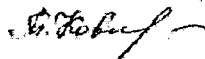


*На правах рукописи*



**Ковалёва Татьяна Геннадьевна**

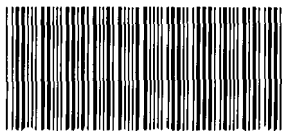
**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ  
КАРСТООПАСНОСТИ НА РАННИХ  
СТАДИЯХ ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ  
ТЕРРИТОРИЙ  
(на примере районов развития карбонатно-  
сульфатного карста Предуралья)**

Специальность 25.00.08 – Инженерная геология,  
мерзлотоведение и грунтоведение

**АВТОРЕФЕРАТ**

**29 АПР 2015**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук



**005567784**

**Екатеринбург – 2015**

Работа выполнена на кафедре динамической геологии и гидрогеологии ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

**Научный руководитель –**

доктор геолого-минералогических наук  
**Катаев Валерий Николаевич**

**Официальные оппоненты:**

**Хоменко Виктор Петрович,**  
доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник,  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет (МГСУ)», кафедра инженерной геологии и геоэкологии, профессор.

**Аникеев Александр Викторович,**  
кандидат геолого-минералогических наук,  
ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук, лаборатория экзогенной геодинамики и анализа геологического риска, ведущий научный сотрудник.

**Ведущая организация:**

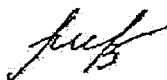
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Уральского отделения Российской академии наук.

Защита состоится «11» июня 2015 года в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 212.280.04, созданного на базе ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», по адресу 620144, г. Екатеринбург, ГСП, ул. Куйбышева, 30, в аудитории 3326.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет» и на сайте университета по адресу <http://www.ursmu.ru/>.

Автореферат разослан «09» апреля 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.280.04 доктор геолого-минералогических наук, доцент



И.В. Абатурова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность темы исследования.* Современная международная концепция противодействия природным катастрофам, ставшая одним из основных итогов Международного десятилетия по уменьшению опасности стихийных бедствий (1990-1999 гг.) предполагает безопасное освоение и развитие территорий, в том числе и территорий градостроительных комплексов на основе принятия и внедрения «опережающей стратегии». В основе стратегии – градостроительное планирование с учетом природных рисков, управление развитием природно-техногенных процессов и явлений, принятие оперативных решений, основанных на системе прогноза обстановок снижающих устойчивость территории – ситуаций связанных, в основном, с возникновением и развитием опасных природных процессов. Предупреждение и прогнозирование, а не ликвидация последствий процессов и явлений – базовый тезис стратегии. В России международная концепция «устойчивого (поддерживаемого) развития территорий» принята в 1996г. в виде документа «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию». Дальнейшее развитие и конкретизация данной концепции проводится в настоящее время в рамках новой инициативы ООН – Международной стратегии по уменьшению бедствий, реализация которой запланирована на 2005-2015 гг. в отдельных странах и регионах. Несмотря на относительно длительный период времени, прошедший после принятия концептуальных положений безопасности, в пределах интенсивно осваиваемых закарстованных территорий, проблема прогноза возникновения карстовых деформаций остается актуальной, что отмечается практически во всех территориальных строительных нормах и региональных нормативах, созданных для закарстованных территорий (Республика Башкортостан, 1996; Нижегородская область, 1999, 2011; Пермский край, 2004; Московская область, 2005).

Отечественная и зарубежная практика карстологического прогноза и оценки карстоопасности территории в частности, свидетельствует о том, что на современном этапе развития инженерного карстоведения общегеологическая основа оценки закарстованных территорий часто игнорируется или используется в сокращенном, наиболее общем виде без должного учета особенностей инженерно-геологических (в том числе техногенных) и геотехнических условий развития карстового процесса и его проявлений в основании сооружений. Более того, значимые упущения в оценке карстоопасности зачастую являются результатом недостаточного понимания самой природы карстового процесса в целом и особенностей его протекания в конкретных природно-техногенных условиях, следствием чего являются ошибки в применяемых противокарстовых мероприятиях. Кроме того, ошибки в прогнозе карстовой опасности практически всегда несут с собой экономические потери за счет необоснованно завышенных требований к конструктивным мерам безопасности, либо, наоборот, за счет недостаточности принятых противокарстовых мероприятий, а также необоснованного отказа от использования для строительства той или иной территории.

Формально достаточные сведения для производства инженерно-геологических работ на закарстованных территориях, включая и оценку их устойчивости отражены в соответствующей нормативной документации. В 1986 г. нормативно был введен действие специальный раздел строительных норм и правил (СНиП) по особенностям проектирования оснований и фундаментов на закарстованных территориях (дополнение к СНиП 2.02.01-83), в настоящее время действует актуализированная редакция

СНиП 2.02.01-83 – СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» . С 2013 г. введен в действие СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (актуализированная редакция СНиП 11-02-96, действовавшего с 1997 г.), в которых сформулированы основные требования к инженерно-геодезическим и инженерно-геологическим изысканиям в карстовых районах. В 1998г. принят и введен в действие СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства», определяющий дополнительные требования к производству изыскательских работ в районах распространения специфических грунтов, на территориях развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. В современной карстологической литературе научного и методического плана на необходимость тщательного изучения условий и факторов образования и развития карстовых явлений, на учет особенностей условий и факторов карстообразования в пределах конкретной территории постоянно указывалось и указывается в работах например, таких специалистов-карстоведов, как А.И. Печеркин, 1986; В.М. Кутепов и В.Н. Кожевникова, 1989; В.В. Толмачев и Ф. Ройтер, 1990; Г.Н. Дублянская, В.Н. Дублянский и др., 1992, 2011; В.Н. Катаев, 2001, 2013.

Базовыми признаками и параметрами комплексной оценки опасности развития карстового процесса являются группы геологических (например, особенности строения массива горных пород, включая не только анализ мощностей, но и элементы пликативной и дизъюнктивной тектоники; водно-физические и физико-механические свойства карстующихся и перекрывающих отложений, их структурно-текстурное состояние) и гидрогеологических (например, динамика изменения водообильности горизонтов подземных вод, их гидрохимические параметры) показателей. Обязательным условием является то, что определяемые в процессе исследований признаки-факторы и параметры должны учитываться в комплексе, дополнять друг друга, а в совокупности должны наиболее полно и объективно характеризовать специфику обстановки развития и проявления карстового процесса.

Данная работа в своей методической направленности развивает общегеологический подход к оценке карстоопасности, расширяя возможности карстологического прогноза в целом на основе углубленного анализа влияния геолого-гидрогеологических условий и факторов на распределение форм поверхностного и подземного карста.

*Главная научная идея работы* формулируется необходимостью развития и усиления концептуально-методического обоснования роли оценки влияния геолого-гидрогеологических факторов на эффективность карстологического прогноза.

Общегеологический подход является традиционным для пермской школы геологов-карстоведов и инженеров-геологов на всем протяжении её развития – от середины 30-х годов прошлого столетия до сегодняшних дней. Исходя из данного подхода в работе в качестве базовых приняты понятия «карстоопасность», «карстологический прогноз» и «карстовый массив» в формулировках В.Н. Катаева (2001г.).

Учитывая степень изученности и степень провалоопасности, в качестве *объектов исследований* были определены интенсивно закарстованные и провалоопасные массивы горных пород карбонатно-сульфатного сложения в пределах восточной окраины Восточно-Европейской платформы. Объекты в карстологическом отношении приурочены к различным участкам Нижнесыльвинского, Полазненского и Кишертского районов преимущественного развития гипсового и карбонатно-гипсового карста Перм-

ского края. В качестве «пилотного» объекта определена территория г. Кунгура (Кунгурский карстовый участок Нижнесысывинского района).

*Предметом исследований* явились закономерности пространственного распределения карстовых форм, их морфометрические и морфологические характеристики, формирующиеся в определенных обстановках карстообразования, определяемых специфичного геолого-гидрогеологического строения конкретного карстового массива.

Научная идея и анализ динамики провалообразования в Пермском крае определили *основную цель работы*: в условиях современных требований методически и в практических приложениях обосновать роль анализа общегеологических факторов в системе карстологического прогноза применительно к районам наиболее интенсивного провалообразования.

Для достижения поставленной цели большой объем фактического материала, в первую очередь полученный по результатам буровых работ и результатам многолетнего мониторинга карстовых явлений, позволил оперировать большими массивами количественных параметров состояния геологической среды.

Для достижения поставленной цели *были решены следующие задачи*:

- обобщение и анализ современного методологического и практического опыта оценки карстоопасности, основанного на общегеологических принципах;
- анализ особенностей расположения урбанизированных территорий в районах развития сульфатного и карбонатно-сульфатного карста, с целью обоснования выбора территорий г. Кунгур, как типичного объекта для адаптации разрабатываемых методических основ анализа общегеологических факторов в системе карстологического прогноза;
- проведение анализа природных условий территории г. Кунгур с целью выявления их карстологической роли;
- выявление характера пространственного распределения и морфометрических особенностей подземных и поверхностных карстопроявлений в пределах территории г. Кунгур;
- обоснование комплекса признаков-факторов их качественных и количественных характеристик, использование которых объективно и достаточно для целей карстологического прогноза;
- проверка применимости комплекса общегеологических показателей в карстологическом прогнозе на примере пилотных территорий с получением общего результата в виде прогнозной картографической модели в рабочем масштабе 1:10 000;
- выполнение сравнительного анализа применения результатов разработанного методического подхода к оценке общегеологических факторов карстологического прогноза с результатами ранее проведенных прогнозных построений, основанных на нормативных требованиях к оценке карстоопасности.

*Обоснованность и достоверность результатов* диссертационной работы обеспечивалась углубленным анализом состояния решаемых проблем; применением обоснованного комплекса методов исследований и теории карстологического прогноза, основанных на исследованиях отечественных и зарубежных основоположников карстоведения, хорошей сходимостью результатов интерпретации полевых исследований с теоретическими предсказаниями и результатами картографического моделирования (построено более 50 моделей), полученными как автором диссертационной работы, так и другими исследователями; внедрением теоретических и методических рекомен-

даций в производственные и научные организации, органы муниципального управления. Достоверность результатов исследований обеспечена достаточно большим объемом собранной информации и сравнительным анализом конечных результатов с нормативными аналогами. Автором проанализированы архивные материалы по инженерно-геологическим изысканиям, выполненным различными организациями (ОАО «ВерхнекамТИСИЗ» (Пермь), ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» (Пермь), ОАО «Пермгипропроводхоз» (Пермь)) на территории г. Кунгур, п. Усть-Кишерть, п. Полазна, всего более 270 отчетов. Дополнены специализированные электронные базы данных, отражающие особенности геолого-литологического и гидрогеологического строения территории: по данным горных выработок (4524 шт.), химического состава вод (1215 проб) и физико-механических и водных свойств грунтов (4724 пробы), а также каталоги поверхностных и подземных карстопроявлений, включающие более 3300 карстовых воронок и провалов и порядка 700 подземных полостей. Необходимо отметить, что основные данные по инженерно-геологическим изысканиям на территории г.Кунгур были взяты из базы данных, составленной сотрудниками Кунгурской лаборатория-станции Горного института УрО РАН (патенты № 2007620202, 2007612323, авторы: Пятунин М.С., Кадебская О.И., Мокрушина О.Ю.), за что автор выражает им особую благодарность. Дополнительные сведения были получены в процессе выполнения с непосредственным участием автора:

1) научно-исследовательских работ по теме «Научно-техническое обоснование приоритетных мер защиты г. Кунгур от вредного влияния паводковых вод рр. Сытва, Ирень, Шаква» (2005 г.);

2) областной целевой программы «Развитие и использование минерально-сырьевой базы Пермской области на 2003-2005 годы и на перспективу до 2010 года», тема «Мониторинг закарстованных территорий Пермской области» (2006-2010 гг.);

3) научной программы МУП «Управление капитального строительства» Кунгурского района «Проведение исследований для обоснования возможности строительства малоэтажного усадебного жилья с полным благоустройством д. Поповка, д. Шарташи» (2007 г.);

4) научно-исследовательских работ в рамках задания Минобрнауки РФ на темы «Развитие методологии риск-анализа хозяйственного освоения закарстованных территорий» (2011 г.) и «Развитие теории прогноза возникновения опасных геологических процессов на урбанизированных территориях» (2012-2013 гг.);

5) научно-исследовательской работы «Выявление генезиса и трансформации состава подземных вод закарстованных территорий и градопромышленных агломераций методами гидрохимического моделирования», выполненной в рамках соглашения с «ЛУКОЙЛ Оверсиз» (2014 г.)

*Теоретической и методологической базой диссертационного исследования* явились труды известных отечественных и зарубежных карстоведов, гидрогеологов, инженеров-геологов, в первую очередь основателей пермской школы геологов-карстоведов: Г.А. Максимовича, К.А. Горбуновой, В.С. Лукина, И.А. Печеркина, А.И. Печеркина, В.Н. Дублянского, В.Н. Катаева.

В работе использованы традиционные методы сбора и обработки геологической информации, а также современные методы накопления и статистической обработки данных и построения картографических моделей (MS Excel, Arc Map v.10, AutoCAD 2007).

При анализе условий и факторов развития карстового процесса, последующей интерпретации результатов использовались нормативные методы инженерно-геологического анализа закарстованных территорий, используемые изыскательскими организациями; методы гидрогеологического и структурно-тектонического анализа, разработанные на кафедрах динамической геологии и гидрогеологии и инженерной геологии и охраны недр, адаптированные на закарстованных территориях Пермского Предуралья.

*Научная новизна* работы определяется тем, что в ходе проведенных исследований

- получены и систематизированы новые сведения о строении и свойствах массивов развития сульфатного и карбонатно-сульфатного карста Предуралья;
- установлены показатели, характеризующие степень влияния геолого-гидрогеологического состояния массива на особенности пространственного распределения поверхностных и подземных форм карста, учет которых должен быть выполнен на начальной стадии оценки;
- определены критические интервалы значений показателей, характеризующие наиболее карстоопасное состояние участков массива относительно плотности возникновения и развития поверхностных и подземных форм карста;
- обоснованы методические подходы к процедуре комплексного учета на уровне оценки общегеологических показателей состояния карстового массива в целях их применения в карстологическом прогнозе.

*Предметом защиты являются следующие положения:*

1 Оценка карстовой опасности должна основываться на результатах анализа закономерностей пространственного распределения основных геолого-гидрогеологических факторов, определяющих динамику карстового процесса и соответствующее распределение карстовых форм в массиве горных пород.

2. На ранних этапах прогнозных мероприятий используются оптимальные и достаточные комплексы наиболее общих показателей-признаков геолого-литологического строения и гидрогеологических особенностей карстующегося массива в их качественном и количественном выражениях.

3. Методически предварительная оценка локальной карстовой опасности конкретной территории выполняется на основе совместного учета показателей, отражающих факторы карстообразования, определяемые в пределах участков данной территории с различным геолого-гидрогеологическим строением.

*Практическая значимость работы* заключается в том, что при использовании результатов диссертационного исследования появляется возможность:

- повышения объективности разноцелевого районирования и типизации закарстованных территорий на основе использования полученных автором закономерностей распределения поверхностных и подземных форм карста (воронки, провалы, полости) в зависимости от геолого-гидрогеологических особенностей строения карстового массива;
- повышения эффективности процедуры локализации участков наиболее вероятного проявления деформационных явлений карстового (суффозионно-карстового) генезиса;
- на геолого-генетической основе проводить организацию детальных инженерно-геологических и гидрогеологических исследований, используя выявленные закономерности пространственного распределения карстовых форм;

- использования выявленных закономерностей для предварительной карстологической оценки малоизученных территорий карбонатно-сульфатного сложения;
- использования полученных результатов и собранного материала при подготовке и преподавании курсов «Карстоведение» и «Региональная инженерная геология», читающихся в Пермском государственном национальном исследовательском университете для студентов специальности «Гидрогеология и инженерная геология».

**Личный вклад автора** в получение научных и практических результатов, изложенных в диссертационной работе, выражается в его участии в период с 2005 по 2014г. в полевых экспедиционных и тематических научно-исследовательских работах в качестве исполнителя тем по изучению условий и факторов развития карста на территории Пермского края в пределах территорий развития карбонатно-сульфатного карста. Все материалы исследований, положенные в основу диссертации, обработаны автором лично. Все результаты и выводы получены им самостоятельно. Материалы, представленные в данной работе без библиографических ссылок, принадлежат автору.

**Реализация работы.** Исследования, положенные в основу диссертации, проводились в соответствии с Областной целевой программой «Развитие и использование минерально-сырьевой базы Пермской области на 2003 – 2005 годы и на перспективу до 2010 года», утвержденной Законом Пермской области от 10.06.2003 № 840-159 (в редакции Закона Пермской области от 12.05.2004 № 1388-285) по объекту «Мониторинг закарстованных территорий Пермского края». Заказчиком работ выступало Министерство природных ресурсов края.

Методические приемы общегеологического анализа карстовых массивов в целях выявления факторов локализации карстовых форм применены автором при интерпретации результатов исследований территорий следующих административно-территориальных образований Пермского края, расположенных в пределах развития сульфатного и карбонатно-сульфатного карста: Кунгурский, Добрянский, Кисегертский, Ординский, Суксунский, Октябрьский. Все результаты были переданы через Министерство природных ресурсов Пермского края в соответствующие органы территориального управления для учета в планах территориального развития.

**Публикации и апробация результатов исследований.** По теме диссертационных исследований автором опубликовано 32 научные статьи, в том числе 4 в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК. Результаты исследований докладывались и обсуждались на научных форумах различного масштаба, в том числе: региональной научно-практической конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (Пермь, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014); Всероссийской международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире» (Пермь, 2010); конференции научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии «Сергеевские чтения» (Москва, 2008, 2013, 2014); VI и VII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов «Геологи XXI века» (Саратов, 2006, 2007); международной научной конференции «Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов» (Пермь, 2005); VI Всероссийской научно-практической конференции «Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание» (Пенза, 2006); VII межвузовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования» (Санкт-Петербург, 2006); международной научно-технической конференции «Экология урбанизированных террито-



рий» (Москва, 2006); международной научной конференции «Иновационный потенциал естественных наук» (Пермь, 2006); международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании» (Одесса, 2010, 2011, 2012); международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований» (Одесса, 2013); международной научной конференции «14th GeoConference on Science and technologies in Geology, Exploration and Mining» (Альбета, Болгария, 2014), IV международной научно-практической конференции «Фундаментальная наука и технологии - перспективы разработки (Fundamental science and technology - promising developments IV)» (Северный Чарльстон, США, 2014).

**Структура и объем работы.** Диссертация объемом 140 страниц состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературных источников (160 наименований). Работа содержит 59 рисунков, 16 таблиц.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук, профессору, проректору по научной работе и инновациям ПГНИУ, заведующему кафедрой динамической геологии и гидрогеологии В.Н. Катаеву за руководство работой; доктору геолого-минералогических наук, профессору Г.Н. Дублянской за неоценимый вклад в научное становление автора, сотрудникам научно-исследовательской части ПГНИУ Д.Р. Золотареву, С.В. Щербакову, Ю.А. Ардавичус, А. В. Шиловой, О.М. Лихой, помогавшим при подготовке и оформлении диссертации; сотрудникам кафедр инженерной геологии и охраны недр, динамической геологии и гидрогеологии ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» за ценные советы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. Особенности проявления карбонатно-сульфатного карста в районах Пермского Предуралья

Раздел состоит из 3 подразделов и посвящен характеристике условий развития карбонатно-сульфатного карста Пермского Предуралья, а также обоснованию выбора территории г.Кунгура в качестве «пилотной». Рассмотренные в разделе основные принципы выбора геолого-гидрогеологических признаков-факторов при карстологическом прогнозе подводят к первому защищаемому положению.

Основной задачей раздела было выявить особенности протекания карбонатно-сульфатного карста на территории Пермского Предуралья, который распространен в Полазненском, Нижнесысывенском и Кишертском карстовых районах. В тектоническом отношении эти территории находятся на восточной окраине Восточно-Европейской платформы, в зоне ее сочленения с Предуральским красным прогибом. По характеру перекрывающих отложений здесь развит главным образом подальвиальный тип карста. Карстующимися породами преимущественно являются отложения иренского горизонта кунгурского яруса приуральского отдела пермской системы (Р, kg), сложенные семью чередующимися сульфатными и карбонатными пачками.

Выбор территории города Кунгур в качестве «пилотного» территориального объекта для данного диссертационного исследования не случаен. На территории города в ходе многочисленных инженерно-геологических изысканий было пройдено более 3500 горных выработок, проведено более трех тысяч испытаний на определение физи-

ко-механических и водных свойств грунтов и более тысячи определений химического состава природных вод. На основании этого созданы специализированные электронные базы данных, отражающие особенности геолого-литологического и гидрогеологического строения территории, а также обширные каталоги поверхностных и подземных карстопоявлений, включающие подробное морфометрическое и морфологическое описание этих форм. Обширный, разнообразный, многолетний исходный материал, положенный в основу работы, является залогом того, что процесс развития карбонатно-сульфатного карста на территории г.Кунгура рассмотрен всесторонне и детально.

В современных условиях возникает необходимость изменения модели карстологического прогноза с сокращенного варианта, основанного на анализе параметров поверхностных форм карста и их формального распределения по территории, на подробный анализ, учитывающий особенности пространственного распределения, морфологию и морфометрию поверхностных и подземных форм карста под влиянием особенностей геолого-гидрогеологического строения карстующегося массива. Для проведения подобного прогноза необходим анализ баз геологических, карстологических и иных, например, геоморфологических данных, выполняемый в целях выявления закономерностей пространственного соотношения особенностей состояния геолого-гидрогеологической среды, выраженных в соответствующих показателях и закартированных поверхностных и подземных карстопоявлений. Оценка качественных и количественных показателей состояния геологической среды и выявление оптимальных параметров возникновения и развития карстовых форм является неотъемлемой частью аналитической процедуры баз данных и в итоге подразумевает выделение в составе всей совокупности признаков-факторов, влияющих на распределение карстовых форм, трех интервалов соответствующих показателей, выраженных в количественной форме – «опасного», «условно опасного» и «неопасного». Границы между интервалами устанавливаются по резкому уменьшению (увеличению), например, количества карстопоявлений (или их размеров) на гистограммах частоты встречаемости соответственно значениям конкретного показателя строения территории (рисунок 1). Опасный интервал характеризуется наибольшим количеством карстовых форм (или

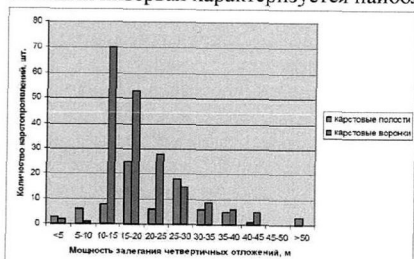


Рисунок 1. Типовое распределение карстовых форм в пределах территорий с различными четвертичными отложениями

карстопоявлений с максимальными морфометрическими показателями. В случае неоднородности распределения может быть выделено два и более опасных интервалов значений. В результате многостороннего анализа геолого-гидрогеологических условий исследуемых территорий и их связи с карстопоявлениями выделен комплекс геолого-гидрогеологических признаков-факторов, которые могут быть использованы в карстологическом прогнозе, включающий группы показателей геоморфологического, литолого-геологического, структурно-тектонического, гидрогеологического и инженерно-геологического строения.

## 2. Характеристика условий и факторов развития карста на территории г.Кунгур

Раздел включает 2 подраздела. В разделе приведен анализ результатов исследования карста междуречья рек Сылвы и Ирени, а так же дана характеристика геолого-гидрогеологических условий развития карста на указанной территории. Кроме того, приводится описание типов геологического разреза, дана характеристика и анализ распределения карстовых форм в пределах каждого типа геологического разреза.

Территория города Кунгура находится в сложных структурно-тектонических и геолого-гидрогеологических условиях восточной окраины Восточно-Европейской платформы, приурочена к западному крылу Уфимского вала. На исследуемой территории распространены породы кунгурского яруса приуральского отдела пермской системы ( $P_1k$ ), который стратиграфически разделен на филипповский ( $P_1k_{ph}$ ) и иренский ( $P_1k_{ir}$ ) горизонты. Отложения иренского горизонта на исследуемой территории представлены тремя сульфатными и двумя карбонатными пачками.

По результатам буровых работ на территории г. Кунгур, выделено 7 базовых типов сочетания карстующихся и перекрывающих отложений различного состава и генезиса (рисунок 2). Наиболее закарстованные участки характеризуются наличием в разрезе

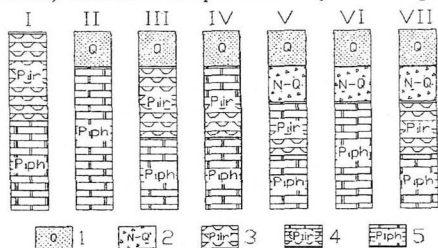


Рисунок 2. Типы геологического разреза, выделенные на территории г. Кунгур

Условные обозначения: 1 – аллювиально-дельтавые отложения четвертичного возраста; 2 – обвално-карстовые отложения неоген-четвертичного возраста; 3 – сульфатные отложения иренского горизонта; 4 – карбонатно-сульфатные отложения иренского горизонта; 5 – карбонатные отложения филипповского горизонта.

карбонатно-сульфатных пород иренского горизонта, перекрытых неоген-четвертичными и четвертичными рыхлыми отложениями (V геологический тип разреза). На территории г.Кунгур зафиксировано порядка 400 карстовых провалов и почти столько же карстовых воронок, буровыми скважинами вскрыто 509 карстовых полостей. Большинство карстовых форм приурочено к V типу геологического разреза, на территории распространения этого же типа зафиксированы наибольшие размеры поверхностных карстовых форм. Необходимо заметить, что если рассматривать плотность карстовых форм по типам геологического разреза, то она высокая, например, на территории I и III типов, однако данный параметр относительно демонстрации карстоопасности этих территорий, по мнению автора, является непоказательным в данном случае, поскольку территории, занятые этими типами, очень малы, карстовые формы, зафиксированные в их пределах единичны и достоверно судить о том, как бы шел процесс карстообразования на более больших площадях с аналогичным геологическим разрезом, не представляется возможным. Гидрогеологическая ситуация на территории г.Кунгура также сложна, в последние годы наблюдается тенденция опреснения подземных вод иренского горизонта, что повышает их агрессивность в отношении карстующихся пород. Фоновое значение минерализации подзем-

ных вод иренских отложений составляет 2-4 г/дм<sup>3</sup>, фоновая гидрохимическая фация (по Г.А. Максимовичу) – сульфатно-кальциево-гидрокарбонатная.

### **3. Оценка влияния геолого-гидрогеологических факторов на пространственное распределение и параметры поверхностных и подземных карстовых форм**

Раздел включает 2 подраздела и посвящен рассмотрению основных проблем, связанных с оценкой карстоопасности на урбанизированных территориях, а также методическому обоснованию выбора наиболее значимых геолого-гидрогеологических признаков-показателей для карстологического прогноза. В разделе приводятся результаты исследований, раскрывающие суть первого защищаемого положения в части выявления закономерностей пространственного распределения особенностей геолого-гидрогеологического строения карбонатно-сульфатных массивов и их влияния на динамику карстового процесса. Кроме того, в разделе приводится аргументация второго защищаемого положения в части того, что предложены оптимальные и достаточные комплексы геолого-гидрогеологических показателей-признаков для начальных стадий карстологического прогноза.

Рассмотрены основные методы оценки карстоопасности, применяемые в современной практике карстологических исследований. В результате анализа выделены основные проблемы карстологического прогноза на урбанизированных территориях, характерные для современного этапа развития карстоведения. К ним, прежде всего относятся:

- отсутствие единого комплекса признаков и факторов, используемого в карстологическом прогнозе, кроме того, зачастую, не проводится его должное обоснование;
- большинство прогнозных построений выполняется по результатам анализа поверхностных карстовых форм, которые, как правило, пространственно неадекватно отражают подземную закарстованность, что приводит к неоднозначным результатам;
- для достоверности прогноза по большинству методик требуется длительный период наблюдения с данными определенного качества, включающими время образования карстопоявлений, их характер, морфометрию, зачастую подобный мониторинг на закарстованных территориях не ведется, и получение качественной информации для расчетов невозможно;
- оценки по конкретным карстовым формам носят вероятностно-статистический характер, следовательно, результаты подобных прогнозов относятся к ряду неподтвержденных гипотез;
- для повышения достоверности прогноза необходима достаточно большая площадь исследования, при укрупнении масштаба исследований результаты расчетов для одной и той же территории могут различаться.

На необходимость учета особенностей геолого-гидрогеологического строения территории при прогнозных построениях в разное время указывали отечественные и зарубежные ученые (Логинов, 1972, Лыкошин, 1978; Fritz, Stoyan, 1993). При прогнозе активности карстового процесса необходимо использовать комплекс показателей, который бы отражал все особенности геолого-гидрогеологического строения наиболее карстоопасных участков. Выделение такого комплекса производится с учетом характера распределения поверхностных и подземных карстопоявлений и их размеров.

Необходимость учета морфометрических характеристик определяется тем что возникновение деформаций поверхности может быть единичным, но вместе с тем параметры возникшего провала могут обуславливать катастрофический характер последствий для наземных или подземных инженерных объектов. При выделении комплекса прогностных показателей анализ производился по участкам территории г.Кунгура, имеющим разный тип геологического разреза, по территориям с. Усть-Кишерть и п.Полазна.

Автором выделены две группы показателей: региональные и локальные (или частные). К группе *региональных* признаков-показателей отнесены показатели, карстоопасные значения которых близки для всех типов геологического строения в условиях карбонатно-сульфатного карста Предуралья. Эти показатели выделены на территории г.Кунгура, с.Усть-Кишерть и п. Полазна и они рекомендованы к использованию при региональных исследованиях (таблица 1).

Таблица 1. Карстоопасные интервалы региональных показателей-признаков для территорий развития карбонатно-сульфатного карста

Показатель-признак	г Кунгур	п. Полазна	п. Усть-Кишерть	Общее для карбонатно-сульфатного карста
1. Мощность четвертичных отложений, м	До 20	5-20	10-20	До 25
2. Мощность неоген-четвертичных отложений, м	До 20	10-30	До 30	До 30
3. Суммарная мощность покровных отложений, м	До 40	10-40	10-40	До 40
4. Мощность иренского горизонта, м	25-45	-	30-60	Более 25
5. Глубина залегания уровня вод четвертичных отложений, м	4-8	1-3	До 10	До 10
6. Глубина залегания уровня вод обвальнокарстовых неоген-четвертичных отложений, м	До 30	15-30	20-30	До 30
7. Глубина залегания уровня вод иренских отложений, м	20-40	50-65	25-30	20-65
8. Минерализация вод иренского горизонта, г/дм <sup>3</sup>	2-6	2-4	1-3	1-4
9. Гидрохимическая фация вод иренского горизонта	смешение фаций	смешение фаций	смешение фаций	смешение фаций

*Частные* показатели характерны только для данного типа геолого-гидрогеологического строения анализируемого участка и обуславливают различную степень активности проявления карстового процесса. Использование таких показателей позволяет детализировать карстологическую ситуацию на локальном уровне исследований. Количество частных показателей может варьировать в зависимости от их значимости применительно к конкретному участку с конкретным строением, характером решаемой задачи, типа исследуемой территории (таблица 2).

#### 4. Принципы выполнения оценки карстоопасности на ранних стадиях прогноза устойчивости территорий на основе анализа геолого-гидрогеологических факторов-признаков

Раздел состоит из 2 подразделов. В разделе приведена методика проведения оценки карстоопасности на начальных этапах, принципы построения итоговой прогнозной

Таблица 2. Обобщенные карстоопасные интервалы частных показателей-признаков для территории развития карбонатно-сульфатного карста Предуралья

Показатель-признак	Тип разреза по г. Кунгуру							п. Полазна	с. Усть-Хишерть
	I	III	IV	V	VI	VII			
1. Мощность четвертичных отложений, м	<5	10-15	20-25	10-15	10-15	5-15	5-20	10-20	
2. Мощность неоген-четвертичных отложений, м	<5	<5	нет	до 20	до 15	5-10	10-30	до 30	
3. Мощность покровных отложений, м	<5	10-15	15-30	15-25	до 35	15-35	10-40	10-40	
4. Мощность иренских отложений, м	10-15; 40-45	25-35	25-45	40-45	-	30-45	-	-	
5. Мощность неволинской пачки, м	0	0	до 15	0	-	0	-	-	
6. Абс. отм. кровли иренского горизонта, м	100-150	100-140	160-170	110-160	-	120-150	-	-	
7. Абс. отм. кровли филипповского горизонта, м	105-110	90-110	70-75	90-95	90-115	75-90	-	-	
8. Глинистость покровной толщи, %	-	-	50-70	40-60	40-50	50-60	40-60	30-50	
9. Гидроизобаты вод четвертичных отложений, м	6-8	4-6	до 6	до 8, 16-18	4-6	до 6	1-3	до 10	
10. Гидроизобаты вод обвально-карстовых неоген-четвертичных отложений	-	-	-	до 30; более 70	10-20	до 30; более 70	15-30	20-30	
11. Гидроизобаты вод иренских отложений, м	-	20-40	20-40 и 60-70	20-60 и более 70	-	20-40	45-65	25-30	
12. Минерализация вод иренского горизонта	-	2-4	2-8	до 6	до 2	2-6	2-4	1-3	
13. Гидрохимическая фация вод иренского горизонта	-	-	смешение	-	смешение	смешение	смешение	смешение	

картографической модели карстоопасности, а также сравнение результатов автора с результатами карстологического прогноза, полученных при помощи методик, рекомендованных нормативными документами. Текст раздела посвящен аргументации третьего защищаемого положения, где на основе разработанных автором методических подходов выполнен анализ карстоопасности по сочетанию выявленных особенностей строения карстовых массивов применительно к конкретным объектам.

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. На следующем этапе производится анализ выбранных показателей и выделение наиболее карстоопасных интервалов их значений для отдельных участков территорий, имеющих различное геолого-гидрогеологическое строение.

Проанализировав геолого-гидрогеологические условия развития карста по разным типам геологического разреза в пределах территории г.Кунгур и на основе совместного учета как качественных, так и количественных показателей, нами определены наиболее карстоопасные интервалы значений показателей-признаков. По своим значениям эти показатели наиболее близки к показателям V типа геологического разреза. Для визуализации результатов оценки в виде картографической модели автором использован балльный метод. Необходимо отметить, что построение балльных шкал является процессом, зависящим от мнения исследователя. Поскольку влияние каждого из факторов в разных точках рассматриваемой территории может быть различным и точно определить, какой показатель является преобладающим при активизации карстового процесса определить достаточно сложно, в нашем случае можно использовать упрощенный вариант балльной оценки без построения иерархии, все показатели рассматриваются как равнозначные, 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, таблица 3). Всего выделено 11 показателей-признаков. Таким образом, максимальное количество баллов, которое может получить отдельный участок исследуемой территории, составляет 110 баллов.

Таблица 3. Карстоопасные и наименее карстоопасные значения показателей-признаков для г.Кунгур

Показатель-признак	Наиболее карстоопасные значения	Наименее карстоопасные значения
1. Мощность четвертичных отложений, м	10-15	>40
2. Мощность неоген-четвертичных отложений, м	10-15	>45
3. Суммарная мощность покровных отложений, м	15-25	>75
4. Мощность иренских отложений, м	40-45	<5
5. Мощность неволинской пачки, м	0	15
6. Глинистость покровной толщи, %	50-60	>90
7. Глубина залегания вод четвертичных отложений, м	4-6; 16-18	14-16
8. Глубина залегания вод обально-карстовых неоген-четвертичных отложений	20-30	60-70
9. Глубина залегания вод иренских отложений, м	30-40; >70	<10
10. Минерализация вод иренского горизонта, г/дм <sup>3</sup>	<4	18-20
11. Гидрохимическая фация вод иренского горизонта	участки смещения фаций	SO <sub>4</sub> -Ca (как фоновое значение)

На следующем этапе оценки карстоопасности выполняется построение картографической модели с использованием соответствующего программного обеспечения. Автором для этих целей использован программный продукт ArcMap v.10. Следует отметить, что инженерно-геологическими и карстологическими исследованиями в максимальной степени охвачена северная часть г.Кунгура и, следовательно, все прогнозные построения выполнены только для этой территории.

Для проведения аналогии с категориями устойчивости по карстоопасности, принятым нормативными документами, автором выделено пять категорий, соответствующих пяти цветам на картографической модели (рисунок 3). Ранжирование баллов по категориям карстоопасности, выделенным автором, приведено в таблице 4.

Таблица 4. Ранжирование баллов по категориям карстоопасности

Категория	Количество баллов	Цвет на картографической модели
I - весьма опасная	Более 85	красный
II - опасная	66-85	оранжевый
III - умеренно-опасная	46-65	желтый
IV - потенциально-опасная	26-45	светло-зеленый
V - практически неопасная	До 25	темно-зеленый

Для проверки применимости выделенных признаков-факторов карстоопасности на других территориях развития карбонатно-сульфатного карста Предуралья, предлагаемая методика апробирована на территории поселка Усть-Кишерть, причем, для нее были использованы те же значения наиболее карстоопасных интервалов показателей-признаков и тот же принцип присвоения баллов.

Сравнительный анализ результатов карстологического прогноза по методике автора и нормативными методами для территории г.Кунгура выполнен с использованием материалов ЗАО «ВерхнекамГИСИЗ», где в 2008 г. проводились инженерно-геологические изыскания на объекте «Генеральный план г.Кунгура Пермского края», в рамках которых была проведена оценка карстоопасности данной территории, кроме того, сравнение проведено с картой, выполненной сотрудниками ПГНИУ с участием автора в рамках НИР по объекту «Мониторинг закарстованных территорий Пермской области»

При построении обеих карт применялись методики, закрепленные в нормативных документах. При визуальном сравнении всех картографических моделей установлены многие совпадения. Так, очень неустойчивые, наиболее карстоопасные участки выделены в микрорайоне Центральный, занимающем междуречье рек Ирени и Сылвы. Кроме того, отмечается и соответствие расположения участков с наименьшими категориями карстоопасности (в южной и юго-восточной частях северной территории города). Сравнение картографических моделей было проведено также и для территории с.Усть-Кишерть.

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.



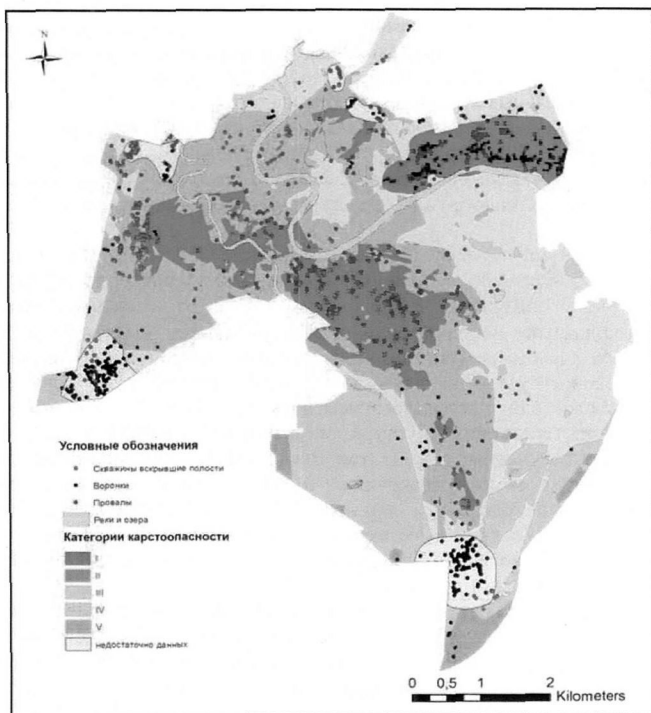


Рисунок 3. Картографическая модель оценки карстоопасности северной части г.Кунгура

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований предложена методика карстологического прогноза на урбанизированных территориях, развивающая общегеологический подход, основанная на учете геолого-гидрогеологического строения исследуемой территории. Разработаны основные принципы проведения оценки карстоопасности на ранних стадиях прогноза устойчивости территорий. Доказана целесообразность применения предложенной методики на начальных этапах прогнозных действий на территориях развития карбонатно-сульфатного карста Предуралья.

В процессе написания работы выполнены обобщение и анализ современного методологического и практического опыта оценки карстоопасности, основанного на общегеологических принципах, и других методиках, широко используемых в целях карстологического прогноза и оценки карстоопасности территорий. Данный анализ показал, что возникает необходимость изменения парадигмы карстологического прогноза с сокращенного варианта «практического» анализа параметров поверхностных форм карста и их формального распределения по территории на «полный» анализ, учитывающий особенности пространственного распределения, морфологию и морфометрию поверхностных и подземных форм карста под влиянием особенностей геолого-гидрогеологического строения карстующегося массива. В качестве «пилотной» территории выбрана террито-

рия г.Кунгура, для которой был проведен анализ природных условий с целью выявления их карстологической роли, а также характера пространственного распределения и морфометрических особенностей подземных и поверхностных карстопроявлений в пределах территории г. Кунгур. На основе этого обоснован комплекс признаков-факторов, их качественные и количественные характеристики, использование которых объективно и достаточно для начальных этапов комплекса прогнозных мероприятий. Комплекс включает 13 показателей, характеризующих активность карстового процесса на территориях развития карбонатно-сульфатного карста, однако данный комплекс не является закрытым, некоторые показатели могут быть удалены из него, а другие добавлены, исходя из имеющихся данных о геолого-гидрогеологическом строении исследуемой территории и ее особенностей.

Предложенный комплекс был реализован в картографическую модель с помощью балльного метода, методика апробирована на примере территории г.Кунгура, а также территории пгт. Усть-Кишерты. На территории г.Кунгура использован комплекс из 11 показателей-признаков, на территории пгт. Усть-Кишерты – всего из 7. Выполнение сравнительного анализа результатов разработанного методического подхода к оценке карстологической ситуации на начальных этапах с результатами ранее проведенных прогнозных построений с использованием нормативных требований к оценке карстоопасности, как на территории г.Кунгура, так и на территории пгт. Усть-Кишерты, показали сходимость полученных результатов. Выполненное сравнение на уровне картографических моделей позволяет заключить, что на начальных этапах карстологического прогноза разработанная методика оправдывает свое применение, поскольку дает представление о локализации наиболее карстопасных участков, не требует дорогостоящих исследований, а на основе ее результатов, можно планировать карстологические изыскания с целью детализации ситуации.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что доказаны и количественно оценены взаимосвязи между образованием карстовых форм и показателями геолого-гидрогеологического строения карстового массива. Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован вероятностно-статистический математический аппарат, а именно известные общенаучные процедуры одномерной статистики (исследование вариационных рядов и распределений). Произведен анализ и оценка ранее произведённых исследований по исследуемой тематике.

Практическая значимость исследований заключается в том, что предложены новые методические подходы для выполнения мероприятий карстологической оценки на начальных этапах прогноза устойчивости применительно к территориям развития карбонатно-сульфатного карста Пермского Предуралья; определены и обоснованы геолого-гидрогеологические показатели-признаки для проведения предварительного карстологического прогноза: созданы прогнозные картографические модели карстоопасности для территорий развития карбонатно-сульфатного карста Предуралья.

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

**В научных рецензируемых журналах и изданиях, определенных ВАК**

1. Дублянская Г.Н. Оценка влияния эколого-геодинамической функции литосферы на проживание человека в пределах урбанизированных закарстованных территорий (на примере г. Кунгур) / Г.Н. Дублянская, Т.Г. Ковалева, О.М. Ляхая // Экология урбанизированных территорий. - № 4 – 2006. – С. 38-45.

2. Катаев В.Н. Роль экспертной оценки в карстологическом прогнозе / В.Н. Катаев, Т.Г. Ковалёва // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 8 (часть 5). С. 1130-1135; [Адрес в сети Интернет: [www.rae.ru/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10001306](http://www.rae.ru/?section=content&op=show_article&article_id=10001306)] (дата обращения: 04.10.2013).

3. Ковалёва Т.Г. Подземный рельеф карстующихся пород как индикатор пространственного распределения форм карста / Т.Г. Ковалёва, В.Н. Катаев // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 4. [Адрес в сети Интернет: <http://www.science-education.ru/118-14415>] (дата обращения: 25.08.2014).

4. Ковалёва Т.Г. Основные проблемы карстологического прогноза на урбанизированных территориях // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. [Адрес в сети Интернет: <http://www.science-education.ru/120-16143>] (дата обращения: 13.12.2014).

#### В других научных рецензируемых изданиях

5. Катаев В.Н. Особенности геологического строения территории и пространственное распределение карстовых форм (на примере территории г.Кунгур) / В.Н. Катаев, С.В. Щербаков, Д.Р. Золотарев, О.М. Лихая, Т.Г. Ковалева // *Вестник Пермского университета. Научный журнал. Вып. 3 Геология*. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2009. С. 77-93.

6. Катаев В.Н. Особенности химического состава вод иренского водоносного горизонта и карстопоявления (на примере территории г. Кунгур) / В.Н. Катаев, О.М. Лихая, Т.Г. Ковалева, Д.Р. Золотарев, С.В. Щербаков // *Вестник Пермского университета. Научный журнал. Вып. 3 Геология*. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2009. С. 66-76.

#### В сборниках научных трудов конференций

7. Малинина (Ковалёва) Т.Г. Особенности образования и распространения карстовых провалов на территории г. Кунгура / Т.Г. Малинина (Ковалева), Г.Н. Дублянская // *Тезисы докл. междунар. науч. конф. «Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов»* Пермь: ФГНУ «ЕНИ». 2005. С. 56-57.

8. Малинина (Ковалёва) Т.Г. Карст – угроза экологической и техногенной безопасности закарстованных урбанизированных территорий / Т.Г. Малинина (Ковалева), Г.Н. Дублянская, Е.А. Аристов // *Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции*. Пенза, 2006. С. 76-78.

9. Малинина (Ковалёва) Т.Г. Особенности развития карста на урбанизированных территориях (на примере г. Кунгур) // *Геологи XXI века: Материалы VI Всероссийской науч. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов (Саратов, 28-31 марта 2006 г.)*. Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2006. С. 94-96.

10. Лихая О.М. Оценка воздействия эколого-геодинамической функции литосферы на территорию г. Кунгур / О.М. Лихая, Т.Г. Малинина (Ковалёва) // *Школа экологической геологии и рационального недропользования: материалы VII межвузовской молодежной науч. конф. СПб., 2006*. С. 243-245.

11. Дублянская Г.Н. К оценке геодинамической экологической функции литосферы на закарстованных урбанизированных территориях (на примере г. Кунгур) / Г.Н. Дублянская, Т.Г. Малинина (Ковалёва), О.М. Лихая // *Экология урбанизированных территорий. Сборник материалов Междунар. науч.-технич. конф.* – М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2006. С. 113-116.

12. Малинина (Ковалёва) Т.Г., Дублянская Г.Н., Аристов Е.А. Оценка степени устойчивости территории г. Кунгура по провалообразованию. / Т.Г. Малинина (Ковалева),

Г.Н. Дублянская, Е.А. Аристов // Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 16 / Пермь.: Изд-во Перм. ун-та, 2006. С. 229-234.

13. *Ковалева Т.Г.* Особенности развития природного и природно-техногенного карста на территории г. Кунгура / Т.Г. Ковалева, В.Н. Дублянский, А.В. Коноплев // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. ст. по материалам регион. науч.-практ. конф. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2006. С. 151-152.

14. *Ковалева Т.Г.* Геоэкологическая экологическая функция литосферы на урбанизированных закарстованных территориях (на примере г. Кунгур) / Т.Г. Ковалева, О.М. Лихая, Г.Н. Дублянская // Инновационный потенциал естественных наук: в 2 т. Труды междунар. науч. конф. / Перм. ун-т; Естественнонауч. ин-т и др. Пермь, 2006. С. 111-115.

15. *Ковалева Т.Г.* Районирование территории г. Кунгур (Пермский край) по устойчивости относительно провалообразования // Геологи XXI века: Материалы VII Всероссийской науч. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов. Саратов, 2007. С. 34-36.

16. *Ковалева Т.Г.* К проблеме обеспечения безопасной жизнедеятельности на закарстованных территориях // Сборник тезисов докладов по материалам XIV Межд. Конференции студ., аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2007» / отв. ред. И.А. Алешковский, П.Н. Костылев, [Электронный ресурс]. М.: Издательство МГУ, 2007. С. 62. [Адрес ресурса и тезисов в сети Интернет: [http://lomonosov-msu.ru/archive/lomonosov\\_2007/06/Kovaleva\\_T\\_G.doc.pdf](http://lomonosov-msu.ru/archive/lomonosov_2007/06/Kovaleva_T_G.doc.pdf)].

17. *Ковалева Т.Г.* К характеристике подземной закарстованности территории г. Кунгур / Т.Г. Ковалева, Д.Р. Золотарев, С.В. Щербаков // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Изд-во Перм. ун-та, 2007. С. 210-212.

18. Дублянская Г.Н. Оценка карстоопасности и устойчивости закарстованных урбанизированных территорий (на примере г. Кунгур) / Г.Н. Дублянская, Т.Г. Ковалева, О.М. Лихая, С.В. Щербаков, Д.Р. Золотарев, Д.В. Кошкина // Сергеевские чтения, вып. 10. М.: Изд-во ГЕОС, 2008. С. 129-134.

19. Катаев В.Н. Взаимосвязь особенностей развития иренского водоносного горизонта с проявлениями карста на территории г. Кунгур / В.Н. Катаев, О.М. Лихая, Т.Г. Ковалева, Д.Р. Золотарев, С.В. Щербаков // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2009. С. 293-296.

20. Катаев В.Н. Содержание работ, направленных на создание основ карстомониторинга / В.Н. Катаев, О.М. Лихая, Т.Г. Ковалева, Д.Р. Золотарев, С.В. Щербаков // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2009. С. 287-290.

21. *Ковалева Т.Г.* Тенденции изменения химического состава грунтовых вод с. Усть-Кишерть // Геология в развивающемся мире: материалы всероссийской науч.-практ. конф. / Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2010. С. 73-75.

22. *Ковалева Т.Г.* Типы геологических разрезов района с. Усть-Кишерть и карстопроявления // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. Пермь.: Изд-во Перм. гос. ун-та., 2010. С. 260-263.

23. *Ковалева Т.Г.* Оценка карстоопасности территории с. Усть-Кишерть (Пермский край) // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2010». Том 33. Биология, Геология. Одесса: Черноморье, 2010. С. 88-91.

24. *Ковалёва Т.Г.* Показатели особенностей геологического строения и распределение карстовых форм в пределах участков г. Кунгур, сложенных разными типами геологического разреза // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. Пермь.: Изд-во Перм. гос. Науч. Исслед. ун-та, 2012. С. 83-86.

25. *Ковалёва Т.Г.* Геолого-гидрогеологические показатели особенностей строения карстовых участков территории г.Кунгур и распространенность карстовых форм // Инженерная геология и охрана недр: сборник научных трудов, посвященный 35-летию кафедры. – Пермь, 2012. С. 97-101.

26. *Ковалёва Т.Г.* Влияние особенностей геолого-гидрогеологического строения карстовых участков территории г.Кунгур на распространение карстовых форм // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании» 2012». – Выпуск 4 Том 48. Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. С. 90-94.

27. *Ковалёва Т.Г.* Прогнозные показатели активности карстового процесса на территории г.Кунгур (Пермский край) // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: материалы Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием «Геонауки-2013: актуальные проблемы изучения недр». Вып. 13. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. С. 111-115.

28. *Ковалёва Т.Г.* Комплекс природных показателей для оценки карстоопасности участков территории г.Кунгур, сложенных разными типами геологического разреза // Сергеевские чтения. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты). Молодежная конференция. Выпуск 15. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (21-22 марта 2013 г.). – М.: РУДН, 2013. С. 149-151.

29. *Ковалёва Т.Г.* Карстоопасность территории п.Суксун Пермского края / Т.Г. Ковалёва, П.В. Николаев//Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований» 2013». – Выпуск I. Том 46. Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. С.51-54.

30. *Ковалёва Т.Г.* Взаимосвязь карстопоявлений и типов геологического разреза территории п. Суксун / Т.Г. Ковалёва, П.В. Николаев // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: статьи по материалам регион. науч.-практ. кнф. / гл. ред. Р.Г. Ибламинов; Пермь.: Изд-во Перм. гос. нац. иссл. ун-та. 2014. С. 90-93.

31. *Kovaleva T.G.* Use of the expert evaluation in the forecast of sulfate-carbonate karst development / T.G. Kovaleva and Prof. Dr. V.N. Kataev // International multidisciplinary scientific geoconference's 17-26 June, 2014 Bulgaria. 14th GeoConference on Science and technologies in Geology, Exploration and Mining. Conference Proceeding. Volume II. Hydrogeology, Engineering Geology and Geotechnics. - Albena, Bulgaria, 2014. Pp. 1019-1025.

32. *Ковалёва Т.Г.* Методика оценки роли геолого-гидрогеологических признаков-факторов при карстологическом прогнозе // Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки (Fundamental science and technology - promising developments IV): материалы IV международной научно-практической конференции, 29-30 сентября 2014. Том I. (Vol. 1) - North Charleston, USA, С. 28-33.

Подписано в печать: 23.03.2015. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,1. Тираж 130 экз.

Типография Пермского государственного национального исследовательского университета

614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15