

Катаев В.Н., Печенкина Е.И. Поверхностные формы карста Ясыльского поля // Гидрогеология и карстование: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 2000. Вып. 13. С. 238-246.

В.Н. Катаев, Е.И. Печенкина

V.N. Kataev, E.I. Pechenkina

Пермский университет

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ФОРМЫ КАРСТА ЯСЫЛЬСКОГО ПОЛЯ

THE SURFACE KARST FORMS OF IASILSK FIELD

Generalizing and analysis of the morphological and morphometrical parameters of the surface karst forms is conducted by results of the karstological investigations on Krasnoiasilsk' engineering-geological polygon (Ordinski region, Perm area). The analysis is conducted under the description 1312 forms captured in karst-erosive broad gullies and on the levelled surfaces of the local watersheds.

Поверхностные формы карстового рельефа на территории Ясыльского поля, к которому приурочена и территория инженерно-геологического полигона, весьма разнообразны. Здесь развиты воронки и провалы, карстово-эрозионные лога, рвы и слепые мешкообразные долины, карстовые озера и источники; фрагменты локализованных подземных потоков вскрываются карстовыми воронками (гидрогеологическими окнами). Зачастую поверхностный сток поглощается понорами, а карстовые каналы, расширенные растворением трещины и карры повсеместно присутствуют на поверхности гипс-ангидритовых обнажений. Среди всех перечисленных форм карстовые воронки наиболее многочисленны.

В процессе обследования выявлены карстовые воронки различных генетических типов: коррозионные, коррозионно-провальные, коррозионно-суффозионные, коррозионно-эрозионные. Часто борта наиболее крупных воронок осложнены микроползневыми формами, эрозионными промоинами, вторичными воронками без дернового покрова. На дне многих карстовых воронок выделяются заиленные каналообразные поноры, устье которых в виде цилиндра имеет поперечные размеры до 1м и глубину 0.5-1.0м. Такие воронки обычно имеют конусообразную форму. Они расположены, как правило, в тальвеговых частях логов, тяготея к приподошвенным зонам высоких и крутых бортов. Трещинные поноры с раскрытостью до 0.3м наиболее часто

встречаются в воронках коррозионно-провального типа, на дне или в бортах которых вскрываются гипс-ангидриты. Данный тип воронок зафиксирован в приборочных зонах логов, и на их склонах, где элювиально-делювиальный покров практически отсутствует, а гипсы выходят на поверхность или покрыты почвенно-растительным слоем. Трещинные поноры фиксируются и в воронках, расположенных в приподошвенных зонах бортов высоких и крутых склонов логов, там, где карстующиеся породы обнажаются фрагментарно.

Воронки встречаются повсеместно: на местных водоразделах, склонах логов, их днищах. Густота проявления и морфологический облик воронок, их генетическая принадлежность зависят от многих факторов, среди которых определяющими являются мощность и характер перекрывающих отложений, принадлежность воронок к определенному элементу рельефа, что на данной территории взаимосвязано, состояние самих карстующихся пород. Плотность карстовых воронок на территории поля в среднем составляет 375-400 форм/км², достигая на отдельных участках, как правило, в приборочных зонах крутых склонов логов, условной плотности свыше 10 000 форм/км². Такие участки ограничены в размерах и не превышают по площади 1 гектара. Они характеризуются задернованным типом карста, где коррозионные и коррозионно-провальные конические или цилиндрические воронки-провалы диаметром 2-3м и глубиной 1.5-2.5м практически сопряжены бортами. Такие поля воронок не залесены или на перемычках между воронками сохраняется сухостойный подлесок. Поля являются идеальными водопоглощающими поверхностями. В соответствии с классификацией карстовых территорий по степени плотности форм территория Ясылского карстового поля отнесена к площадям с весьма значительной плотностью (>100 форм/км²) [1]. Кстати отметить, именно Ординский участок Кунгурско-Иренского карстового района приведен Г.А. Максимовичем (1963) в качестве примера территорий с весьма значительной плотностью поверхностных карстовых форм. По данным топографической съемки территории трассы газопроводов, проведенной Пермгипсродхозом в 1997г., плотность карстовых форм достигает 1940шт/км².

Из 1312 наблюдаемых воронок 31 (2.4%) имеет явно провальное происхождение - цилиндрическую или мешкообразную форму и 15 из них образовались в течение ближайшего времени (не заросшие травой стенки, зеленая трава на обвалившемся дерновом покрове). Свежие провалы редко достигают 1м в диаметре и, как правило, имеют глубину 1-1.2м. Данная территория характеризуется интенсивностью провалообразования 3.2 шт/км²/год.

Структурно-тектонической особенностью территории полигона является ее блоковое строение, в конечном итоге определяющее и контролирующее строение геолого-литологического разреза: мощность и характер перекрывающих карстующиеся отложения толщ, состояние

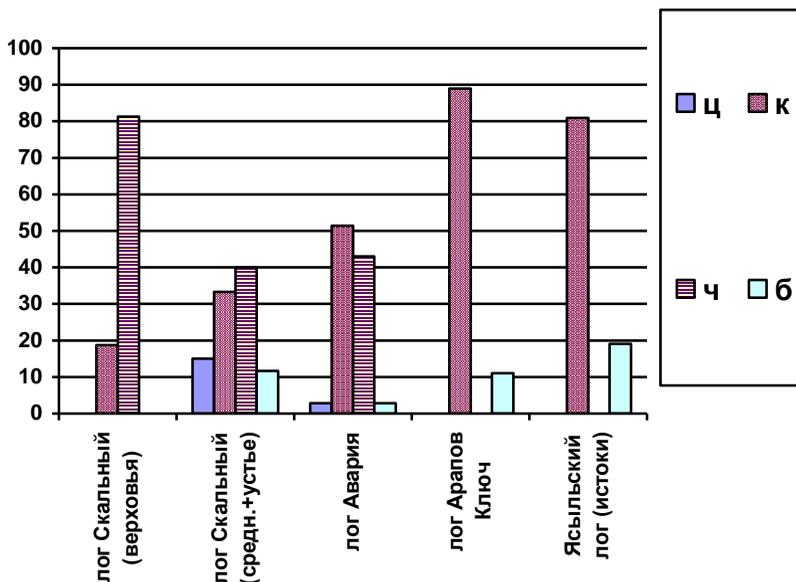
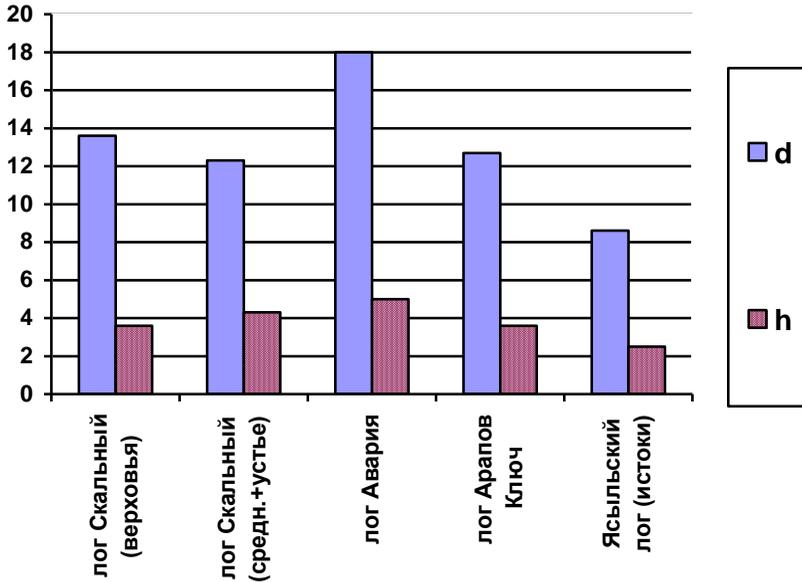


Рис.1. Соотношение морфологических типов карстовых воронок в логах Ясыльского карстового поля: ц-цилиндрические, к-конусообразные, ч-чашеобразные, б-блюдеобразные карстовых воронок в логах Ясыльского карстового поля

верхней части карстующихся гипс-ангидритов, проницаемость покровов и карстующихся отложений и, как следствие, интенсивность и пространственное распределение форм экзогенных процессов, в частности карстовых. Поверхностные карстпроявления - воронки являются индикатором состояния карстующихся и покровных отложений, индикатором перераспределения подземных вод зоны активного водообмена, как в целом по площади, так и внутри тектонических блоков. По глубинам воронок и их поперечным размерам в плане, можно судить о мощности покровов. Зональность в площадном распределении воронок по глубинам позволяет с достаточной степенью достоверности устанавливать положение гидрогеологически активных трещинных

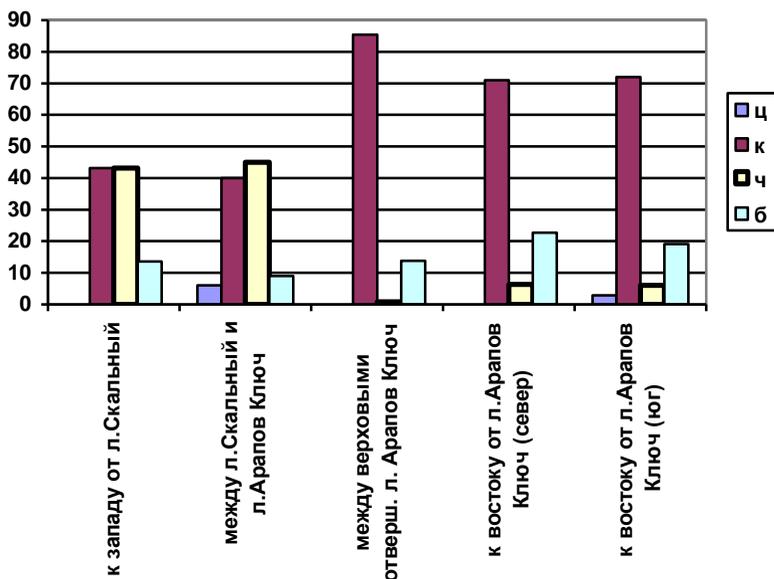
зон внутриблоковых и межблоковых перетоков подземных вод. Морфологический облик воронок позволяет судить о неоднозначности развития карста на территории карстового поля, его зависимости от гео-



лого-структурного и геоморфологического облика площади (рис.1-4).
 Рис.2. Соотношение усредненных диаметров (d,м) и глубин (h,м) карстовых воронок в логах Ясылыского карстового поля

Анализ морфолого-морфометрических данных свидетельствует о том, что среди обследованных логов, лог Авария выделяется наиболее крупными размерами карстовых воронок (средние параметры: $d=18.0\text{м}$, $h=5.0\text{м}$). Лога Скальный и Арапов Ключ по параметрам карстопроявлений очень близки друг другу. Однако в логу Арапов Ключ верхний предел поперечных размеров и глубин поверхностных карстопроявлений выше, чем в Скальном (50.0 и 30.0м , 17.0 и 20.0м соответственно). Верхние пределы параметров карстопроявлений в логу Арапов Ключ приближены к пределам карстопроявлений лога Авария ($d=70.0\text{м}$ и $h= 20.0\text{м}$). О более интенсивном течении карстово-суффозионных процессах в логу Арапов Ключ по сравнению с логом Скальный свидетельствует и морфологический облик воронок - 89%

конусообразных, как правило с понорами. Три провальные воронки цилиндрической формы с $d=3-5\text{м}$ и $h=3\text{м}$ встречены в средней части



лога Скальный, не изменяют общего морфологического соотношения. Они приурочены к приподошенной части левого крутого борта лога, зоне прибортового транзита подземных вод. Эти воронки старые, с древесной растительностью и интенсивно выветрелыми гипсами в бортах, являющимся одновременно и бортом лога.

Рис.3. Соотношение морфологических типов карстовых воронок на местных водоразделах Ясыльского карстового поля: ц-цилиндрические, к-конусообразные, ч-чашеобразные, б-блюдообразные

Морфолого-морфометрические параметры карстопроявлений на территории истоков Ясыльского лога, не характерны для логов, а более соответствуют водораздельной части к востоку от лога Арапов Ключ.

Соотношение морфометрических характеристик карстопроявлений на поверхностях водоразделов и в логах свидетельствует о том, что водораздельные пространства осложнены воронками меньших поперечных размеров и глубин, чем лога; морфологическое же соотношение остается практически идентичным.

При сравнении карстопроявлений только на водоразделах выявляется тенденция уменьшения параметров воронок от западных площадей полигона к восточным. Относительно максимальные размеры имеют воронки на водораздельной площади к западу от лога Скальный ($d=16.1\text{м}$, $h=4.5\text{м}$), минимальные - к востоку от лога Арапов Ключ ($d=7.5-7.8\text{м}$, $h=1.6-1.9\text{м}$). Главная причина такой тенденции в уменьшении к востоку мощности перекрывающих отложений. В то же время блок к востоку от лога Арапов Ключ более интенсивно поглощает атмосферные осадки через многочисленные воронки, сформированные в гипс-ангидритах практически выходящих здесь на поверхность (плотность более 300 форм/км^2). Блок является местной областью питания подземных вод.

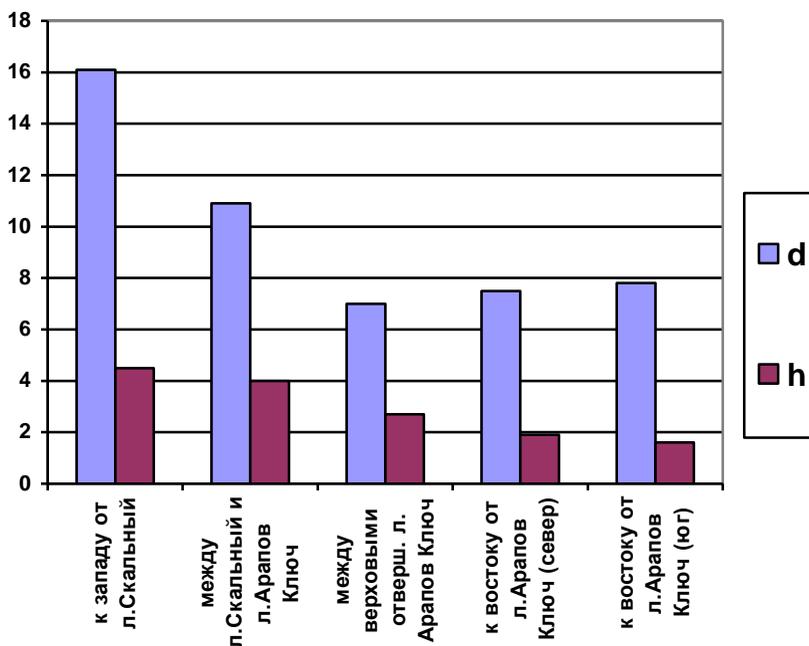


Рис.4. Соотношение усредненных диаметров ($d, \text{м}$) и глубин ($h, \text{м}$) карстовых воронок на местных водоразделах Ясылского карстового поля

Площадная зональность в распределении воронок на территории полигона выявляется на специальных картах: распределения диа-

метров и распределения глубин. В самом общем фоновом значении морфометрическая зональность контролируется тектоно-карстовыми формами рельефа - логами. Наряду с общей, фоновой зональностью достаточно четко проявляется внутриблоковая зональность более высоких порядков. Внутриблоковая морфометрическая зональность в основном зависит от трех факторов: изменения мощностей, литологии перекрывающих отложений и распределения внутриблоковых трещинно-карстовых зон, активно перераспределяющих подземные воды.

Выявленная зональность позволяет прогнозировать внутриблоковое перераспределение подземных вод, а морфометрические параметры воронок, характеризующих ту или иную зону, позволяют определить параметрический диапазон возможных внутризональных деформаций поверхности массива.

Наиболее четко зональность проявилась на карте распределения глубин воронок.

Восточная окраина блока, расположенного к западу от лога Скальный, и долина лога Скальный. Ориентировка зон, отражающих распределение диаметров воронок, в целом подчинена диагональной ориентировке русла лога, в то время как зоны распределения глубин воронок на широтах средней и приустьевой части лога имеют параллельную ему ориентировку. Конфигурация зон распределения глубин с учетом слабого наклона пород блока на восток-юго-восток дает веское основание предполагать межблоковый переток подземных вод поперек русла лога с запада на восток, к центральной части блока, ограниченного логами Скальный и Арапов Ключ. Переток должен сопровождаться перехватом подземного потока в днище лога. О перехвате косвенно свидетельствует отсутствие гидрохимической связи вод лога Скальный с водами Ясылского лога. Косвенным свидетельством перетока является и снижение карстовой активности приустьевой части лога по сравнению с верховьями и средней частью, фиксируемое по морфолого-морфометрическим показателям поверхностных карстопроявлений.

Наличие субпараллельных зон связано с разломом, по которому заложен перпендикулярный руслу лога западный отвершек. О существовании субпараллельных зон перетоков в этом блоке свидетельствует расположение и конфигурация зон развития подземного карста, выявленных буровыми и геофизическими методами. Субпараллельные зоны характеризуются воронками с поперчниками 2-4, 5-10, реже 20-50м и соответствующими глубинами 1-2, 3-5, реже 7-12м.

Блок ограниченный логами Скальный и Арапов Ключ, наиболее структурирован. Здесь преимущественно развиты узкие (50-75м) суб-

параллельные зоны, соединенные между собой. Совокупность их образует решетчатый тип структуры. Зоны характеризуются идентичными параметрами воронок: 5-15, реже 20-30м и соответствующими глубинами - 2-3, реже 5-10м. Положение зон предполагает концентрированный внутриблоковый переток с запада на восток и с востока на запад. Ось перетока является ось лога Авария. В пределах оси лога поток меняет ориентировку с параллельной на поперечную относительно газотрассы. Следует учесть, что помимо внутриблоковых вод к подземным полостям лога Авария перераспределяется и поток от лога Скальный. К западу от оси лога Авария поток переориентируется на поперечный в соответствии с трещинной зоной, фиксируемой по намечаемому отвершку лога Авария, а с востока поперечный поток соответствует трещинной зоне, фиксируемой по намечающемуся отвершку Ясылского лога. Подземным продолжением и подтверждением зон являются участки подземной закарстованности.

Лог Арапов Ключ, его подземный поток в средней части лога, в соответствие с распределением зон поверхностной закарстованности, помимо вод руслового потока с верховьев, получает питание со стороны западного борта, из блока между логами Скальный и Арапов Ключ. На участке пересечения логом трассы газопроводов возможны деформации поверхности массива с поперечными размерами 5-10, реже 15-20м и глубиной 2-3, реже 5-10м. Особенностью верховьев лога является то, что воды, поступающие к истокам лога от водораздела, перехватываются трещинной зоной северо-западной ориентировки. Зона трассируется как распределением диаметров, так и глубин воронок. Зона вскрыта руслом лога. Водообильность зоны подтверждается выходами двух точечных источников подземных вод. Часть воды зоны разгружается в лог, часть дренируется зоной в блок к востоку от лога Арапов Ключ.

Блок к востоку от лога Арапов Ключ характеризуется минимальными параметрами поверхностной закарстованности. Здесь, в пределах территории полигона выделяются две зоны. Первая, ориентирована перпендикулярно трассе и характеризуется воронками с поперечными размерами 2-10м, реже 20-25м и глубиной 1-2, реже 3м. С поверхности, помимо карстовых воронок, зона трассируется отвершком Ясылского лога. Ось второй зоны также трассируется отвершком Ясылского лога. Зона характеризуется формами деформации поверхности - карстово-суффозионными воронками с размерами 2-5, 10-15м в поперечнике и глубиной 1-3м. Обе зоны обводнены.

Из вышеизложенного следует:

1. Поверхностная закарстованность территории Ясьльского карстового поля и инженерно-геологического полигона неравномерна. Ее интенсивность, параметры карстопроявлений и особенности пространственного распределения зависят от а) геолого-структурных особенностей территории - поверхности тектонических блоков, их периферийные части или зоны сочленения блоков, б) геоморфологических особенностей территории (элементов рельефа) в данном случае тесно связанных со структурным планом территории: поверхности водоразделов, лога, склоны логов, их днища, бровки склонов, выровненные эрозионные площадки на склонах крупных логов.

2. Распределение карстовых форм во многом определяется распределением внутриблоковых трещинных зон, образующих своеобразную трещинно-карстовую структуру блока и массива в целом.

3. Каждая из зон с поверхности является потенциально-опасной с точки зрения возникновения медленных - вековых, быстропотекающих-сезонных и катастрофических деформаций поверхности. Опасность таких деформаций выше, если карстующиеся породы над зоной перекрыты полускальными породами, позволяющими полости развиться до критических величин.

4. Трещинно-карстовые зоны обводнены (гидрогеологически активны), что приводит к постоянному вымыву сезонного заполнителя и коррозионно-эрозионному расширению полостей особенно в периоды паводка, когда скорости подземного потока повышаются, а его дефицит насыщения велик. Период паводка и начало последующего периода сработки подземных вод в массиве (начало периода разгрузки массива) наиболее вероятное время возникновения поверхностных и подземных деформаций.

5. Применительно к решаемым задачам наиболее опасными для линейных сооружений являются трещинно-карстовые зоны ориентированные параллельно трассе газопроводов, опасными являются зоны диагональной ориентировки и менее опасными являются зоны ориентированные поперек трассы (с учетом критических параметров деформаций).

Библиографический список

Максимович Г.А. Основы карстоведения. Пермь, 1963. Т.1. С.104-139.