

Результаты оценки карстоопасности территорий развития карбонатно-сульфатного карста на основе геолого-гидрогеологических факторов

Т.Г. Ковалёва

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, email: kovalevatg@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В данной статье представлены результаты предварительной оценки карстоопасности одной из территорий развития карбонатно-сульфатного карста Предуралья, с. Усть-Кишерть, на основе общегеологического подхода, основанного на анализе влияния геолого-гидрогеологических параметров карстового массива на распределение форм поверхностного и подземного карста. Методические разработки основаны в первую очередь на доступности получения качественных и количественных характеристик геолого-гидрогеологического строения, необходимых для прогноза. Произведено сравнение полученного картографического материала с результатами оценки карстоопасности по нормативной методике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *карст, карстоопасность, геолого-геологические условия, карбонатно-сульфатный карст.*

1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ

В структурном отношении исследуемый район занимает восточную окраину Восточно-Европейской платформы в пределах северной части Уфимского вала и Предуральский прогиб в пределах Сылвенской впадины. В геологическом строении района принимают участие отложения артинского, кунгурского ярусов нижней перми, неоген-четвертичные карстово-обвальные отложения; аллювиальные и аллювиально-делювиальные четвертичные образования.

Артинский ярус в пределах изучаемой территории залегает на разной глубине: от 0.2 до 82.0 м, на поверхность артинские рифовые известняки выходят в долине р. Сылва у д. Грибушино. Кунгурский ярус нижней перми представлен филипповским и иренским горизонтами. Первый из них сложен «Лексой свитой» – переходным типом от карбонатно-сульфатных отложений к сульфатно-терригенным. Залегает филипповский горизонт на глубине 0.2-116.5 м, представлен преимущественно карбонатными породами: известняками и доломитами с прожилками гипса и ангидрита.

Отложения иренского горизонта нижней перми на территории с. Усть-Кишерть залегает на

глубине до 102.5 м и представлены карбонатно-сульфатными и карбонатно-глинистыми («Поповская свита») породами. Карбонатно-глинистые отложения (глины, мергели, известняки, доломиты) подстилаются сульфатными с карбонатными пачками. Последние часто выклиниваются, достигают мощности 14.0-15.0 м, однако в разрезе наблюдается преобладание сульфатных пород. В местах замещения карбонатного разреза сульфатным образуются карстовые полости больших размеров, заполненные щебнем, глыбами и глинистым материалом. Сульфатная толща неравномерно трещиноватая: в верхней части толщи и вблизи крупных карстовых полостей сульфатные породы сильнотрещиноватые, сильновыветрелые, иногда до щебня и дресвы. Мощность иренского горизонта достигает 130 м и более.

Неоген-четвертичная система широко распространена на территории с. Усть-Кишерть, ее слагают карстово-обвальные отложения мощностью до 82.5 м, представленные известковыми глинами, суглинками, супесями, щебнем и дресвой коренных пород.

Четвертичная система на территории с. Усть-Кишерть имеет мощность до 65.0 м и представлена аллювиальными и делювиально-элювиальными отложениями. Аллювиальные отложения представлены суглинками, глинами, супесями,

песками и гравийно-галечниковыми грунтами. Делювиально-элювиальные отложения представлены щебенистым грунтом с дресвой и глинистым заполнителем (Ковалева, Катаев, 2014).

Гидрогеологические условия исследуемого района отличаются разнообразием, но вместе с тем и сложностью. Восточная его часть входит в гидрогеологическую область Юрюзано-Сылвенской впадины. В долинах рек Сылвы и Барды развиты грунтовые воды аллювиальных отложений. Основным для данной территории является кунгурский терригенный водоносный комплекс. Загипсованность пород, наличие линз и прослоев соли привели к тому, что ниже эрозионного вреза рек развиты минерализованные сульфатные и хлоридные напорные воды. По трещинным зонам в сводах положительных структур Тулумбасского вала они поднимаются близко к поверхности. В долинах рек Сылвы, Барды, Асовки, Лека эти воды разгружаются в виде родников. Мощность зоны пресных подземных вод обычно не превышают 20 м. Второй особенностью района является наличие чередующихся сверху вниз водоносных и водоупорных слоев. Водоносные слои с пресными водами часто находятся в подвешенном состоянии, т.е. выше вреза речных долин. Нарушением подстилающего их водоупора можно вызвать переток пресных вод вниз – в зону минерализованных вод (Шимановский, Шимановская, 1973).

2 ЭТАПЫ ОЦЕНКИ КАРСТООПАСНОСТИ НА РАННИХ СТАДИЯХ

Разные территории обладают разнообразным набором геолого-гидрогеологической информации, из которого на основе анализа баз данных и картографического материала на первом этапе оценки карстоопасности необходимо выбрать существенные показатели, которые непосредственным образом влияют на интенсивность процесса. Для этого строятся и анализируются гистограммы взаимосвязи карстопроявлений и отдельных показателей геолого-гидрогеологического строения массива. На следующем этапе производится анализ выбранных показателей и выделение наиболее карстоопасных интервалов их значений для отдельных участков территорий, имеющих различное геолого-гидрогеологическое строение. Границы между интервалами устанавливаются по резкому уменьшению (увеличению), например, количества карстопоявлений (или их размеров) на гистограммах частоты встречаемости соответственно значениям конкретного показателя строения территории. Опасный интервал характеризуется наибольшим количеством карстовых форм или карстопояв-

лений с максимальными морфометрическими показателями.

Проанализировав геолого-гидрогеологические условия развития карста в пределах территории с. Усть-Кишерть по 100 карстологическим скважинам с учетом поверхностной и подземной карстованности, на основе совместного учета как качественных, так и количественных показателей, были определены наиболее и наименее карстоопасные интервалы значений показателей-признаков, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Карстоопасные и наименее карстоопасные значения показателей-признаков для территории с. Усть-Кишерть.

Показатель-признак	Наиболее карстоопасные значения	Наименее карстоопасные значения
1. Мощность четвертичных отложений, м	10-15	Более 40
2. Мощность неоген-четвертичных отложений, м	10-20	Более 60
3. Суммарная мощность покровных отложений, м	20-30	Более 80
4. Глинистость покровной толщи, %	50-60	Менее 10, более 90
5. Глубина залегания уровня вод четвертичных отложений, м	5-10	Более 30
6. Минерализация вод иренского горизонта, г/дм ³	До 0.5	Более 8.0
7. Гидрохимическая фация вод иренского горизонта	Смешение	SO ₄ – Ca (как фоновое значение)

Для визуализации результатов оценки в виде картографической модели автором использован балльный метод. Каждому показателю присвоено максимальное количество баллов – 10. Соответственно в пределах одного показателя число баллов, присвоенное определенным интервалам его значений, будет изменяться от 0 (наименее карстоопасный интервал значений показателя) до 10 баллов (самый карстоопасный интервал значений показателя, для которого характерно наибольшее количество карстовых форм, либо наибольшие морфометрические показатели карстовых форм).

На следующем этапе оценки карстоопасности выполняется построение картографической модели с использованием соответствующего программного обеспечения. Автором для этих целей использован программный продукт ArcGIS 10.3.

Для проведения аналогии с категориями устойчивости по карстоопасности, принятых нормативными документами, для территории

с. Усть-Кишерть выделено четыре категории (рисунки 1а). Ранжирование баллов по категориям карстоопасности приведено в таблице 2.

Таблица 2. Ранжирование баллов по категориям карстоопасности.

Категория	Количество баллов
I – весьма опасная	Более 56
II – опасная	42-55
III – умеренно опасная	29-41
IV – потенциально опасная	До 28

Весьма опасная (I) категория карстоопасности на территории с. Усть-Кишерть в площадном отношении занимает 1.05 км², участки с этой категорией локализуются в северной и восточной частях поселка. К данным участкам приурочено почти 30% поверхностных и более 20% подземных карстовых форм, причем их средние размеры больше, нежели средние параметры карстовых форм, расположенных на участках с другими категориями карстоопасности (таблица 3).

Наибольшую площадь (41.5 %) занимает опасная (II) категория, в ее пределах сосредоточено большинство зафиксированных воронок и вскрытых буровыми скважинами карстовых полостей.

Умеренно-опасная (III) категория (9.29 %) локализуется на юге и центральной части поселка, а также на границе с территорией, не охваченной достаточными карстологическими и инженерно-геологическими исследованиями, занимающей более 30 % площади поселка и расположенной на юго-западной его границе.

Таблица 3. Характеристика категорий карстоопасности на территории с. Усть-Кишерть.

Категория карстоопасности	Площадь S	Воронки		Полости	
	км ² %	кол-во %	максимальный диаметр, м	кол-во %	максимальная мощность, м
I – весьма опасная	<u>1.05</u> 16.83	<u>34</u> 27.87	110	<u>7</u> 21.21	10.0
II – опасная	<u>2.59</u> 41.51	<u>64</u> 52.46	105	<u>23</u> 69.70	6.0
III – умеренно опасная	<u>0.58</u> 9.29	<u>16</u> 13.11	80	<u>3</u> 9.09	4.0
IV – потенциально опасная	<u>0.02</u> 0.32	-	-	-	-
Участки, требующие дополнительных исследований	<u>2.00</u> 32.05	<u>8</u> 6.56	-	-	-
ИТОГО	<u>6.24</u> 100	<u>122</u> 100	-	<u>33</u> 100	-

Наименьшую площадь занимает потенциально-опасная (IV) категория (0.32 %), в ее пределах карстовых форм не зафиксировано.

3 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНОК КАРСТООПАСНОСТИ, ВЫПОЛНЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

В рамках выполнения НИР по объекту «Мониторинг закарстованных территорий Пермской области» коллективом авторов ПГНИУ была построена карта районирования восточной части территории Кишертского района по категориям устойчивости к карстообразованию, куда территориально попадает с. Усть-Кишерть (рисунки 1б). Методика выполнения районирования была основана на положениях СП-11-105-97, ч. II. В соответствии с этой картой, большая часть поселка занята II (неустойчивой) категорией по интенсивности провалообразования. Относительно устойчивая (V) категория, локализуется только у юго-западной-западной границы поселка. Причем на большей части поселка развита категория А по средним диаметрам карстовых провалов (более 20 м). При визуальном сравнении картографической модели по методике автора и модели, полученной при помощи нормативной методики, установлено, что они во многом идентичны друг другу, неустойчивые (II) и опасные (III) участки на обеих картах занимают наибольшие площади и территориально практически совпадают, исключение составляет только то, что по методике автора, все же выделены весьма опасные участки (I).

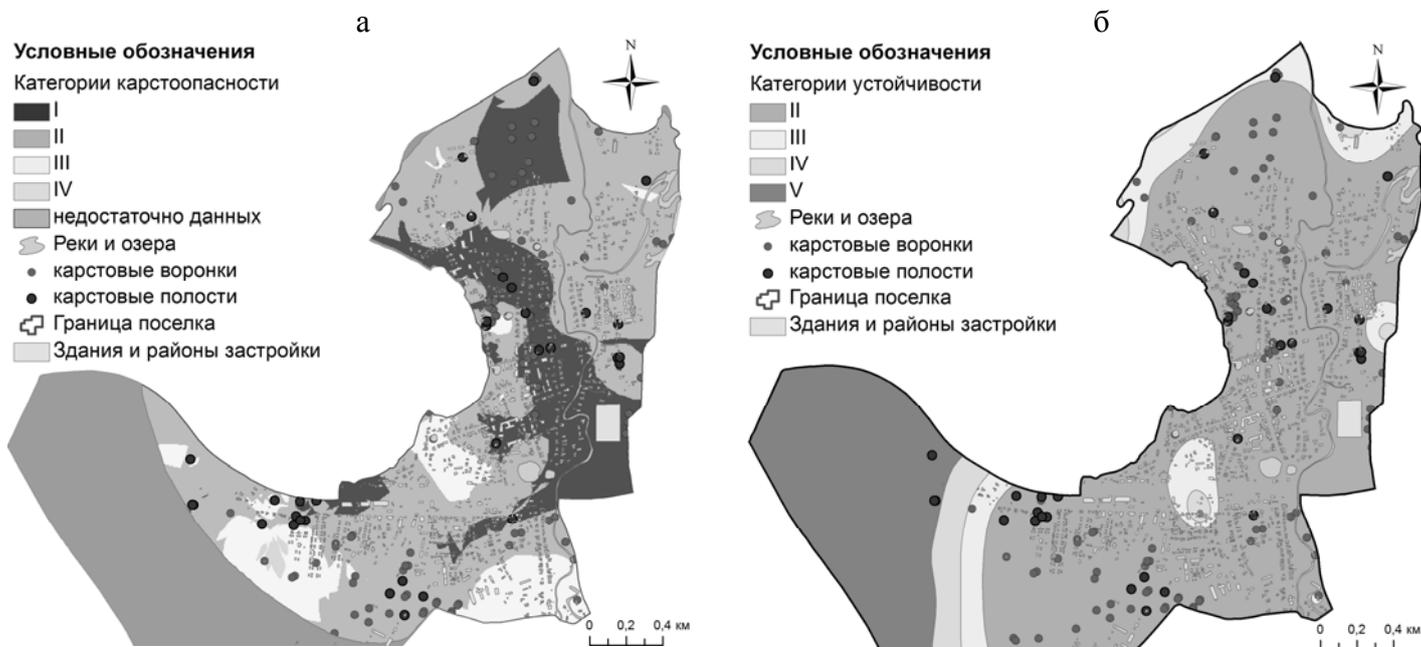


Рисунок 1. Картографические модели: А – оценки карстоопасности территории с. Усть-Кишерть по методике автора; Б – оценки устойчивости территории с. Усть-Кишерть по нормативной методике.

Таким образом, проведя сравнительный анализ результатов карстологического прогноза на основе анализа геолого-гидрогеологических особенностей строения карстовых массивов и нормативными методами, можно сделать вывод, что на начальных этапах карстологического прогноза модели, построенные по результатам оценки автора, оправдывают свое предназначение, поскольку дают представление о локализации наиболее карстоопасных участков, основаны на анализе комплекса геолого-гидрогеологических факторов, не требуют дорогостоящих исследований, а на основе их результатов можно планировать детальные карстологические изыскания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ковалёва Т.Г., Катаев В.Н. Подземный рельеф карстующихся пород как индикатор пространственного распределения форм карста // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/118-14415> (дата обращения: 25.08.2014).
- СП 11-105-97. *Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов*. Москва: ПНИИИС. 2000. 93 с.
- Шимановский Л.А., Шимановская И.А. *Пресные подземные воды Пермской области*. Пермь: Перм. книжное изд-во, 1973. 197 с.

The evaluation results of karst danger of areas of carbonate-sulfate karst based on geological and hydrogeological factors

T.G. Kovaleva

Perm State University, Perm, Russia, email: kovalevatg@mail.ru

ABSTRACT: This article presents the results of a preliminary evaluation of karst danger of one of the areas of carbonate-sulfate karst Urals (Ust-Kishert). This estimate is based on an analysis of the impact of geological and hydrogeological parameters of karst massif on the distribution of forms of surface and underground karst. Methodological developments are based primarily on the availability of obtaining qualitative and quantitative characteristics of the geological and hydrogeological structure necessary for the forecast. Comparison of the obtained cartographic material and the results of the assessment of karst hazard by the regulatory procedure is produce.

KEYWORDS: *karst, karst danger, geological and hydrogeological conditions, carbonate-sulfate karst.*