

**Щербаков С.В.**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь*

## **ПОКАЗАТЕЛИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ КАРСТА**

*Жұмыста аумақтың карстқа қауіптілігін бағалауда ұсынылатын негізгі сандық көрсеткіштер түрінде қалыптасқан, карстың геологиялық даму жағдайлары қарастырылған. Бұл көрсеткіштердің карстың даму белсенділігіне және оның жаңа құлау пішіндердің пайда болуы түрінде пайда болу қауіптілігіне әсері талданды.*

*В работе рассмотрены геологические условия развития карста, формализованные в виде набора ключевых количественных показателей, рекомендуемых при оценке карстоопасности территорий. Проанализировано влияние этих показателей на активность развития карста и опасность его проявления в виде образования новых провалных форм.*

*In paper geological conditions of development of the karst, formalized in the form of a set of the key quantitative factors recommended at an assessment of a karst hazard of territories are considered. Influence of these factors on activity of development of a karst and hazard of its occurrence by way of formation of new sinkholes is analyzed.*

Изучение опыта оценки карстоопасности показало, что инженерно-геологические условия территорий развития карста в значительной степени предопределяются особенностями геологического строения. Развитие карстового процесса протекает в том случае, когда в массиве пород залегают карстующиеся отложения, а активность его проявления, выраженная в форме провалов, образующихся на поверхности земли, находится в прямой зависимости от глубины залегания карстующихся пород. В то же время особенности строения и сложения надкарстовой толщи пород оказывают ничуть не менее значимое влияние на развитие карста. В зависимости от конкретных условий влияние покровной толщи может усиливать или, наоборот, замедлять процесс провалообразования.

Изучение взаимосвязей между особенностями геологического строения приповерхностной толщи пород и активностью развития карстового процесса произведено на примере четырех ключевых участков, локализованных в центральной юго-восточной частях Пермского края, Россия (рис. 1). Эти участки приурочены к территориям развития преимущественно сульфатного типа карста, карбонатные отложения здесь имеют подчиненное значение.



Рис. 1. Расположение исследуемых участков на территории Пермского края (Россия)

В пределах рассматриваемых территорий в результате обработки материалов инженерно-геологических изысканий прошлых различными организациями пробурено и пройдено 5336 скважин и шурфов различной глубины. Плотность и равномерность изученности исследуемых территорий буровыми работами различная. Наиболее полные в площадном отношении данные собраны для территорий г. Кунгур и участка трассы газопровода в Ординском районе.

В границах исследуемых участков за последние 50-60 лет закартировано и достаточно подробно описано 3384 провалные карстовые воронки, 1047 карстовых полостей и 1097 зон дробления, вскрытых буровыми инженерно-геологическими и карстологическими скважинами [2].

Имеющееся количество буровой и карстологической информации дает возможность осуществить достаточно полный анализ как геологических условий, так и закарстованности в пределах исследуемых пилотных территорий.

В результате изучения геологического строения исследуемых территорий было установлено, что в приповерхностной толще разреза в зависимости от возраста, преобладающей литологии пород и их состояния выделяется до 4 прослоев, прослеживающихся в региональном плане. С поверхности в пределах всех исследуемых участков залегает слой рыхлых четвертичных отложений (Q) различного генезиса и состава. Среди четвертичных грунтов преобладают аллювиальные, делювиальные и элювиальные образования и их разности, представленные глинистыми, реже песчаными грунтами с включениями крупнообломочного материала, реже – крупнообломочными грунтами с тонкодисперсным заполнителем.

Под слоем четвертичных отложений встречаются слои карстово-обвальных рыхлых неоген-четвертичных отложений (N-Q) и, реже, карбонатно-терригенная толща, приуроченная к соликамскому горизонту уфимского яруса нижней Перми (P<sub>1uf</sub>). Развитие этих слоев по площади и в разрезе носит спорадический характер, их мощность изменяется в широких пределах в зависимости от территории исследования.

Неоген-четвертичные отложения представлены так называемой «карстовой брекчией». Это обвально-карстовая толща дисперсных грунтов, образующаяся в результате обрушения подземных карстовых полостей и перемещения выше лежащих отложений вниз по разрезу с потерей их сплошности. Неоген-четвертичные отложения характеризуются «перемешанным» составом и общей разуплотненностью. В пределах исследуемых территорий они, как правило, сложены глинистыми отложениями со значительными включениями неокатанного крупнообломочного материала коренных пород различных размеров – от дресвы и щебня до отдельных глыб. Соликамские образования представлены мергелями, аргиллитами, алевролитами с подчиненным значением глин, известняков и доломитов. Четвертый слой представлен толщей карстующихся карбонатно-сульфатных и карбонатных отложений иренского и филипповского горизонтов кунгурского яруса нижней Перми (P<sub>1kg</sub>). Они сложены гипсами и ангидритами, известняками и доломитами.

Различное сочетание отложений в разрезе в пределах исследуемых территорий не только предопределяет характер карстоопасности, но и позволяет сформировать конкретный набор показателей геологического строения. В основу генеральной типизации геологического строения исследуемых территорий положен стратиграфический принцип – особенности и порядок залегания разновозрастных отложений. В первом приближении всю толщу отложений, развитых на рассматриваемых участках, можно условно разделить на две части: 1) дисперсную, представленную глинистыми, реже песчаными отложениями с включениями крупнообломочного материала; 2) скальную – сложенную коренными породами. К первой части разреза относятся отложения четвертичного и неоген-четвертичного возрастов, ко второй – уфимские и кунгурские нижнепермские отложения.

В процессе расчленения разреза было выделено 2 типа геологического строения, в рамках которых выделяется до 6 подтипов. К первому типу разреза относятся участки, в пределах которых развита толща четвертичных отложений, ко второму – участки с ее отсутствием. В ходе дальнейшего расчленения 1 и 2 типов разреза было выделено, соответственно, 4 и 3 подтипа в рамках каждого из них, обозначенных строчными буквами русского алфавита. Подтипы характеризуются различным сочетанием рассматриваемых толщ (рис. 2).

В ходе анализа площадного распространения выделенных типов геологического строения в пределах рассматриваемых территорий было установлено, что типы разреза 1в, 1г, 2б и 2в развиты крайне ограничено. Это связано с зачастую нарушенным залеганием отложений соликамского горизонта, степень разрушенности которых такова, что они нередко обособляются в качестве элювия четвертичных отложений, а иногда и в составе обвально-карстовой толщи. Таким образом, указанные типы разреза часто замещены типами 1б и 2а.

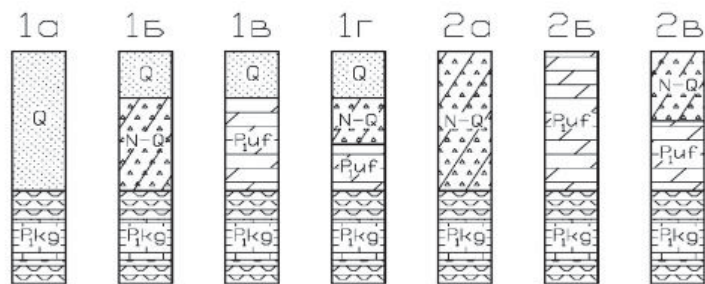


Рис. 2. Типизация геологического строения в пределах исследуемых территорий

Отталкиваясь от проведенной типизации в пределах рассматриваемых участков можно выделить следующие 3 показателя-фактора, количественно отражающих особенности их геологического строения: 1) мощность четвертичных отложений; 2) мощность неоген-четвертичных обвальнo-карстовых отложений; 3) общая мощность отложений покровной толщи (глубина залегания карстующихся пород). Изучение количественного распределения карстовых форм по значениям показателей геологического строения производится по специально разработанной методике, детально рассмотренной в работе [3]. Заметим, что исследование распределений карстовых форм по значениям некоторых показателей геологического строения нами уже проводилось ранее применительно к территории г. Кунгур [1].

Анализ влияния мощности четвертичных отложений на распределение карстопроявлений позволил в очередной раз подчеркнуть тенденцию к уменьшению их встречаемости с увеличением мощности толщи. Группирование большей части карстовых форм наблюдается вблизи минимальных значений. Обобщенное распределение в целом имеет форму близкую к логнормальному закону, несмотря на неясно выраженный максимум в распределении провалов (рис. 3, А).

Установленное распределение карстовых форм в зависимости от мощности карстово-обвальных отложений также повторяет ранее отмеченные зависимости. В распределении поверхностных и подземных карстовых форм по мощности неоген-четвертичных отложений наблюдается определенная общность. Независимо от территории исследования практически все они приурочены к одним и тем же интервалам значений мощности обвальнo-карстовой толщи. Общее распределение карстопроявлений, построенное по всем исследуемым территориям, носит промежуточный характер между логнормальным и нормальным видом, а максимумы их развития приурочены к участкам с мощностью неоген-четвертичных отложений 5-20 м (рис. 3, Б).

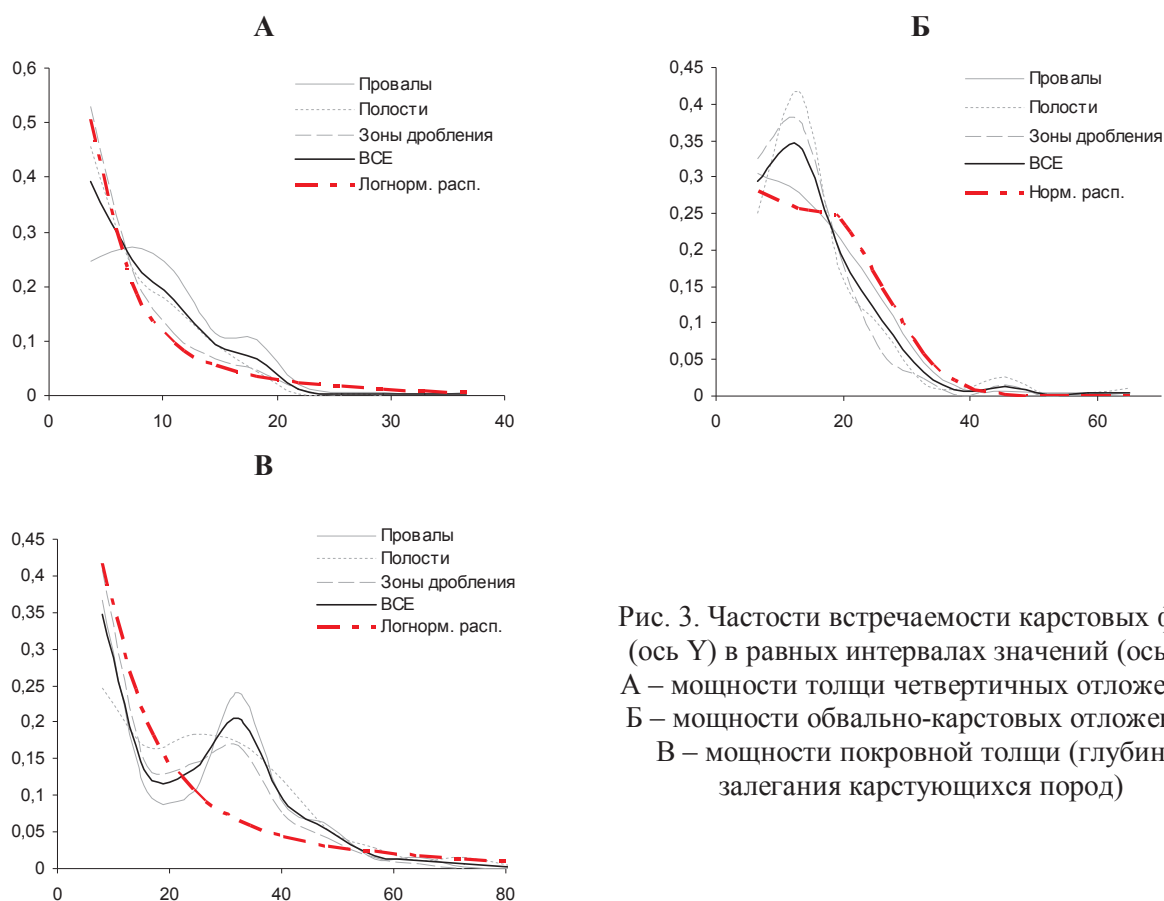


Рис. 3. Частоты встречаемости карстовых форм (ось Y) в равных интервалах значений (ось X): А – мощности толщи четвертичных отложений; Б – мощности обвальнo-карстовых отложений; В – мощности покровной толщи (глубины залегания карстующихся пород)

Распределение карстовых форм по мощности покровной толщи отложений носит некоторый промежуточный характер, между рассмотренными распределениями карстопроявлений по мощностям четвертичной и неоген-четвертичной толщ. В целом по всем рассматриваемым карстовым участкам распределение имеет логнормальный характер, несмотря на то, что в интервале значений мощностей 30-40 м проявляется локальная неоднородность (рис. 3, В).

Установленные закономерности в распределении карстовых форм по исследуемым показателям геологического строения обладают прогностической способностью. В целом достаточно хорошая сходимость эмпирических распределений с теоретическими законами (нормальным и логнормальным) позволяет при помощи последних осуществлять прогнозные вероятностные оценки активности развития карста, на основе которых заключать о характере опасности его проявления. Заметим, что установленные распределения, несмотря на географическую ограниченность исходных данных, использованных при их получении, по-видимому, имеют универсальный характер и с определенной погрешностью могут быть применены при исследованиях в пределах широкого круга закарстованных территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Катаев В.Н., Щербаков С.В., Золотарев Д.Р., Лихая О.М., Ковалева Т.Г. Особенности геологического строения территории и пространственное распределение карстовых форм (на примере территории г. Кунгур) // Вестник Пермского университета. Научный журнал. Вып. 3 Геология. Пермь: Изд-во Пермск. ун-та, 2009. С. 77-93.
2. Щербаков С.В., Катаев В.Н. Прогнозирование основных морфометрических параметров карстовых форм // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК-2012». В 2-х т. Т. 1. М.: РУДН, 2012. С. 260-264.
3. Щербаков С.В. Методика изучения взаимосвязей между карстовыми формами и природными условиями территорий // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. [Адрес в сети Интернет: [www.science-education.ru/105-7232](http://www.science-education.ru/105-7232)] (дата обращения: 23.10.2012).

**Смирнова А. Ю.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

#### АРАЛЬСКАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАТАСТРОФА

Аральское море — бессточное солёное озеро в Средней Азии, на границе Казахстана и Узбекистана. С 1960-х годов XX века уровень моря (и объём воды в нём) быстро снижается вследствие забора воды из основных питающих рек Амударья и Сырдарья. До начала обмеления Аральское море было четвёртым по величине озером в мире. Чрезмерный забор воды для полива сельскохозяйственных угодий превратил озеро, прежде богатое жизнью, в бесплодную пустыню. То, что происходит с Аральским морем – настоящая геоэкологическая катастрофа. В настоящий момент высыхающее Аральское море ушло на 100 - 150 км от своей прежней береговой линии возле города Муйнак в Узбекистане.

Почти весь приток воды в Аральское море обеспечивается реками Амударья и Сырдарья. На протяжении тысячелетий случалось, что русло Амударьи уходило в сторону от Аральского моря (к Каспию), вызывая уменьшение размеров Арала. Однако с возвращением реки Арал неизменно восстанавливался в прежних границах. Сегодня на интенсивное орошение полей хлопчатника и риса уходит значительная часть стока этих двух рек, что резко сокращает поступление воды в их дельты и, соответственно, в само море. Осадки в виде дождя и снега, а также подземные источники дают Аральскому морю намного меньше воды, чем ее теряется при испарении, в результате чего водный объём озера-моря уменьшается, а уровень солёности возрастает.

Систематические гидрологические исследования Аральского моря прекратились с начала 90-х годов XX в.; в тоже время были закрыты последние гидрологические посты. В последние годы единственным способом систематического контроля за состоянием Арала является съёмка из космоса (не считая эпизодических и локальных наблюдений). В Московском государственном университете разработана специальная методика расчета характеристик Арала (уровня, объема вод и даже солёности воды) по данным о площади водоема и его частей, полученных с помощью космических снимков. В основу методики положены: 1) выраженные аналитические связи между уровнем водоема и отдельных его частей с их площадью и между уровнем и соответствующими объемами (эти данные получены с помощью детальной карты рельефа дна Арала на 1961 г.); 2) эмпирическая зависимость между объемом водоема и солёностью воды по данным наблюдений до 1991 г. С помощью указанной методики (она была проверена по данным за те годы, когда уровни и солёность воды еще измерялись) рассчитаны некоторые характеристики Арала за период, начиная с 1990 г. (табл. 1).[2]