

Влияние перекрывающих отложений на развитие карстовых форм (на примере с. Усть-Кишерть, Пермский край)

А.В. Шилова, Т.Г. Ковалёва

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, email: shilova-av@yandex.ru, kovalevatg@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Село Усть-Кишерть входит в Кишертско-Суксунский район развития карбонатно-сульфатного карста. Из существующих типов карстопроявлений наибольшее развитие получили карстовые воронки и карстовые полости. Мощность и характер перекрывающих отложений являются одними из факторов развития карста. В данной работе представлены карты мощности и литологического состава перекрывающих четвертичных отложений. Проанализированы взаимосвязи карстопроявлений и особенности состава мощностей перекрывающих отложений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *карбонатно-сульфатный карст, четвертичные отложения, карстовые полости, карстовые воронки, с. Усть-Кишерть, Пермский край.*

Зачастую естественным основанием для зданий и сооружений служат отложения четвертичной системы. В том числе и на территориях развития карста.

Карст – это геологический и инженерно-геологический процесс и связанные с ним явления, развивающиеся в результате взаимодействия воды с растворимыми в данной обстановке горными породами. Характер и мощность четвертичных отложений является фактором развития карста, активизация которого оказывает негативное влияние (Дублянский и др., 2004). Последствия карстологических процессов, в ряде случаев, принимают угрожающий характер и наносят значительный экономический и экологический ущерб.

Для детального изучения четвертичных отложений выбрана территория с. Усть-Кишерть, расположенная на юго-востоке Пермского края и приуроченная к одному из районов активного развития карстовых процессов, что создает ряд проблем для нормальной жизнедеятельности населения. Рассматриваемый участок входит в Кишертский район преимущественно сульфатного и карбонатно-сульфатного карста. Здесь идет интенсивное карстообразование, что связано с широким распространением сульфатных и карбонатно-сульфатных пород иренского горизонта нижнего отдела пермской системы, а также расположением территории в зоне сочленения восточной окраины Восточно-Европейской плат-

формы и Предуралья краевого прогиба, которая является областью разгрузки карстовых вод (Максимович и др., 1960; Шимановский и др., 1973).

Изучаемая территория характеризуется широким развитием в ее пределах поверхностных карстовых форм, представленных, главным образом, карстовыми озерами, воронками. Дно и склоны воронок иногда осложняют поноры. Всего в окрестностях села выявлено 205 карстовых воронок, буровыми инженерно-геологическими и карстологическими скважинами вскрыто около 100 полостей. В основу исследования положен анализ распределения как поверхностных, так и подземных карстовых форм в зависимости от особенностей и характера перекрывающей толщи.

В зависимости от литологии карстующейся толщи и покровных отложений, карст района характеризуется различными интенсивностями образования. Для объективной оценки приуроченности той или иной территории к району повышенной активизации карста необходимо проанализировать все сочетания подземного строения и существующих карстопроявлений. В данном исследовании более подробно рассматривается влияние *четвертичных отложений* на развитие карста. Выявлено, что большинство подземных карстопроявлений (55 полостей, 62 %) образовалось в гипсах и ангидритах иренского горизонта пермской системы (рисунок 1).

Ранее на территории с. Усть-Кишерть было выделено 11 типов геологических разрезов (Ковалева, 2010; таблица 1).

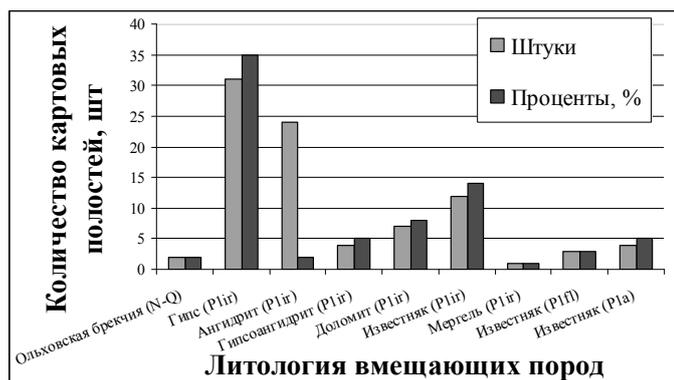


Рисунок 1. Распределения карстовых полостей в зависимости от литологии вмещающих пород.

Таблица 1. Типы геологических разрезов территории с. Усть-Кишерть.

Тип	Геологическое строение (последовательность залегания литологических слоев)		
I	Четвертичные отложения (Q)	Сульфатные породы (P _{1ir})	-
II	Четвертичные отложения (Q)	Сульфатно-карбонатные породы (P _{1ir})	-
III	Четвертичные отложения (Q)	Карбонатные породы (P _{1ir})	-
IV	Четвертичные отложения (Q)	Неоген-четвертичные отложения (N-Q)	Сульфатные породы (P _{1ir})
V	Четвертичные отложения (Q)	Неоген-четвертичные отложения (N-Q)	Сульфатно-карбонатные породы (P _{1ir})
VI	Четвертичные отложения (Q)	Неоген-четвертичные отложения (N-Q)	Карбонатные породы (P _{1ir})
VII	Четвертичные отложения (Q)	Карбонатные породы (P _{1fl})	-
VIII	Четвертичные отложения (Q)	Неоген-четвертичные отложения (N-Q)	Карбонатные породы (P _{1fl})
IX	Четвертичные отложения (Q)	Артинские отложения (P _{1a})	-
X	Четвертичные отложения (Q)	Терригенные отложения (P _{1ir})	-
XI	Четвертичные отложения (Q)	Неоген-четвертичные отложения (N-Q)	Терригенные отложения (P _{1ir})

Большинство поверхностных карстопоявлений (35 и 36 шт., 26.9 и 27.8 %, соответственно) зарегистрировано на территориях с присутствием в геологическом разрезе перекрывающих четвертичных и карбонатных пород иренского горизонта (III тип) и перекрывающих неоген-четвертичных (N-Q) и карстующихся переслаивающихся сульфатно-карбонатных пород иренского возраста (V тип).

Подземные карстопоявления, вскрытые выработками при инженерно-геологических изысканиях, тяготеют более всего к толще чередующихся сульфатных и карбонатных пачек, перекрытых четвертичными отложениями (II тип, 26 шт., 36.6 %, рисунок 1).

На первых этапах исследований детально изучались грунтовые условия отложений четвертичной покровной толщи. Для этого были собраны и систематизированы данные инженерно-геологических изысканий и исследований за последние 60 лет.

На основе проанализированного материала, с помощью программы ArcMap, была построена карта литологического состава четвертичных отложений (рисунок 2). Западная часть с. Усть-Кишерть недостаточно изучена инженерно-геологическими скважинами, поэтому кондиционных данных на этой части исследуемой территории нет.

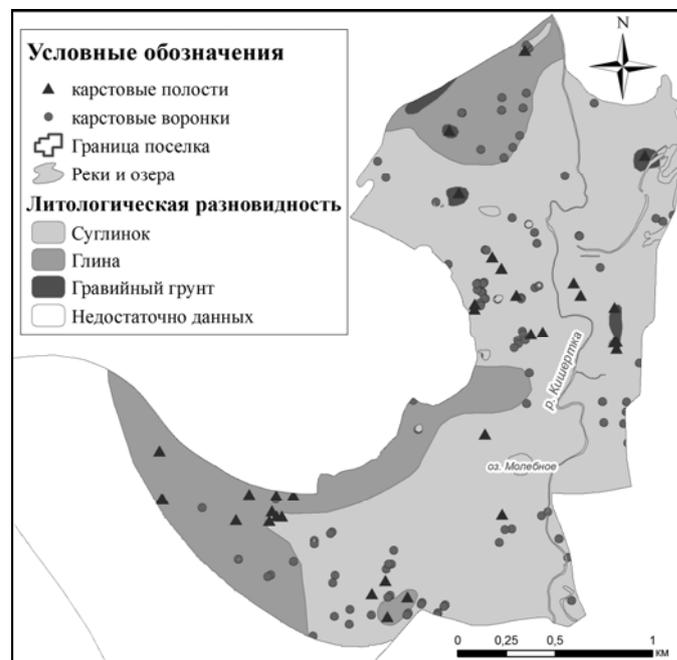


Рисунок 2. Карта литологического состава четвертичных отложений.

На территории с. Усть-Кишерть перекрывающие отложения представлены достаточно большим числом литологических разновидностей: суглинком, глиной, супесью, песком, гравийным и гравийно-галечниковым, дресвяным, дресвяно-щебенистым и щебенистым грунтами. Большую часть исследуемой территории (с юго-запада до

северной стороны села) занимают четвертичные отложения представленные суглинком (2.89 км²). Центральная и северная часть полигона представлена глинами (1.31 км²). Самую меньшую площадь занимают отложения представленные гравийным грунтом (0.07 км²), они расположены в юго-восточной части территории. В западной части территории наблюдаются выходы коренных пород на поверхность (0.27 км²; рисунок 2).

Следуя с запада на восток коричневая и серовато-коричневая плотная, тугопластичная, известковистая глина сменяется коричневым тугопластичным суглинком с единичными гравием и мелкой галькой кварцево-кремнистого состава. В южной части поселка суглинок просадочный, пористый, твердый и полутвердый, участками тугопластичный, с тонкими прослойками супеси и песка, с глубиной с тонкими редкими линзами песка мелкого.

В центральной части исследуемой территории суглинок светло-коричневый, твердый, пористый, известковистый. Двигаясь на север суглинок полутвердый, с глубиной мягко- и текуче-пластичный, местами просадочный. Восточнее суглинок серовато-коричневый, с включением дресвы мергеля, ниже залегает песок гравелистый, с глубиной с включением щебня мергеля. Также встречается гравийный грунт.

Карстообразование протекает по-разному, в зависимости от мощности карстующихся пород, площадей, которые они занимают, углов наклона этих отложений, химического состава и, в частности, степени чистоты пород. Эти особенности в значительной степени зависят от тектонической обстановки образования карстующихся пород (Максимович, 1963). Используя данные отчетов прошлых лет, была построена карта мощности четвертичных отложений масштаба 1:5000 (рисунок 3).

Мощность четвертичных отложений варьируется от менее 5 до более 50 м. Максимальная мощность четвертичных отложений (более 50 м) встречается в северо-восточной части исследуемой территории, в центральной и юго-западной частях поселка встречаются небольшие участки с мощностью более 40 м. Наибольшую площадь территории с. Усть-Кишерть занимают районы с мощностью четвертичных отложений 10-25 м (3.7 км², рисунок 4).

Большинство карстовых полостей (22 шт., 39.3 %) вскрыто бурением на площадях с мощностями четвертичных отложений 15-20 м, максимальное количество карстовых воронок (30 шт., 30 %) также приурочены к площадям с аналогичной мощностью четвертичной толщи (15-20 м; рисунок 4).

Подземные и поверхностные карстопроявления фиксируются в пределах территорий, характеризующихся мощностью четвертичных отло-

жений в интервале 10-25 м. На этих участках зафиксировано 55 воронок и вскрыто бурением 20 карстовых полостей.

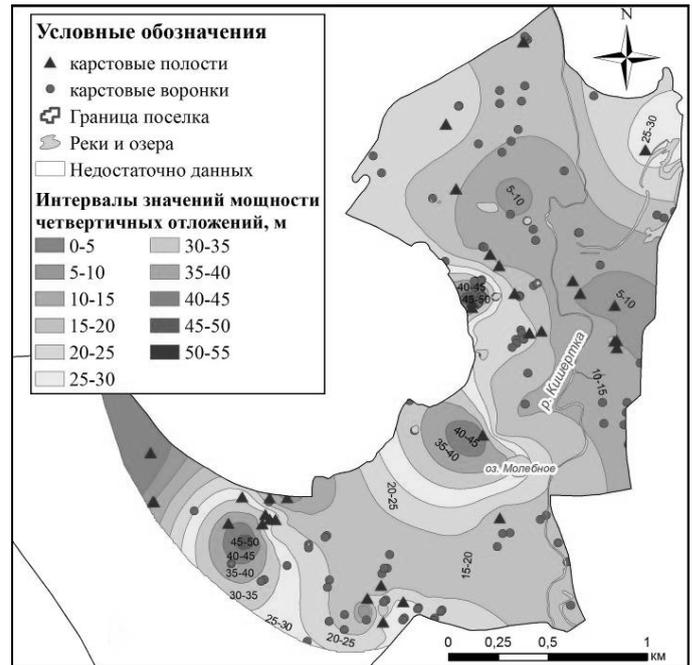


Рисунок 3. Карта мощности четвертичных отложений и карстопроявлений.

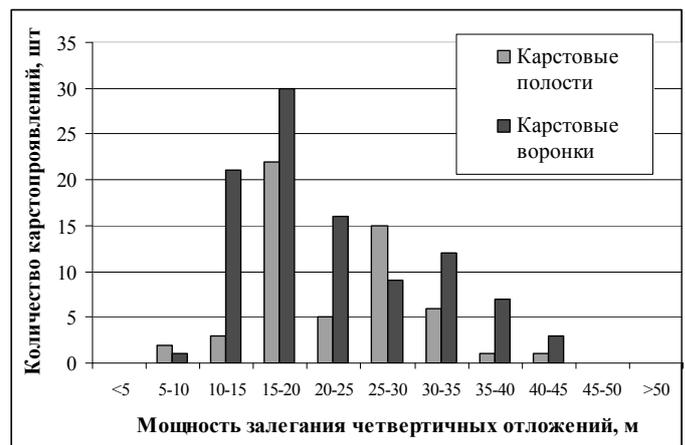


Рисунок 4. Гистограмма частоты встречаемости карстовых форм в пределах территорий с различными мощностями залегания четвертичных отложений.

С запада села отмечены наиболее высокие отметки рельефа и малые мощности четвертичных отложений, однако, данный участок является плохо изученным в инженерно-геологическом отношении. Здесь отмечен выход коренных пород артинского яруса нижней перми на поверхность. Коренные породы артинского яруса представлены известняком светло-серым мелко- и тонкокристаллическим, плотным, крепким, окремненным, кавернозным (каверны размером от 1 мм до 3 см) и трещиноватым. Необходимо отметить, что карст в известняках протекает менее активно, чем на территориях, в геологическом разрезе которых присутствует чередование сульфатных и карбонатных пород.

В районах, сложенных сульфатными породами, наиболее развиты карстовые формы зон поверхностной и вертикальной нисходящей циркуляции (воронки, поноры, депрессии и т.п.). По исследованиям А.И. Печеркина и др. (1983), 90-95 % сульфата кальция выносятся подземными водами из приповерхностной зоны гипсовых и ангидритовых толщ (10-15 м в глубину) и лишь 5-10 % породы растворяется и выносятся из глубинных частей массива. Слабая глубинная закарстованность сульфатных пород объясняется, прежде всего, быстрым насыщением подземных вод сульфатом кальция при движении вглубь массива.

Особенность карбонатно-сульфатного карста состоит в следующем. В сульфатных породах (гипсах и ангидритах) карст протекает интенсивно, характерной чертой этих пород является наличие многочисленных пустот крупных размеров, а карбонатные (известняки и доломиты) являются относительным водоупором. Большинство карстовых полостей (35 шт., 63.6 %) вскрыто бурением на площадях, где четвертичные отложения представлены суглинком; максимальное количество карстовых воронок (77 шт., 77.8 %) также приурочены к участкам, в пределах которых наибольшее развитием имеют суглинистые грунты (рисунок 5).

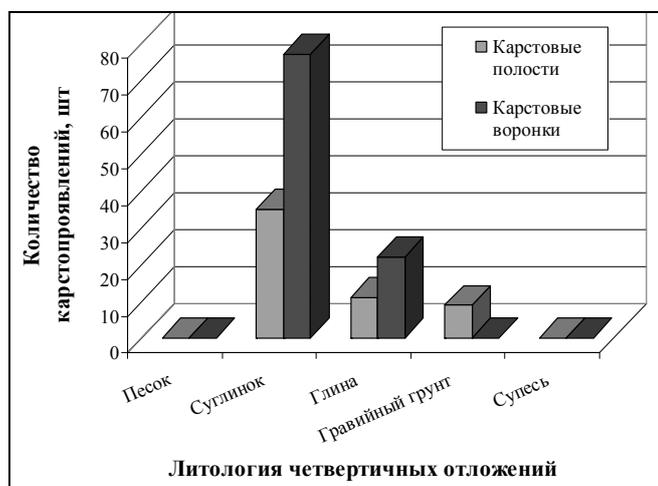


Рисунок 5. Распределения карстопоявлений в зависимости от литологии четвертичных отложений.

Мощность четвертичных отложений варьируется от 5 до 10 м, 15-20 м, 25-30 м для гравийных грунтов. Глубина отложений, представленных глинами, варьирует от 5 до 50 м, суглинками – от 5 до более 50 м, выход коренных пород – менее 40 м (рисунки 3, 4).

Итак, совместив данные по мощности и по пространственному распространению четвертичных отложений, мы получили следующие данные:

- большинство карстовых полостей (17 шт., 48.6 %) вскрыто бурением на площадях с мощностями четвертичных отложений 15-20 м, где

четвертичные отложения представлены суглинками (рисунок 6);

- максимальное количество карстовых полостей встречается на участках, где четвертичные отложения представлены глинами и их мощность составляет 30-35 м (6 шт., 54.5 %; рисунок 6);

- одинаковое количество карстовых полостей (по 3 шт., 33.3 %), вскрыто бурением на площадях, где мощность четвертичных отложений варьирует от 15 до 20 м и от 25 до 30 м, и четвертичные отложения представлены гравийным грунтом (рисунок 6);

- большинство карстовых воронок (23 шт., 29.9 %) расположено в местах развития суглинков в покровной толще, где мощность четвертичных отложений варьируется от 15 до 20 м (рисунок 7);

- в глинах, большинство карстовых воронок (по 7 шт., 31.8 %) расположены на площадях, с мощностью четвертичных отложений 15-20 м и 30-35 м (рисунок 7).

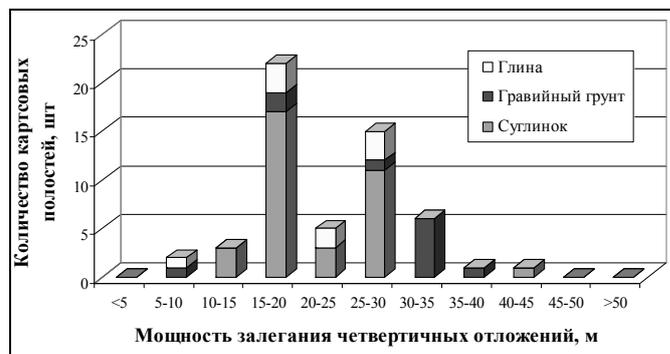


Рисунок 6. Распределения карстовых полостей в зависимости от литологии и мощности четвертичных отложений.

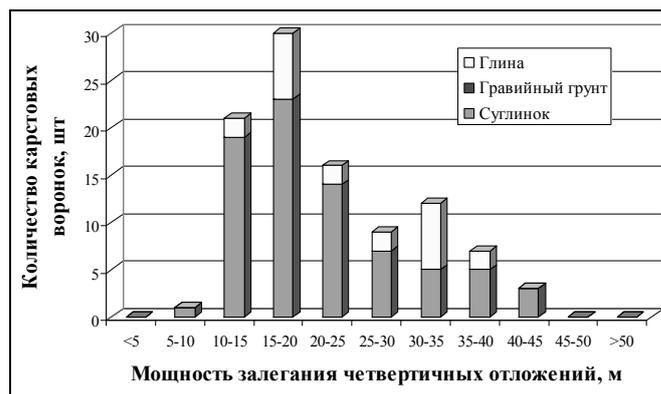


Рисунок 7. Распределения карстовых воронок в зависимости от литологии и мощности четвертичных отложений.

Таким образом, рассмотрев четвертичные отложения, как фактор развития карстовых процессов, можно сделать следующие выводы: наиболее карстоопасными участками являются площади, где преобладают суглинки с мощностью 10-25 м (на этих площадях наиболее развиты карстовые воронки – 56 шт., 72.8 %; рисунок 7). Наибольшее количество карстовых

полостей развиты на участках, где четвертичные отложения имеют мощность 15-20 м (17 шт., 48.6 %), 25-30 м (11 шт., 31.4 %) и также представленными суглинками (рисунок 6).

Полученные данные могут быть использованы при прогнозировании карстовых явлений на территории с. Усть-Кишерть в комплексе с оценкой влияния других факторов карстообразования (развитие карстующихся пород в плане и разрезе, литология и мощность карстующихся пород, структурно-тектонические условия, особенности залегания пород, тектонические нарушения и трещиноватость, водопроницаемость карстующихся пород, водопроницаемость перекрывающих пород, неотектонический режим, эффективные осадки, конденсация, поверхностный и подземный сток, уклон подземного потока, температура воды, минерализация и ионный состав воды, pH воды, агрессивность воды и пр.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дублянский В.Н, Дублянская Г.Н. *Карстоведение. Ч. 1. Общее карстоведение: Учеб. Пособие.* Пермь: Перм. ун-т. 2004. 308 с.
- Ковалева Т.Г. Типы геологических разрезов района с. Усть-Кишерть и карстопроявления // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф.* Пермь: Перм. гос. ун-т. 2010. С. 260-263.
- Максимович Г.А., Горбунова К.А. Подземные воды селения Усть-Кишерть и их загрязнения // *Вопросы географии и охраны природы Урала.* Пермь, 1960. С. 148-152
- Максимович Г.А. *Основы карстоведения. Т. 1. Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста.* Пермь. 1963. 447 с.
- Печеркин А.И., Болотов Г.Б. *Геодинамика рельефа карстующих массивов: Учебное пособие по спецкурсу.* Пермь: Пермский университет. 1983. 84 с.
- Шимановский Л.А., Шимановская И.А. *Пресные подземные воды Пермской области.* Пермь: Пермское книжное издательство. 1973. 200 с.

Influence of quaternary sediments on the development of karst forms (case study of Ust-Kishert, Perm sky krai)

A.V. Shilova & T.G. Kovaleva

Perm State University, Perm, Russia, email: shilova-av@yandex.ru, kovalevatg@mail.ru

ABSTRACT: The village Ust-Kishert is included into the Kishertsko-Suksunsky area of development of a carbonate-sulfate karst. From the existing types of karst forms, the greatest development was gained by karst cavities and sinkholes. Thickness and composition of quaternary deposits are one of the factors in the development of a karst process. This paper presents the maps of lithology and capacity of quaternary deposits. The relationship between karst forms and feature of composition of covering deposit are analyzed.

KEYWORDS: *carbonate-sulfate karst, quaternary sediments, karst cavity, karst sinkholes, Ust-Kishert, Perm sky krai.*