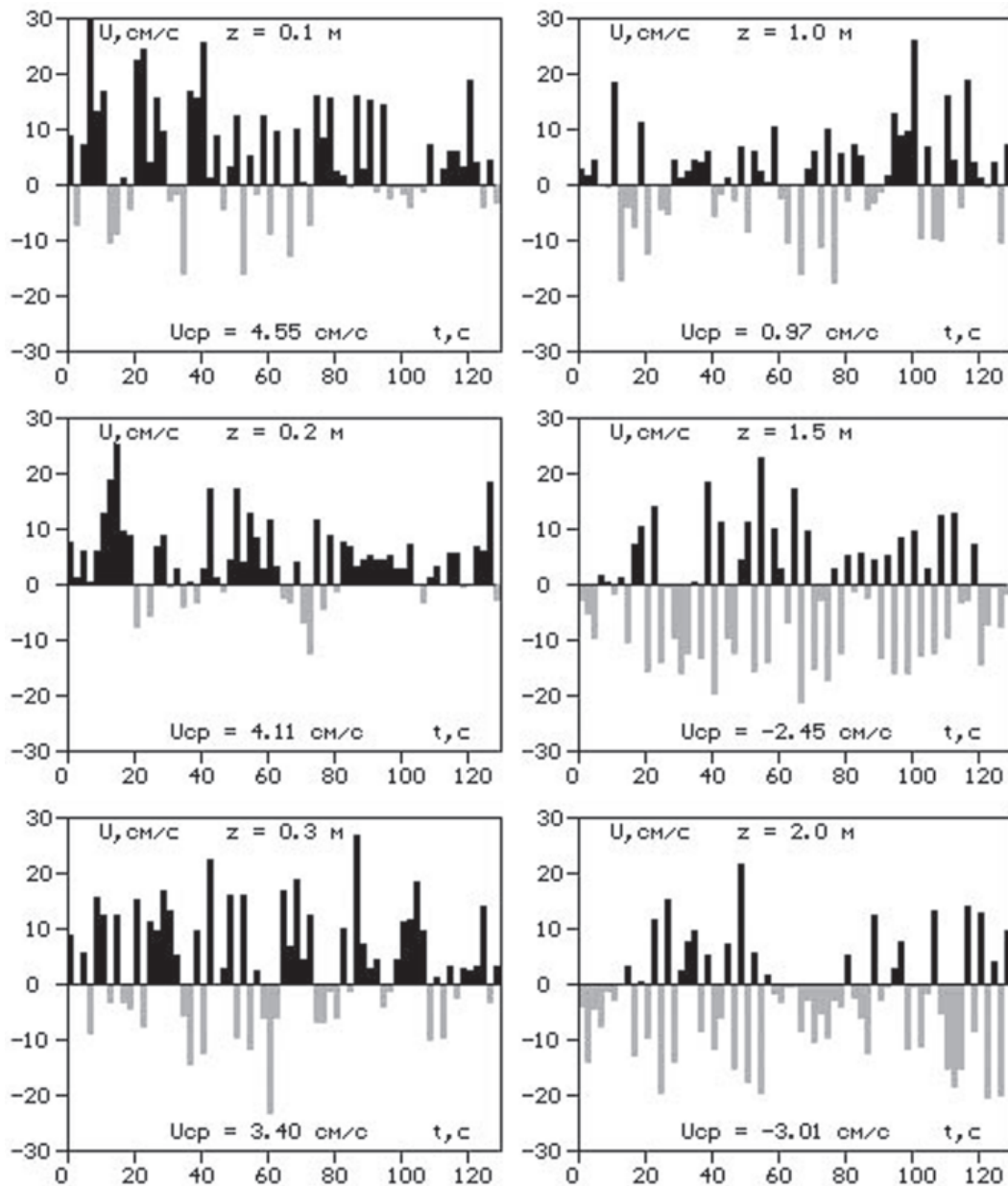


Рис. 8. Временные ряды скоростей (см/с) на входе в полость (ст.4). Левый фрагмент — горизонты 0,1-0,2-0,3 м. Правый фрагмент — горизонты 1-1,5-2,0 м
 жения трещинно-карстовых вод, измеренная индикаторными методами в районе водосборов, питающих исследуемые нами субмаринные источники, составляет 0.46-1.82 км/сут [академик В.М. Шестопалов — устное сообщение], а расстояние от Ай-Петринской яйлы — одной из областей питания — до м. Айя превышает 30 км.

Таким образом, измерив на входе в полость соленость (CTD-зондом ГАП-12Р) и средние скорости (новым прибором ИСТ-1) по формуле (1) мы оценили суммарный дебит Q этих источников величиной ~ 1915 м³/сут. Вероятно, это значение близко к многолетнему минимуму.

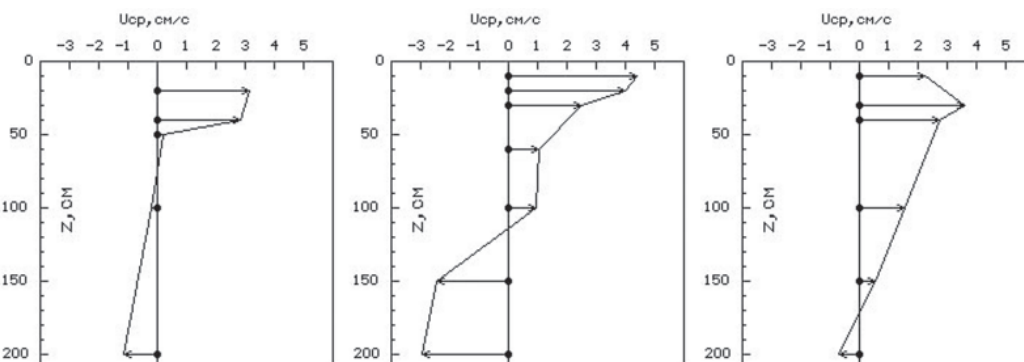


Рис. 9. Сводная картина распределения средней скорости (см/с) на входе в полость. Левый фрагмент — 1,5 м от левой стенки, правый фрагмент — 1,5 м от правой стенки, средний — посередине

Безусловно, приведенная оценка величины дебита весьма приближена, в том числе и из-за высокой временной изменчивости температуры и солености. Так, только на двух вертикалях диапазон изменений солености составил 0,3-0,5 епс. На остальных вертикалях он составил от 1 до 5 епс. Такую большую изменчивость можно объяснить большими вертикальными градиентами солености (напомним, что они достигали до 1 епс на 0,1 м). Такие градиенты могут быть обусловлены как естественными флуктуациями, так и погрешностями измерений (вертикальными колебаниями измерителя солености).

Анализ результатов измерений, полученных с помощью новых измерителей скоростей течений, температуры, солености показал, что субмаринная разгрузка подземных вод (в сентябре 2007 г. после аномально жаркого и засушливого лета) в карстовой полости около м. Пелекетто значительна ($1915 \text{ м}^3/\text{сут}$). В паводковый период ее величина должна увеличиться на порядок и более, что может представлять практический интерес.

Испытание приборов и оборудования показало их пригодность для работы в этих специфических условиях. Об этом свидетельствуют полученные разными физико-химическими методами аналогичные выводы о термохалинной структуре вод, распресненных источниками субмаринной разгрузки. Для получения в дальнейшем более точных данных, приборы и оборудование нуждаются в некоторой конструктивной модернизации.

Следует отметить, что новый измеритель скорости течений ИСТ-1 хорошо зарекомендовал себя при столь необычных условиях измерений. После соответствующей модернизации (не принципиальной), а также модернизации оборудования, фиксирующего прибор, ИСТ-1 можно использовать для проведения дальнейших исследований субмаринной разгрузки подземных вод Крыма.

Начатые работы, согласно программе, будут продолжены весной 2008 г. (апрель-май) с учетом накопленного при проведении измерений опыта, а также результатов анализа полученных данных.

1. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Изменчивость солености поверхностных вод в прибрежной зоне Южного берега Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и

шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.— Севастополь: ЭКО-СИ-Гидрофизика, 2005, вып. 12. — С. 21-27.

2. Кондратьев С.И., Долотов В.В., Моисеев Ю.Г., Щетинин Ю.Т. Субмаринные источники пресных вод в районе мыс Фиолент — мыс Сарыч // Морской гидрофизический журнал.- 1998.- №3. — С. 57-69.

3. Коротков А.И., Павлов А.Н. Гидрохимический метод в геологии и гидрогеологии. Л., Недра, 1972. — 184 с.

4. Шнюков Е.Ф., Клещенко С.А., Митин Л.И., Клещенко Л.Г., Марков А.А. Поиск субмаринных источников в каньонах материковой окраины Южного берега Крыма // Препринт 89-24.-1989.- Киев.- ИГН НАН Украины. — 39 с.

5. Юровский Ю.Г. Оценка величины субмаринной разгрузки карстовых вод в районе мыса Айя // Морской гидрофизический журнал.- 1998.- №3. — С. 78-80 .

6. Юровская Ю.Г., Юровская Т.Н. Субмаринная разгрузка трещинно-карстовых вод в юго-западном Крыму // Геологический журнал.- 1986.- т. 46.- №3. — С.58-63.

7. Юровский Ю.Г., Байсарович И.М., Щетинин Ю.Т., Кондратьев С.И. Мониторинг субмаринных источников в районе м. Айя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа,- Севастополь: ЭКО-СИ-Гидрофизика, 2000.- Вып. 7.- С. 46-52.

8. Юровский Ю.Г., Байсарович И.М. Субмаринная разгрузка подземных вод и водный баланс // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.-2002.-№2.-С.71-79.

9. Юровский Ю.Г., Байсарович И.М. Гидрология прибрежной зоны. — Симферополь: “ДиАйПи”, 2005. — 148 с.

10. Submarine groundwater discharge // UNESCO.- 2004.-Paris. — 35 p.

В статті наводяться результати натурних спостережень у вересні 2007 р. субмаринного розвантаження підземних вод біля мису Айя (Південний берег Криму). За допомогою комплексу нової вимірювальної апаратури, розробленої в Морському гідрофізичному інституті НАН України, виконано вимірювання швидкостей течій, температури, солоності, мутності та вмісту кремнекислоти в одній з карстових порожнин, а також на полігоні біля неї. Оцінено дебіт субмаринного розвантаження.

The study reports data on location observations of submarine ground water discharge collected in September 2007 in the cape Aya region (South Coast of Crimea, Ukraine). We used special equipment designed in Marine Hydrophysical Institute (Ukraine) to measure current speed, temperature, water saltiness, turbidity and silica concentration in a grotto and the area around it. The evaluation of submarine ground water discharge is provided.