

**Б. А. Вахрушев, И. Б. Вахрушев**

## РОЛЬ КАРСТОВЫХ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ВОД В ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ АНТИЧНЫХ И СРЕДНЕВЕКОВЫХ ПОСЕЛЕНИЙ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Использование подземных вод Крыма и в особенности Керченского полуострова является одной из важнейших народнохозяйственных проблем, стоящих перед населением, начиная с древнейших времен и до современности.

Культура водопользования входила составной частью в общественную и религиозную культуру всех без исключения народов заселявших эту территорию.

Наличие источников пресных вод в засушливых регионах является одним из основных факторов, обуславливающих расселение людей и типы поселений. В Горном и Равнинном Крыму, на Керченском полуострове к источникам питьевых вод тяготеют крупные сельскохозяйственные и ремесленные центры антики и средневековья, многие современные города и села. Практически до проведения Северокрымского канала и начала бурения артезианских скважин население Керченского полуострова использовало для своих нужд дождевую воду, собираемую в каменные цистерны, и со склонов – в искусственные водоемы, а также подземные воды колодцев и немногочисленных источников. Пользовались, кроме того, водой, образующейся от таяния снега, набиваемого в ледники устроенные в погребях, прикрытых соломой<sup>8</sup>.

Основные запасы относительно высококачественных питьевых вод Керченского полуострова приурочены к среднемиоценовому, сарматскому, мэотис-понтическому водоносным горизонтам, сложенным мшанковыми, водорослевыми, ракушниковыми известняками, песчанистыми, мергелистыми известняками и мергелями<sup>2</sup>. В них развиты трещинно-карстовые и карстовые воды. На побережье и крыльях антиклинальных структур карстующиеся известняки выходят на поверхность, образуя положительные формы рельефа в виде каменных гряд, крупных останцовых скалистых холмов и гор.

В четвертичных отложениях – суглинках, песках, детритусовых известняках, песках морских террас и современных пляжей – развиты линзы и невыраженные горизонты грунтовых вод и верховодка.

В настоящее время существуют представления о двух основных типах питания карстовых вод - инфильтрационном и конденсационном<sup>4</sup>.

Первый тип связан с интенсивным поглощением вод поверхностного стока и атмосферных осадков в трещиноватые и закарстованные породы с последующим выходом у подножия карстовых массивов, как правило, в виде крупных источников. Второй тип зависит от активности конденсационных процессов в трещинах и карстовых пустотах. По своей физической сути конденсация протекает только в теплый период года, когда температура и абсолютная влажность поверхностного воздуха превышают эти показатели подземного воздуха. Конденсационные воды дают начало небольшим источникам. Они отличаются повышенным расходом именно в жаркое время, когда ценность их вод возрастает.

Для выяснения роли конденсационной влаги в водном балансе Керченского полуострова в районе карстового массива г. Опук (Черноморское побережье) были проведены детальные гидрогеологические работы<sup>1</sup>. Основным источником пресных питьевых вод являются воды мэотического водоносного комплекса, сложенного органогенными известняками и их литологическими разностями. Известняки образуют вершинное плато массива (184 м над ур. моря) и слагают приморский

оползневый склон. У подножия г. Опук, на берегу моря и Элькинского (Каяшского) озера, располагался Боспорский город Киммерик <sup>6</sup>. Кроме самого города, изучен также ряд сельскохозяйственных поселений – хоры округа и римская крепость, построенная, видимо, в первом веке до нашей эры. Кроме известного источника г. Опук, описано 19 древних колодцев, использовавших конденсационные воды, формирующиеся в карстовых коллекторах мезотических известняков.

В зависимости от суточного хода температур конденсационные источники имеют типичный график расходов воды <sup>5</sup>. Максимум расходов приходится на 14-15 часов (с учетом скорости добегания подземных вод к области разгрузки), а минимум – на 2-3 часа ночи.

Исходя из этого, 15 и 16 июля 1994 года на Опукском источнике были проведены суточные наблюдения за расходом и температурой его воды. Измерения проводились с интервалом в 2 часа. (табл. 1).

Таблица 1

Изменения температуры и расходов воды Опукского источника

Время (час)	7	9	11	13	15	17	19	21	23	1	3	5	7
Расход воды л/с	0,14	0,14	0,16	0,19	0,2	0,2	0,18	0,16	0,16	0,14	0,14	0,14	0,15
Температура воды	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,0	13,7	13,7	13,5	13,2	12,5	13,0	13,0
Температура воздуха	25,6	26,3	28,2	29,2	28,8	26,4	25,8	25,4	23,9	23,8	24,1	24,5	24,5

Как видно из таблицы, суточный ход расходов и температур его воды оказался близким к этим показателям конденсационных источников.

На количество конденсационной влаги (Q) влияет: 1 – объем трещинно-карстовых пустот ( $V_{м^3}$ ) в известняках; 2 – коэффициент воздухообмена (i раз в сутки), показывающий, сколько раз в сутки поверхностный воздух сменяет подземный в пустотах; 3 – продолжительность времени конденсации ( $T_{сут.}$ ) в течение года; 4 – разность влагосодержания подземного и поверхностного воздуха  $\Delta e$  ( $e_{пов.} - e_{подз.}$  г/м<sup>3</sup>)<sup>3</sup>.

Таким образом, количество конденсационной влаги, образующейся за год, можно определить по формуле Оболенского<sup>7</sup>, в которую введен коэффициент

воздухообмена

$$Q = V_{м^3} (e_{пов.} - e_{подз.}) i_{раз/сут} T_{сут}$$

Объем известняков г. Опук при мощности 50 м и площади поверхности 2,69 км<sup>2</sup> равен 1 345 000 000 м<sup>3</sup> (0,134 км<sup>3</sup>).

Объем пор и карстовых каверн составил 6 725 000 м<sup>3</sup> (при пустотности 5 % - цифра из производственных отчетов геологических организаций).

$\Delta e$  определялось путем проведения микроклиматических наблюдений за температурой и влажностью воздуха на поверхности и под землей. Здесь основной проблемой было нахождение карстовых пустот достаточной длины и глубины.

Измерения подземного воздуха в катакомбах г. Опук не дали нужных результатов. В июле 1995 года были обнаружены и закартированы три карстовых полости глубиной

25 – 33 м. Определения влажности подземного воздуха, проведенные в них, показали среднее значение  $\Delta e$  по четырем определениям, равное  $12,15 \text{ г/м}^3$ .

Коэффициент воздухообмена, по аналогии с другими карстовыми приморскими массивами, принимался равным 15 раз в сутки<sup>4</sup>.

Длительность периода конденсации составила 165 суток (когда температура подземного воздуха ниже поверхностного). Этот показатель во избежание возможной ошибки несколько занижен. Расчет конденсации дал следующий результат:

$Q = 6\,725\,000 \text{ м}^3 \cdot 12,15 \text{ г/м}^3 \cdot 15 \text{ раз} \cdot 165 \text{ суток} = 202\,229,2 \text{ м}^3$  воды за счет конденсации в год.

Такое количество воды может обеспечивать источник с расходом  $6,41 \text{ л/с}$ , а если учитывать, что конденсация протекает только в теплый сезон (165 сут), то расход увеличится до  $14,2 \text{ л/с}$ .

Рассчитаны также следующие гидрогеологические показатели: слой конденсационного стока –  $75 \text{ мм}$ , модуль конденсационного стока за год –  $2,38 \text{ л/с км}^2$ , модуль конденсационного стока за сезон конденсации –  $5,27 \text{ л/с км}^2$ . Это первое определение конденсации в карстующихся породах Равнинного Крыма, основанное на натурных измерениях.

В районе карстового массива г. Опук выпадает  $325 \text{ мм}$  осадков в год, что равнозначно  $874\,250 \text{ м}^3$  воды на площадь массива в год. Таким образом, конденсация в карстующихся породах составляет  $23 \%$  от нормы осадков за год. Для сравнения: в Горном Крыму на конденсацию приходится только  $3,8 \%$  от нормы осадков, а модуль конденсационного стока, в зависимости от географических условий карстовых массивов, колеблется от  $0,81$  (Долгоруковский) до  $2,46$  (Ай-Петринский), составляя в среднем  $1,7 \text{ л/с км}^2$ <sup>5</sup>. Близкие значения конденсационного стока наблюдаются в Динарском карсте  $1,7 - 3,0 \text{ л/с км}^2$ <sup>9</sup>.

Таким образом, конденсация действительно является важнейшим источником питьевых вод древних поселений Керченского полуострова. Учитывая наличие длительных засушливых периодов (например, в 1994 году сухой безводный период длился с середины мая по конец сентября), когда конденсация полностью поддерживает расходы источников и уровни воды в колодцах, этот вид водных ресурсов не только мог лимитировать численность населения, но и определять тип древних поселений. Предварительные расчеты показывают, что конденсационные воды с учетом неполного их извлечения 19 изученными колодцами, ограничивают численность населения античных и средневековых поселений района г. Опук количеством  $8,0 - 8,5$  тыс. человек. При этом предполагалось, что все конденсационные воды идут только на питьевые нужды и не используются в сельском хозяйстве. Данная цифра хорошо согласуется с подсчетами, основанными на археологических методах, проведенных экспедицией Института археологии РАН (руководитель В.К. Голенко).

Гидрологическое обследование большинства античных городов полуострова (Казека, Киммерик, Китей, Акра, Нимфей, Илурат, Тиритака, Пантикапей, Мирмекий, Гермесий, Порфмий) показало, что основными водозаборными сооружениями, использовавшими конденсационные воды, являлись колодцы и каптажные галереи. По инженерно-гидрогеологическим характеристикам их можно сгруппировать в три типа.

Первый тип представлен на рисунке 1а. Такие колодцы сооружались в теле оползня или на достаточно крутых суглинистых или делювиальных склонах.

Конденсационные воды, смешиваясь с инфильтрационными водами, поступали в колодцы с их водосборов. Извлечение воды из колодцев производилось двумя путями, находившими отражение в их инженерном устройстве.

Оголовок колодца выкладывался крупными плитами известняка. Кладка выполнялась глыбами известнякового камня местного происхождения. Глубина колодцев колеблется от 4 до 12 метров. У входной части колодца, из которого вода извлекалась непосредственно через его оголовок, располагались т. н. «поильные» или «питьевые» камни, представляющие собой выдолбленные в известняковой глыбе каменные корыта. Здесь же производился и водопой скота. Этот способ добычи воды имел ряд недостатков, так как загрязненные воды у входа колодца могли тут же поступать обратно. Данная проблема решалась следующим образом. Вход в колодец закрывался известковой плитой, что предотвращало попадание воды в колодец сверху. Для извлечения воды из колодца сооружалась галерея, которая брала начало со дна колодца и далее шла с небольшим наклоном в сторону падения склона, выходя на определенном расстоянии на поверхность. Здесь из каменного материала устраивалась подпорная стенка. В основании выхода галереи устанавливались «поильные» камни, которых вдоль подпорной стенки могло насчитываться 10-15 штук. Перед «поильными» камнями мстилась площадка. Вода из галереи поступала в первый «поильный» камень, а по остальным растекалась самотеком. В этом случае при использовании воды не происходило загрязнения основной массы колодца.

Второй тип колодца показан на рисунке 1б. Это так называемые «приморские колодцы». Конденсационные и инфильтрационные воды, поступая из мезотических и сарматских известняков, слагающих береговые склоны, попадают внутрь пляжных отложений, образуют линзы пресных вод. При достаточной мощности песчаных и галечниковых отложений четвертичных морских террас и современных пляжей конденсация протекает и в их толще. Зачастую линзы пресной воды располагаются на более плотных морских водах, поступающих в пляжные отложения из морской акватории. В этом случае интенсивное использование вод из таких колодцев приводит к быстрому их истощению. После откачки 2000 литров воды из одного колодца в него стали поступать солоноватые и соленые воды. Через 12 часов линза конденсационных вод восстановилась. Описанный тип колодца является одним из наиболее распространенных в приморских поселениях Боспора.

Третий тип представлен сложными водозаборными сооружениями, когда сразу несколько колодцев (иногда до 5 шт.) связаны между собой галереями, заложенными в основании колодцев (Рис. 1в). Последняя галерея выходит на площадку в основании склона, устройство которой аналогично описанной выше в первом типе колодцев. Такой способ имеет преимущества перед остальными: повышается водность всей системы в целом, водозабор охватывает большую площадь подземного водозабора, и, кроме того, сами галереи могут выступать в качестве самостоятельных водозаборов, улавливающих рассредоточенный подземный сток.

Таким образом, приведенные сведения показывают, что конденсация действительно являлась важнейшим источником, обеспечивавшим высококачественной водой древние поселения. Объемы питания, связанные с метеорными водами, проникающими в закарстованные известняки, недостаточны и полностью срабатываются к середине лета.

Комплексное гидрогеологическое и археологическое изучение древних гидротехнических сооружений Керченского полуострова имеет несколько аспектов. Наиболее важными из них следует считать возрастающую роль небольших автономных водозаборов, обеспечивающих водой возникающие фермерские

хозяйства и населенные пункты возвращающихся народов, которые сопоставимы по размерам с античными и средневековыми поселениями.

И второе: восстановление древних заброшенных колодцев и каптажей источников с последующим созданием природно-археологических и туристических комплексов позволит наладить использование и охрану археологических памятников и улучшить экологический контроль за территорией.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

Вахрушев Б. А. Использование подземных конденсационных вод Крыма в античное и средневековое время и современность. // Движение к ноосфере: теоретические и региональные проблемы. – Симферополь, 1993. – С. 92-97.

Гидрогеология СССР. Т. 8. Крым. – М.: Недра, 1970. – 364 с.

Дублянский В. Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. – Л.: Наука, 1977. – 182 с.

Дублянский В. Н., Кикнадзе Т. З. Гидрогеология карста Альпийской складчатой области юга СССР. – М.: Наука, 1984. – 189 с.

Дублянский В. Н., Дублянский Г. Н. Карстовая республика. – Симферополь, 1996. – 85 с.

Масленников А. Н. Население Боспорского царства в первых веках н. э. – М.: Наука, 1990. – 231 с.

Оболенский В. Н. Курс метеорологии. – М. – Свердловск, 1944. – 120 с.

Пузанов И. И. По нехоженому Крыму. – М.: Географгиз, 1960. – 270 с.

Jenko F. Hidrogeologija in vodno gospodarstvo krasa. – Ljubljana, 1959. – 121 s.

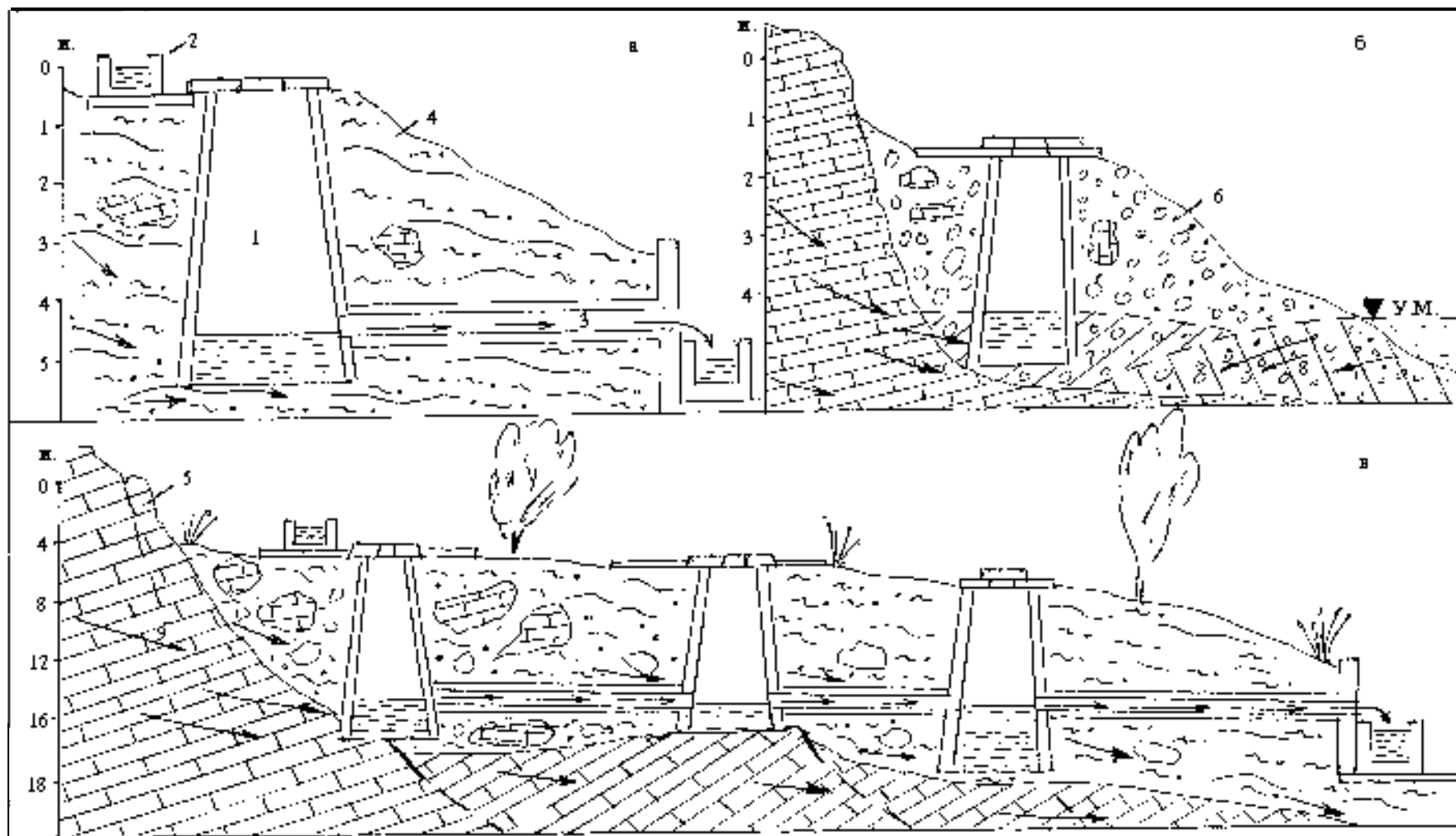


Рис. 1. Типы колодцев Керченского п-ва античного и средневекового времени

Условные обозначения к рис. 1:

1 – колодец с водой; 2 – «поильный» камень; 3 – каптажная галерея; 4 – оползневые отложения; 5 – миоценовые известняки; 6 – пляжные отложения; 7 – конденсационные воды; 8 – морские воды; 9 – направление движения подземных вод.