

Б.Н.Иванов

ЗАКАРСТОВАННОСТЬ ВЕРХНЕГО СТРУКТУРНОГО ЭТАЖА
ЯЛТИНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА

Крайне скудные упоминания нескольких карстовых воронок на плато Ялтинского массива не могли служить достаточной характеристикой карста и причин неравномерности его развития, установленных только работами Института минеральных ресурсов в 1959 г. и последующих годах. Согласно этим данным, наиболее распространенной формой поверхностных карстопроявлений здесь следует считать асимметричные карстовые воронки, типичные для слоистых известняков моноклиналильного залегания, с трещинными полуоткрытыми /реже - открытыми/ понорами у подножий крутых бортов. Размеры воронок обычно средние - диаметры до 50-70м, глубины 5-8м, реже - крупные /соответственно, 150-180 и 10-12м/. На переходе плато в северный склон хребта малые воронки /5-20 и 1-3м/ изредка встречаются в эрозионных врезках, исчезая в тальвегах облещенного склона. Просадки встречаются только на выположенных днищах котловинных понижений.

Во время карстологической съемки бессточных водосборов на плато было установлено, что интенсивность поверхностного закарстования /рис.1/ увеличивается при уменьшении эрозионной расчлененности. Для плато западной части Ялтинского хребта данные о количестве километров сети тальвегов /эродирован-

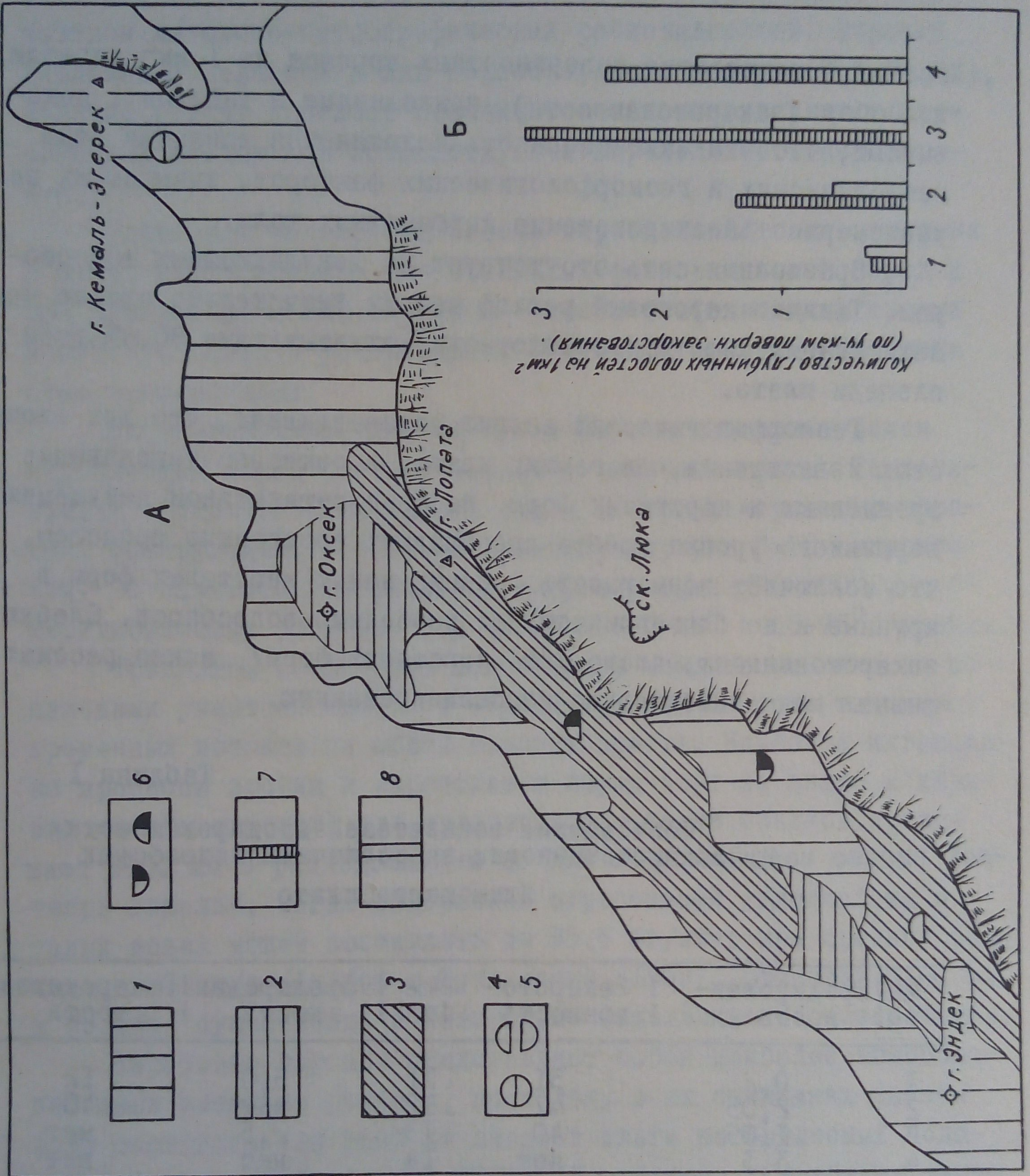


Рис. 1. Интенсивность закарстования плато Алтынского массива.

А. Количество поверхностных карстовых форм на 1 км² площади: 1 - до 10, 2. - 11-30, 3 - более 30; глубинных нивально-коррозионных (4) и коррозионно-эрозивных (5): 4, 5 - менее 10; 6 - 1, 1-5, 0.

Б. Соотношение нивально-коррозионных (7) и коррозионно-эрозивных (8) карстовых полостей на разных участках горной гряды.

ности/ и количестве поверхностных воронок на 1 км² площади водосбора (закарстованности), приведенные в таблице I показывают, что эта закономерность осложняется влиянием ряда геологических и геоморфологических факторов, вызывающих неравномерность закарстования карбонатных толщ.

Эрозионная сеть отсутствует на денудационных водосборах. Типично карстовый рельеф развит значительно слабее чем модификации карстово-эрозионного, охватывающие 80,6% всей площади плато.

Геоморфологический анализ устанавливает, что для слоистых известняков, слагающих плато, характерно чередование эрозионных и карстовых форм. На фоне интенсивной денудации вершинного уровня хребта преобладают эрозионные процессы, что исключает возможность слияния малых карстовых форм в крупные и не благоприятствует дроблению водосборов. Слабую закарстованность плато /285 карстовых форм/ можно рассматривать как относительно стабилизированную.

Таблица I

Соотношение показателей эродированности и закарстованности на различных водосборах Ялтинского плато

№ водосбора	Эродированность	Закарстованность	№ водосбора	Эродированность	Закарстованность
I	0,2	31	11	5,0	12
2	2,05	47	12	нет	40
3	1,05	40	13	2,5	нет
4	3,3	нет	14	нет	нет
5	5,6	нет	15	нет	30
6	7,5	нет	16	нет	?
7	4,2	7	17	3,2	21
8	4,0	44	18	4,2	27
9	3,0	26	19	нет	3
10	нет	нет	20	3,2	

Геологической основой развития этого рельефа является мощная толща секванских, нижнекимериджских и частично ниж-

нетитонских известняков, представленных значительным количеством литолого-петрографических разновидностей. Широкий диапазон содержания в них нерастворимого остатка (0,9-14,7%), наличие редких прослоев песчанисто-известковых глин и карбонатных песчаников способствуют избирательности карстования.

Трещинная водопроницаемость карбонатной толщи, в связи с этим, неравнозначна для отдельных разновидностей пород и при наличии даже однообразной густоты тектонических трещин может существенно уменьшаться, благодаря залечиванию глинистым заполнителем.

На дневной поверхности плато головы пластов и пачек карбонатных пород местами образуют каменные гряды. Тектоническая трещиноватость здесь, как и в бортах карстовых воронок, обнаруживает различную ориентировку /до 8-10 направлений/ с заметной выдержанностью субширотных /90-270°/, субмеридиональных /310-335°/ и секущих /30-45° и 65-75°/ трещин.

Трещинное поглощение атмосферных осадков развито на обнаженных участках плато в бортах воронок и вдоль тальвегов временных потоков на обоих склонах хребта. Наиболее интенсивно процессы эрозии и карстования пород идут на плато и верхних частях склонов, где среднегодовая норма осадков превышает 1100 мм с расходом до 70% ее в холодном сезоне /октябрь-апрель/, когда содержание агрессивной углекислоты в талых водах может составлять до 95,5 мг/литр при средней величине - 23 мг/л /Альбов и Дублянский, 1963/. Оттепели /4-6 раз в сезоне/ существенно активизируют выщелачивание известняков.

Карстовые воронки представляют собой наиболее водообеспеченные элементы рельефа, поскольку в их снежниках запасы воды составляют до 260% от запасов влаги на безлесных пологих участках /Дублянский, 1963/. В эрозионных ложбинах склонов сток наблюдается не более 3-4 раз в году при максимальных единовременных осадках или во время интенсивного снеготаяния. Осадки, не вызывающие стока, и талые воды при постепенном стаивании снега поступают по всей площади плато на питание трещинно-карстовых вод /до 53% осадков/ и на испарение /до 47%/.

Выщелачивающее воздействие вод на породу прослеживается до глубины порядка 100 м. Эрозионный эффект нивальной денудации способствует моделированию поверхностных карстовых форм и постепенному углублению их и эрозионных ложбин.

Открытая стадия развития карста, в которой находится Ялтинский массив, позволяет атмосферным осадкам поступать непосредственно в карбонатную толщу, используя в качестве путей глубинного стока тектонические трещины, трещины, развитые по напластованию, и зоны трещиноватости пород, связанные с разломными нарушениями.

Многочисленные поноры инфильтрации и редкие поноры инфлюации закладываются, в основном, по тектоническим трещинам с простиранием $30 - 40^{\circ}$; 70° ; 270° ; $310-330^{\circ}$; 350° . Нередко зияние наблюдается в понорах и по трещинам напластования. Они наклонены в соответствии с падением пород к ЗСЗ с углами $20-35^{\circ}$.

Преобразование трещин в полости осуществляется периодически корродирующим промачиванием, промывом, нивальным воздействием тающего снега и отседаниями нависающих пластов. Глубинные полости закладываются избирательно, в пунктах концентрации потоков атмосферных вод, по наиболее раскрытым тектоническим трещинам простираний $0-180^{\circ}$; $40-220^{\circ}$; $90-270^{\circ}$; $130-310^{\circ}$ и др. и по трещинам напластования /табл. 2/.

На территории плато прослеживаются признаки, свидетельствующие о неблагоприятных условиях развития полостей на большую глубину. Так, в юго-западной части плато при моноклиналином залегании разнокарстующихся слоистых пород отсутствуют следы стока, поглощение которого могло бы способствовать разработке крупных полостей. Незначительные размеры водосбора срединной ложбины северо-восточной части плато допускают возможность периодического избыточного обводнения только небольшого количества зон трещиноватости, пересекаемых тальвегом этой ложбины.

Характер размещения карстопроявлений на отдельных водосборах, местами с четкой приуроченностью их к простиранию отдельных пачек, показывает, что в верхней части геологического разреза массива существует два типа карбонатного карста.

Таблица 2

Полости	! Основные элемен- ты полости !	Заложение
Коуш-Стильская в тальвеге эрозивной ложбины на СВ плато	Воронка 7x7x4,5м, колодец 4x2x3,5м и I-я камера, соединительный ход	По напластованию 230° под углом 26° и по трещинам 0-180°
Поноры выше по тальвегу	2-я камера с глубиной 8 м, - " - 1 м, - " - 2-3 м,	На трещине 50° - " - 0-180°, - " - 60°
Водопойная в днище крупной котловины	Колодец II, 5x3,5x14м переход в нишу глубиной 8м /занято снежником с запасом воды 300куб.м в сентябре 1959/. Колодец 3,5x3,5x24м, причлененный с ЮВ к первому.	По вертикальным тектоническим трещинам с простиранием 40°, 270°, 360°; ниша вдоль трещины 40°.
Иограф-2 в обрыве ЮЗ части плато		По падению тектонических трещин с углами 30-80°, простирающихся в направлении 230°, 270°, 360°.
Иограф-I к СВ от предыдущей в обрыве		По трещинам бортового отпора.
Карстовая шахта в ЮЗ части плато	Верхний колодец с глубиной II,5м и наклонный ход, колодец глубиной 7м, колодец глубиной 7м и галерея длиной 5м.	На трещине 310°, - " - 270°, - " - 230° с переходом в направление 310°.

Им отвечают специфические связи поверхностных и глубинных карстообразований, характерных для слоистых чистых известняков и толщ чередования карбонатных пород разного состава /Иванов, 1963 Б/.

Распределение трещинной водопроницаемости обеспечивает здесь наибольшую обводненность верхов геологического разреза горного массива.

Поглощенные на поверхности воды стекают по согласным падению пород трещинам в водосборах, сложенных чередованием разнокарстующихся пород, или по каскадным трещинным полостям в водосборах, сложенных чистыми слоистыми известняками. Это подтверждается обследованием полостей.

Коррозионная моделировка стенок шахт/при подтаивании снежников/ и стенок отдельных трещинных полостей/конденсационной влагой/ не уничтожает влияния трещинно-блоковой структуры на морфологию глубинных полостей. Типичная для слоистых известняков каскадность полостей значительно расширяет и удлиняет участки периодического глубинного орошения в трещиноватых известняках.

Так, сравнение планов /рис.2/ шахты Водопойной /развитой по тектоническим трещинам/ и пещеры Коуш-Стильской /развитой по напластованию/ показывает, что длина их коррозионных отрезков по сравнению с длиной трещинно-эрозионных, соответственно, втрое и вдвое меньшая. Если принять, что главные направления недоступных для съемки продолжений этих полостей сохранятся на длину не меньше половины заснятой, то площадь горизонтального сечения зоны периодического орошения трещин под этими объектами может увеличиться по сравнению с площадью поверхности их микроводосбора в 4-8 раз.

Если применить подобное представление к карстовым воронкам, в которых ежегодно сохраняются долгое время снежники диаметром 2-4м, можно убедиться, что максимальная величина площади зоны периодического орошения под каждой из них не будет превышать 50-100м². Отсюда следует, что даже при наибольшей густоте воронок на единицу площади /табл. I/ очаги пропитывания трещин влагой не могут обводнить все их системы. Избирательность обводнения трещин влечет за собой изолированность систем трещинного стока, сохранившуюся в данном горном массиве на всем геологическом разрезе.

С другой стороны, наличие в разрезе пластов и пачек относительно слабо карстующихся пород с высоким содержанием нерастворимого остатка и структурами, различно реагирующими на термокоррозионное воздействие, дает основание рассматривать трещинно-карстовые воды в верхней части разреза этаж-

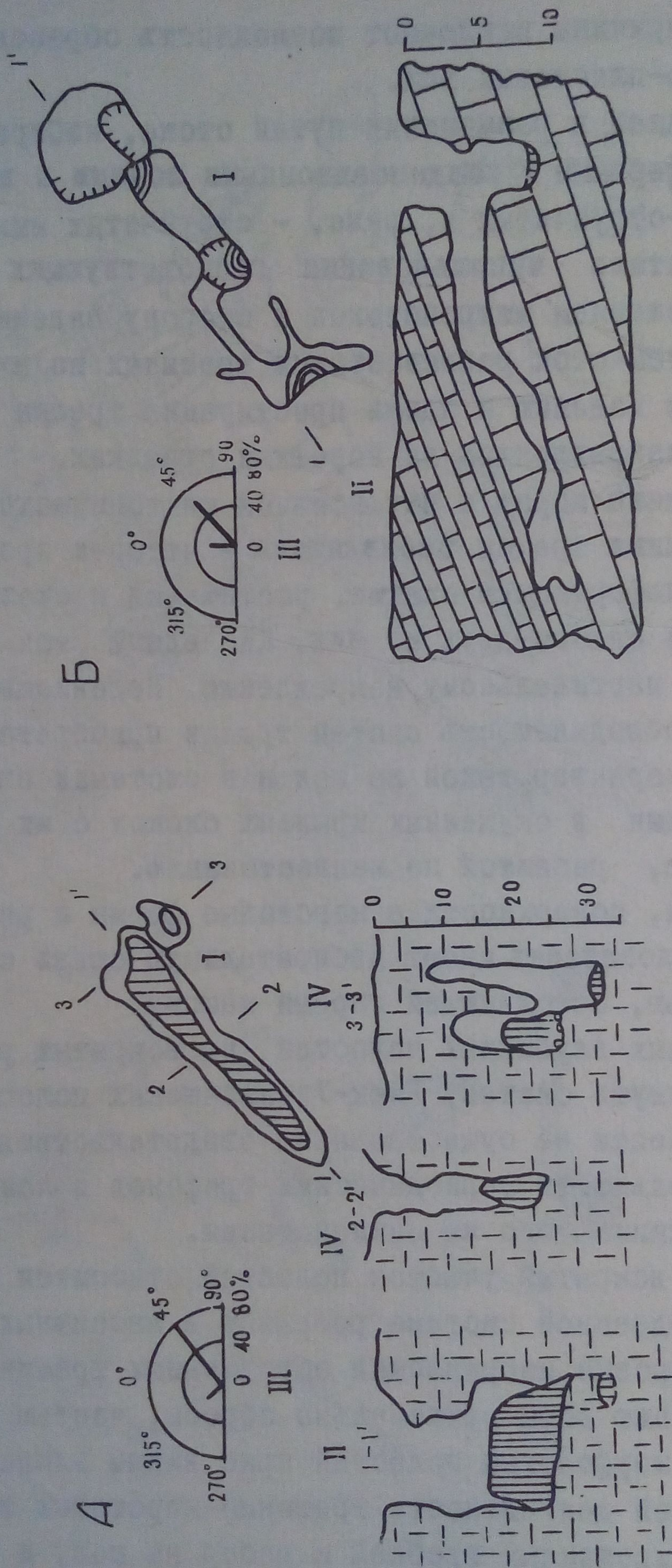


Рис. 2. Карстовые полости: А - Водопойная, Б - Коуш-Стильская. (Условные обозначения те же, что и к рисунку 3).

ными. Изложенные причины исключают возможность образования в разрезе трещинно-пластовых вод.

Общей тенденцией в размещении путей стока, избирательно обводняемых атмосферными и конденсационными водами в виде капельных, капельно-струйчатых и, реже, - струйчатых микропотоков, следует считать использование господствующих зияющих трещин со смещением микропотоков в сторону падения слоистых толщ. При этом сток развивается в трещинах по их падению, диагонально к падению и вдоль простирания трещин и пластов в различных направлениях на коротких отрезках.

В зоне дробления пород и интенсивной тектонической трещиноватости зияния трещин проявляются в четырех простираниях, отвечающих деформациям сжатия, растяжения и скалывания, избирательно вдоль одного-двух из них. Каскадный сток поэтому стремится здесь к вертикальному направлению. Независимо от ширины таких зон обводняемость систем трещин приобретает относительно общий характер, такой же как и в системах оперяющих нарушение трещин в опущенных крыльях блоков с их этапной обводненностью, развитой по напластованию.

Таким образом, поверхностные карстовые формы и разнотипная зияющая трещиноватость имеют избирательную связь с трещинной полостностью, обводняющей горный массив.

Среди изученных глубинных полостей, не вскрытых рельефом, следует упомянуть систему Биюк-Узеньбашских полостей /рис.3/. О вероятности ее существования свидетельствовали слабые следы деятельности периодических грифонов в ложбине выше выходов источника того же наименования.

Искусственно вскрытый участок полостей относится к трудно проходимой обводненной системе разрывов в массивных известняках. Ориентировка направлений обводненных трещин соответствует простиранию зоны регионально сброса, частью которой они и являются. В морфологии полостей ярко видны влияния периодической напорной деятельности трещинно-карстовых вод в виде острых корродированных гребней и ребер на полу и стенках, ориентированных вдоль простирания зоны по азимутам $72-85^{\circ}$, а также саблевидных сталактитов, обращенных выпуклой стороной по азимуту 330° . Очевидно, при переполнении поло-

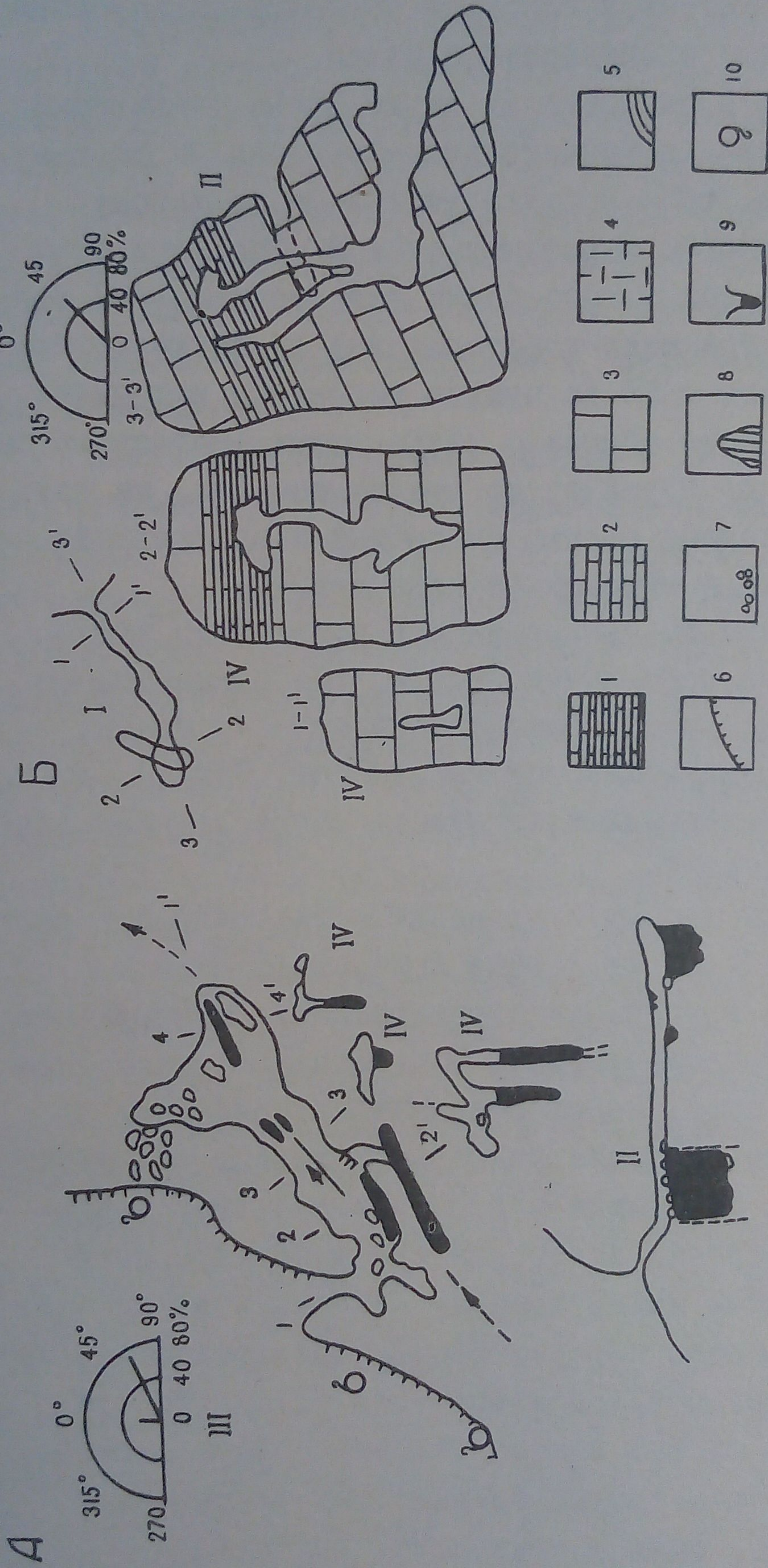


Рис. 3. Карстовые полости:
 А - Бюк-Узенъбашская и Б - Иограф-2. Условные обозначения: I - известняки глинистые, 2 - известняки плитчатые чистые, 3 - известняки грубослоистые чистые, 4 - известняки неслоистые чистые, 5 - заполнитель внутренних поров обломочно-глинистый, 6 - обрывистые склоны, 7 - глыбовые накопления, 8 - снежники шахтные, 9 - полости обводненные, 10 - карстовые источники.

стей водой в расширенной части пещеры возникает круговое вращение турбулентного потока с ЮВ к СЗ, подобное тому, которое наблюдается и в межень в глубинах обводненных полостей при прокрашивании потока в привходовой части.

Колебания уровней в полостях до 3м во время увеличения расхода связанного с ними источника Биюк-Узеньбаш в 50 раз, а также наличие сильной тяги воздуха указывают на хорошую проработанность зоны сброса карстовым стоком. Эта зона, как показало прокрашивание вод в водосборах северного склона массива, экранирует сток трещинно-карстовых вод со значительных площадей и переводит его к ЮЗ до пункта разгрузки источника Биюк-Узеньбаш. Сток к зоне сброса с наибольшими скоростями был обнаружен в скважине, пробуренной на трассе тоннеля, на глубинах 40-50м, и произведена оценка скоростей и направления потока резистивиметрией и методом заряженного тела.

Как показали работы по прокрашиванию подземного стока, в районе существует два постоянных потока, гидравлически не связанных и питающих источники Биюк-Узеньбаш и Карстовый, расположенный южнее примерно на той же отметке. Наличие двух базисов карстования подчеркивает сложность распределения подземных вод в горном массиве.

Установление новых данных о причинах избирательного развития карстовых явлений, типах карста и характере связи между поверхностными и глубинными образованиями, обнаружение поясов наибольшей водообеспеченности и подземного стока, где потери поверхностного стока имеют максимальное значение на северном склоне массива, сопоставление этих поясов со структурным планом массива, позволили определить значение разрывных нарушений в перестройке этажности трещинно-карстовой обводненности, отвечавшей ненарушенному моноклиналильному залеганию пород, на межблоковую избирательную обводненность. Указанные соображения и предпосылки избыточной обводненности северной части тоннеля широко использовались в работе экспедиции при составлении ежемесячных опережающих прогнозов и, как это отмечалось выше, были подтверждены проходкой.

Особенный интерес, в связи с противоречивыми точками зрения на вероятную глубинную закарстованность, представляют

результаты проходки горных выработок в карбонатной толще.

Среди геоморфологических признаков глубинного карстования пород находились отдельные небольшие каверны, обычно залеченные глинистым и кальцитовым заполнителем, трещинные полости и, редко, погребенные западины. Среди гидрогеологических - обводненность зон трещиноватости, особенности режима и химизма водопроявлений и карбонатная агрессивность вод. В целом по разрезу тоннеля была обнаружена крайне слабая локальная закарстованность, неравномерно развитая в толщах известняков.

Встреченные каверны - мелкие с диаметрами от 0,6 до 2-3 см, средние (4x8-10 см), и единичные крупные: 40x20x15-40 /глубина/, 35x12, 25x6, 250x1, 50x4x100, 250x6x30, - составили суммарно всего только 101 форму. Только крупные относились к отрезкам зияющих тектонических трещин с водно-коррозионной моделировкой. Из части поступали капельные, капельноструйчатые и, редко, струйчатые водопритоки /46/, остальные были сухими /55/. Из числа трещинных каверн /35/, неправильно округлых /54/ и извилистых /12/ были заполнены кальцитом - 60 и кальцитово-глинистым заполнителем, изредка с мелкощебенчатой примесью, - 34.

В редких случаях каверны были развиты по кальцитовому заполнителю, а в единичных - заполнены гипсом.

Неравномерность распределения каверн в низах карбонатного разреза и роль карста в обводнении шести гидрохимических зон видна из таблицы 3.

Напорные воды только в одном случае использовали каверну размером 40x6x40 см, развитую вдоль секущей трещины, ориентированной по азимуту 260° с зиянием 2 см.

При весьма значительных расходах трещинных вод в отдельных водопритоках обводненность морфологически выраженных глубинных карстопроявлений оказалась ничтожной. Чередование сухих и обводненных каверн и трещин полностью исключало возможность общего обводнения зоны контакта известняков с цокольным водоупором. Химизм вод из каверн и отсутствие в них агрессивной углекислоты, за исключением 7 водопроявлений IУ зоны, также подчеркивает, что на всем протяжении тоннеля современ-

Таблица 3
Характеристика каверн, вскрытых тоннелем

Гидрохимические зоны	Мощность вскрыши /м/	Количество каверн	в том числе		при вскрытии	
			обводненных	с постоянным водопритоком /л/с/	расходы /л/с/	напоры /атм/
IУ	179 - 269	25	16	1/0,15-0,2	0,2-0,3	-
У	269 - 467	3	1	1/0,2-0,3	капез	-
УI	467 - 670	4	-	-	-	-
УП	670 - 907	7	7	-	0,5	-
УШ	907 - 65I	29 ^{х/}	1	-	0,05	-
IX	65I - 552	33	21	-	4,4	до I

Примечание: х/ из 29 каверн - в I4 влажный глинистый заполнитель.

ные процессы карстования пород отсутствовали. Наличие двух рядом расположенных каверн с постоянными расходами и содержанием углекислоты в одной из них в количестве 100 мг/л при мощности вскрыши не более 180м практически указывает только на один случай прямой связи циркулирующих агрессивных вод с глубинной карстовой полостью.

Все остальные каверны и небольшие западины, заполненные обломочными породами, следует отнести к первичной кавернозности или, в отдельных случаях, к древним формам приповерхностного карста, синхронным картковременному континентальному перерыву.

Отсутствие, кроме описанного случая, постоянной обводненности трещинно-карстовых моделированных коррозией полостей не означает, однако, что из условий развития карста в низах разреза выпадает растворяющая способность воды. В зоне распространения гидрокарбонатно-магниевых-кальциевых вод в 27 водопроявлениях /из них - 7 из каверн/ было обнаружено значительное содержание углекислоты в мг/л: 100, 87, 70, 60, 58, 52, 50 по одному случаю, от 48 до 43 в 3-х, от 38 до 30

в 5-ти, от 28 до 21 в II-ти и I7 - в одном случае. Количество таких водопроявлений резко уменьшается по мере возрастания мощности карбонатной толщи над тоннелем и удаления забоя от зон нарушений, снижается и содержание углекислоты в пробах от 40 - I случай до 9 мг/л. Полное отсутствие атмосферной углекислоты отмечено по ряду проб в У и УI зонах при мощности вскрыши в пределах 269-670м, а также в зонах сульфатных /УШ-IX зоны/, где наблюдается практически застойный режим.

Таким образом, трещинные воды, способные выщелачивать известняки, проникают в массив на значительную глубину. Однако, промытость трещинных систем избирательна и зависит от дислоцированности пород и их мощности. Разное содержание в ездах агрессивной углекислоты, неодинаково расходуемой на коррозионную моделировку путей стока, также подчеркивает избирательность глубинного карстования пород.

Изложенное иллюстрируется рассмотрением особенностей движения вод в пределах отдельных блоков массива. Так, северная маломощная толща разбита наибольшим количеством нарушений, сопровождающих региональный сброс. Здесь водоприток в тоннель связан с нарушением, соединяющим его с зоной Бижк-Узеньбацского базиса карстования. Активизация выщелачивания в IU зоне определяется появлением тоннеля - искусственного базиса карстования и наличием почти вертикальной тектонической трещиноватости в массивных известняках.

Последующие к югу три блока отличаются развитием карста в верхней части их разреза, в связи с наличием слабо карстующихся пород. Каскадные перепады трещинно-карстовых вод могут существовать здесь лишь в зонах тектонической трещиноватости, сопровождающих нарушения. Питание этих вод обеспечивается потерями поверхностного стока в упомянутых выше поясах исчезновения потоков на северном склоне массива.

Центральные блоки массива, сохраняя в разрезе разнокарстующиеся отложения, могут характеризоваться этажным оттоком трещинно-карстовых вод вдоль падения толщ и по субмеридиональным нарушениям к субширотным, экранирующим подземный сток, сбросам. Питание трещинно-карстовых вод здесь осуществляется

атмосферными осадками на плато и периодическим стоком их в тальвегах склоновых водосборов.

Определенная часть трещинно-карстовых вод поступает из верхней части геологического разреза плато на ЮВ склон массива по зонам трещиноватости субмеридиональных разломов, субширотным сбросам и трещинам бортового отпора и отседания в зоне гравитационной тектоники Ялтинского амфитеатра. Эти воды местами поступают в речной сток через мощные глыбовые навалы, в которых образуются многочисленные извилисто-коленчатые разветвленные полости, иногда с обильными натечными образованиями.

Таким образом, основными направлениями движения трещинно-карстовых вод в массиве следует считать наклонно-этажное в пределах блоков и каскадное с преобладанием вертикального в пределах зон тектонической трещиноватости, сопровождающих разрывные нарушения.

В условиях атмосферного питания подземного стока массива без участия транзитных рек постоянство обводненности вблизи базисов карстования обеспечивается как обширностью водосборных территорий, так и естественной зарегулированностью. Среди причин возникновения последней находятся:

1. наличие значительных перепадов, сужение и расширение русел подземных потоков, в межень расчленяющихся на группы полуизолированных водоемов со слабым перетоком воды из более высоко расположенных в пониженные;

2. наличие слабого дренажа из таких водоемов в подземный поток, происходящего с различной скоростью в каждом отдельном случае;

3. формирование систем перекатов с невысокими перемычками из натечных кор в расширенных частях подземных русел, разделенных на системы проточных водоемов;

4. наличие многочисленных трещинных сифонов на участках выклинивания и резкого сужения русел постоянных и периодических трещинно-карстовых водотоков, а также на участках аккумуляции гравитационных аллювиально-делювиальных и аллювиально-озерных пещерных и полостных накоплений;

5. регулирование водоотдачи из отдельных систем

трещинно-карстового стока полуизолированными водоемами при выпадении фронтальных дождей на отдельных участках области питания;

6. наличие шахтных и трещинных снежников на плато;

7. подпитывание трещинных систем талыми водами в холодном и конденсационными - в теплом сезонах года;

8. наличие асимметрии обводненности горного массива моноклиналино-блокового строения, вызывающей преимущественное накопление вод в системах региональных и местных нарушений погружающегося элемента структуры. К последнему следует отнести систему блоков в опущенном крыле массива с его обширными водосборами на северном склоне.

Преимущественная обводненность способствует не только усиленной проработке трещинно-карстовых полостей в зонах дробления пород. В связи с периодическими паводками и переполнением объемов полостей водами, здесь возникает напорная сифонная циркуляция. При этом усиливается подмыв и обрушение масс дробленной породы из систем трещин скалывания, оперяющих сбрасыватели опущенных блоков. Гравитационные обрушения формируют полостность верхних отрезков крупных трещин, неравномерно загромождают глыбовым материалом затопленные водами нижние продолжения, создавая естественные подпоры стока в наиболее расширенных участках трещинных полостей.

Характер трещиноватости, сопровождающей обводненную зону регионального сброса в опущенном блоке, в соответствии с разрезом полостей Биюк-Узеньбашской пещеры представлен на схеме /рис.3/.

Юго-восточнее указанного сброса в разрезе горного массива, несмотря на встреченную в отдельных водопроявлениях углекислоту, химический состав вод заметно отклоняется от обычного для зоны активной циркуляции трещинно-карстовых вод гидрокарбонатно-кальциевого типа. В центральных блоках массива циркуляция трещинных вод крайне замедлена и не обеспечивает возможности формирования трещинно-карстовых полостей.

Направления движений этих слабо минерализованных вод, повидимому, совпадают с простиранием тектонической трещиноватости. Единичные пункты разгрузки их из верхов подобных

зон подтверждаются находками гипсовых натеков в древних трещинных полостях, вскрытых эрозией в южном обрыве массива /Ставрикайская пещера/. Наконец, зона трещинных вод в наиболее погруженных блоках отличается повышенной минерализацией вод, потерявших свою подвижность, а также отсутствием карстопроявлений кроме древних микрокаверн /зоны XIII-IX/.

Последнее убедительно подтверждает правильность положений Ф.П.Саваренского /1933/ и Д.С.Соколова /1962 и др./ о том, что в трещинистых породах, в которых циркуляция воды не имела места и не происходит в настоящее время, нет оснований для развития карста, хотя бы в них содержалась вода и породы были легко растворимы. Наряду с этим результаты изучения выработки показывают отсутствие какого-либо значения древнего карста для современной гидрогеологии горного массива.

Возникновение и формирование во времени карстовых явлений массива намечается в следующем виде. Небольшие и редкие каверны, за исключением единственной формы с современным водоотком, представляют собой реликты полостей слабо проработанных в крайне неоднородных по плотности и первичной каверности рифогенных сооружениях аргония. Небольшие западины на контактах этих известняков и секванских конгломератов на отдельных отрезках выработки, возможно, фиксируют узкие участки рельефа древней поверхности выветривания, хотя не исключается вероятность накопления обломочного их заполнителя в обстановках мелкого взморья с последующим промывом и просадками его в первичные неровности наклонной поверхности рифового тела.

Очень редкие небольшие каверны в грубослоистых известняках низов секвана располагаются вдоль тектонических трещин, залеченных кальцитом /в одном случае наблюдается глинисто-обломочный заполнитель/. Водопроявления из отдельных таких каверн (от 0,08 до 1,5 л/сек, с температурами воды от 15,6° до 16,4°) отличались сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-магниевым составом и быстро иссякали. Каверны в двух случаях неправильно округлые с диаметрами до 6 см могли подвергнуться моделированию за счет воздействия на породу не-

значительного количества серной кислоты, выделявшейся в процессе окисления сульфидов, рассеяных в слоистой перекрывающей толще.

Вероятность существования реликтовых каверн в нижне-кимериджской толще — незначительна, поскольку карстопроявления в ней могли развиваться по типу карста в толщах чередования разнокарстующихся пород только в самых верхних пластах чистых известняков, уничтоженных денудацией во время континентального перерыва.

В последующих меловом и палеоген-неогеновом этапах денудационного выравнивания слабо приподнятых участков низменной суши карстование пород происходило на крайне незначительную глубину, в связи с приповерхностным расположением местных базисов карстования.

Плиоцен-четвертичный этап интенсивных поднятий, преобразовавших низменную сушу в горную страну, определил возможности развития разновозрастного закарстования, наблюдаемого в массивах Главной гряды Крыма. Согласно палеозоологическим находкам в отложениях пещер и отдельных карстовых шахт, время формирования некоторых из них относится к плиоцену /Иванов, Бачинский, 1963/. Образование ряда шахт относится к позднему плейстоцену-голоцену, когда обрушение сводов и раскрытие многих из них совпало со временем окончания наиболее интенсивных поднятий горных массивов /вюрм-поствюрм/. Наконец, обнаружение коричневато-красноватых тяжелых суглинков в основании разреза рыхлых отложений отдельных карстовых воронок, находка на размытой поверхности их каменного орудия мустьерского облика, а также многочисленные находки мезолитических орудий в коричневато-бурых перекрывающих суглинках, показывают различный возраст воронок, заложенных в первом случае в плейстоцене /миндель-рисс/, во втором — в голоцене /вюрм-поствюрм/.

Возникновение каверн в низах верхнеюрского разреза не могло произойти во время этапа геологической истории Главной гряды, поскольку в подобном случае требовалось бы допустить проработку карстовым стоком отдельных зон трещиноватости и нарушений до низов карбонатного разреза с сохра-

нением в них активной циркуляции трещинно-карстовых вод гидрокарбонатно-кальциевого состава. Документация выработок тоннеля, как это излагалось выше, не обнаружила подобных явлений на всем протяжении трассы, кроме одного, описанного в IУ зоне, случая.

Таким образом, в процессе интенсивных поднятий горных массивов сформировались и сохранились до настоящего времени зональности свободного, ограниченного водообмена трещинно-карстовых вод в разрезе массива. Характеризуя развитие карста и возможности его дальнейшего распространения в карбонатной толще указанная зональность обнаруживает свою зависимость от знака и интенсивности тектонических движений, геологического строения и геоморфологического плана территории, сложенной карбонатной толщей с ее карстовыми и эрозионными водосборами. Ту же зависимость обнаруживает и разработанность эрозионных верховьев речных систем, определяющая высотное положение пунктов разгрузки трещинно-карстовых вод, фиксирующих современное положение глубинных базисов карстования.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А л ь б о в С.В., Д у б л я н с к и й В.Н. Информ. бюлл. "Метеорология и гидрология", № 7, К., 1964.
- Д у б л я н с к и й В.Н. Известия АН СССР, сер. географ., № 2, 1963.
- И в а н о в Б.Н., Б а ч и н с к и й Г.А. Тр. комплекс. карст. экспед. АН УССР, вып. I Изд. АН УССР, Киев, 1963.
- С а в а р е н с к и й Ф.П. Гидрогеология. ОНТИ, 1933.
- С о к о л о в Д.С. Основные условия развития карста. Госгеолтехиздат, М., 1962.