



УДК 551

В. Н. Катаев, Н. Г. Максимович, О. Ю. Мещерякова

ТИПЫ КАРСТА ПЕРМСКОГО КРАЯ

Рассматриваются закономерности распространения и особенности развития карста на территории Пермского края, а также его влияние на хозяйственную деятельность.

56

This article focuses on the development features and distribution patterns of karst rocks in the Perm region, as well as their impact on the economic activity.

Ключевые слова: карст, типы карста, Пермский край.

Key words: karst, types of karst, Perm region.

Пермский край отличается большим разнообразием типовых видов карста, значительным потенциалом добывающей и перерабатывающей промышленности и, соответственно, существенной техногенной нагрузкой на природные объекты. Эти два обстоятельства, по мнению авторов, делают опыт изучения карста и предотвращение нежелательных последствий интересным для других регионов России и мира.

В тектоническом отношении регион находится на стыке Восточно-Европейской платформы и Центрально-Уральского поднятия, соединяясь с ним Предуральским краевым прогибом и передовой складчатой зоной Урала. Сочетание литологических комплексов и глобальных тектонических структур определяет меридиональную зональность обстановок развития карстового процесса. Карстующиеся породы в регионе развиты широко и занимают почти треть его территории. Общая площадь карстовых районов края, выделенных К. А. Горбуновой, — 45,9 тыс. км², площадь карстующихся пород — 35,5 тыс. км², соотношение с площадью карстовых районов — 0,77 [1]. Эта разница связана с тем, что в карстовые районы включены территории с возможностью проявления карста в перспективе (см. рис.).

В современной схеме районирования закарстованных территорий края выделено 6 районов развития преимущественно гипсового и карбонатно-гипсового карста в пределах восточной окраины Восточно-Европейской платформы; 2 района развития соляного и гипсового карста Верхнепечерской впадины и Соликамской депрессии Предуральского прогиба; 3 района закрытого соляного и гипсового карста Юрюзано-Сылвинской депрессии Предуральского прогиба; 3 района карбонатного карста Западно-Уральской складчатой зоны и 3 района карбонатного карста Центрально-Уральского поднятия (см. рис.).

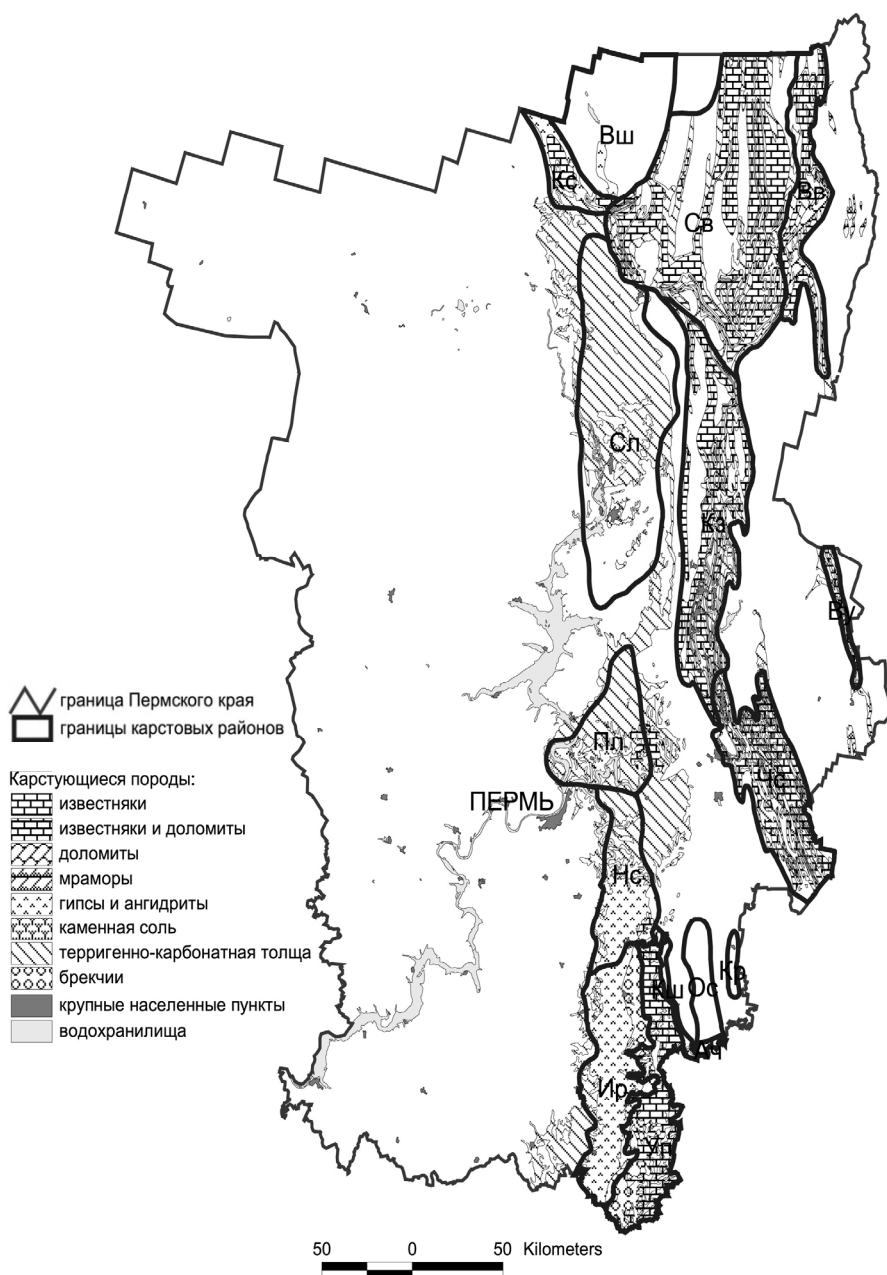


Рис. Распространение карстующихся пород и карстовых районов Пермского края (по К. А. Горбуновой)

Наибольшее распространение имеет карбонатный карст, общая площадь, занятая им, составляет 29,6 тыс. км² (табл. 1). Основные типы обстановок развития карста на территории Пермского Предуралья представлены в таблице 2.



Типы карста по условиям залегания (по [1; 7])

Карстовый район	Тип карста*	Площадь района, км ²	Тип карста по условиям залегания
<i>1. Карстовые районы восточной окраины Восточно-Европейской платформы и прилегающих частей Предуральяского прогиба</i>			
Ксенофонтовский (Кс)	С, К	952,91	Участками – голый, подэлювиальный, подаллювиальный, подфлювиогляциальный, местами – закрытый
Полазненский (Пл)	С, К-С	2383,47	Закрытый, подэлювиальный, задернованный
Нижнесылвинский (Нс)	С, К-С	2183,84	Голый, задернованный, подэлювиальный, подаллювиальный – в долинах рек, закрытый – под соликамскими породами
Иренский (Ир)	С, К-С	3378,32	Голый, задернованный, подэлювиальный, подаллювиальный, местами закрытый
Уфимского плато (Уп)	К	2813,33	Задернованный, подэлювиальный
Кишертский (Кш)	С, К-С	247,74	Закрытый, подаллювиальный
<i>2. Карстовые районы Верхнепечорской впадины и Соликамской депрессии Предуральяского прогиба</i>			
Вишерский (Вш)	С, Со	3525,14	Подэлювиальный, подаллювиальный, подфлювиогляциальный, закрытый, местами – голый
Соликамский (Сл)	Со, С-Со	7355,47	Закрытый, покрытый, природный, антропогенный, смешанный
<i>3. Карстовые районы Юрюзано-Сылвинской депрессии Предуральяского прогиба</i>			
Осинцевский (Ос)	С, Со	790,11	Закрытый
Ачитский (Ач)	С	79,22	Закрытый
Кордонский (Кр)	С	170,03	Закрытый
<i>4. Карстовые районы Западно-Уральской складчатой зоны</i>			
Средневишерский (Св)	К	10546,42	Закрытый, подэлювиальный, подаллювиальный
Кизеловский (Кз)	К	5405,62	Закрытый
Чусовской (Чс)	К	3352,93	Закрытый, подэлювиальный, задернованный
<i>5. Карстовые районы Центрально-Уральского поднятия</i>			
Верхневишерский (Вв)	К	2358,93	Закрытый
Верхнеусьвинский (Ву)	К	356,19	закрытый
Общая площадь карстовых районов		45899,67	

* Литологический тип карста: С – сульфатный, Со – соляной, К – карбонатный, С-Со – сульфатно-соляной, К-С – карбонатно-сульфатный.

Типы, условия и факторы развития карста на территории Пермского Предуралья [9]

Индекс типа	Условия и факторы						Примеры карстовых районов
	Геологические	Структурные	Литолого-фациальные	Гидрогеологические	Гидрохимические	Мощность зоны активного карста (м)	
I-1	Платформа и прилегающие участки против	Локальные поднятия	Сульфатные (гипсы, ангидриты)	Локальная обводненность	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	n-n × 10	Пл
I-2		Крылья складчатых структур	Карбонатно-сульфатные (чередование карбонатных и сульфатных пачек)	Локальная обводненность	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	n × 10	Ир
I-3		Своды валов	Карбонатные	Водоносный горизонт (карстовый бассейн)	HCO ₃ -Ca	n × 10	Уп
I-4		Зоны погружения и фациального замещения пород	Фациально-изменяющаяся толща (сульфатные, терригенные, карбонатные породы)	Локальная обводненность, концентрированная разгрузка карстовых вод	HCO ₃ -Ca SO ₄ -Ca	n × 10-n × 100	Кш
II-1	Против	Локальные структуры тектонических впадин	Соли, залегающие под карбонатно-терригенной и терригенной толщами	Обводненный контур соляных и порывающих их пород	Cl-Na	n × 100	Сл
II-2		Валы, моноклинали	Пласты, линзы гипса, ангидрита в терригенной толще	Локальная обводненность	HCO ₃ -SO ₄ -Ca SO ₄ -Ca	n × 10	Кр Ос
III-1	Горно-складчатая область	Складчатые структуры	Карбонатные породы (известняки, доломиты) мощностью n × 100-n × 1000 м	Водоносные комплексы карбонатных отложений	HCO ₃ -Ca	n × 100-n × 1000	Кз Чс
III-2		Зоны разрывных нарушений	Карбонатные породы (известняки, доломиты) мощностью n × 100-n × 1000 м	Водообильные зоны	HCO ₃ -Ca	n × 100-n × 1000	Кз Чс



На закарстованных территориях выделяют несколько групп карстовых районов [7].

I. Районы интенсивного сульфатного карста платформенного типа (Кс, Пл, Нс, Ир, Кш).

II. Районы соляного закрытого карста впадин и депрессий (Вш, Сл), где отмечается активизация карста на старых солепромыслах, при эксплуатации подсолевых месторождений, бурении скважин, добыче соли, интенсивном водозаборе.

III. Районы с локальным проявлением закрытого сульфатного (гипсо-ангидритового и соляного) карста малых структур депрессий (Кр, Ач, Ос).

IV. Районы интенсивного карбонатного карста платформенного (Уп) и горно-складчатого (Св, Кз, Чс, Вв) типов. Особо опасны закарстованные зоны тектонических нарушений (надвигов, взбросов) и литологических контактов.

V. Районы менее активного по сравнению с IV группой, слабо изученного карбонатного горного карста (Ву).

Степень и характер влияния на карст обусловлены размером населенного пункта, его хозяйственной структурой и типом предприятий, закарстованностью территорий и другими факторами. В зависимости от геологических условий и вида воздействия в разных частях населенного пункта карст может активизироваться или, наоборот, затухать. Часто активизация карста связана с каким-либо конкретным объектом или действием.

Выход на поверхность или близкое к ней залегание растворимых горных пород, образующиеся в них трещины и полости осложняют освоение закарстованных территорий. Любое строительство здесь во избежание негативных последствий требует всестороннего и тщательного изучения карстопроявлений и потенциала карстообразования. В Пермском крае для этого разработаны специальные нормативные документы [24; 25].

Наиболее существенное влияние на устойчивость территории области оказывает сульфатный карст, вызывающий основные виды деформаций земной поверхности. Углубленное изучение сульфатного карста, условий и факторов его развития необходимо при всех видах строительства, так как формирование значительных карстовых полостей в гипсах вполне возможно за расчетный срок службы здания или сооружения [6].

Многие города и районы Пермского края тяготеют к площадям развития наиболее опасных видов карста – сульфатного и соляного. Значительную опасность для зданий и различных инженерных сооружений представляют провальные воронки, или провалы, которые характерны для участков, сложенных гипсами.

Например, на территории г. Березники разработка Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей привела к развитию техногенного карста, вызвавшего затопление двух рудников и образование



четырёх провалов. В настоящее время этот процесс находится в активной фазе, и ожидается образование новых провалов.

В Октябрьском районе карстующиеся породы получили почти повсеместное распространение (94 %). Карстующиеся карбонатные, сульфатные и соляные породы развиты на значительной территории Ординского, Суксунского и Соликамского административных районов: 77, 68 и 61 % соответственно.

Карстующиеся породы занимают примерно половину таких районов, как Красновишерский, Чердынский, Кишертский, Кунгурский, Чусовской, городов Губаха и Александровск. Во многих районах края карстовые процессы оказывают значительное отрицательное воздействие на территориях крупных населенных пунктов, таких как Березники, Полазна, Усть-Кишерть, Красновишерск, Кунгур и другие, где в связи с этим ограничено строительство высокоэтажных домов. Северная часть Перми находится на территории Полазненского карстового района. С проблемой растворения гипса пришлось столкнуться при строительстве и эксплуатации Камской ГЭС [21].

Индикатором, отражающим влияние г. Кунгур на карст, служат провальные процессы. Многолетние наблюдения свидетельствуют об увеличении частоты провалов на застроенных территориях (табл. 3) [12; 17].

Таблица 3

Количество провалов в г. Кунгуре по десятилетиям

Тип провала	1951 – 1960	1961 – 1970	1971 – 1980	1981 – 1990
Карстовый	13	11	17	14
Карстово-суффозионный:				
над водоводами, траншеями и котловинами	1	2	19	24
в контуре зданий	1	3	6	5
в кюветах и на полотне дорог	4	—	4	1
над подземными сооружениями	4	4	3	6
<i>Всего</i>	23	20	49	50

Наибольшее распространение среди поверхностных карстовых форм на территории Пермского края получили воронки различного внешнего вида и происхождения. Широкий генетический спектр воронок сводится к трем основным типам: коррозионные (поверхностного выщелачивания), гравитационные (обрушение свода подземной полости), коррозионно-суффозионные (вмывание дисперсного материала покровов в трещинно-порово-полостное пространство покровов и карстующейся толщи). Участки скопления карстовых воронок, характеризующиеся их высокой плотностью, называются карстовыми полями.

Плотность воронок в пределах районов развития разных литологических типов карста различна и определяется литологией и мощностью покровных отложений, состоянием карстующихся пород, наличием литологических границ, трещинных зон, геоморфологической ситуа-



цией, но большинство карстовых полей со средней плотностью воронок свыше 50 шт./км² распространено на территориях развития сульфатного и сульфатно-карбонатного карста. Классическим примером является территория Ординского участка Иренского карстового района. Здесь плотность карстовых воронок в среднем составляет 375–400 шт./км², достигая в отдельных случаях (как правило, в прирвовочных зонах крутых склонов карстово-эрозионных логов) условной плотности свыше 10 000 шт./км². Такие карстовые поля ограничены в размерах и не превышают по площади 1 га. Они характеризуются задернованным типом карста, где коррозионные и коррозионно-провальные конические или цилиндрические воронки-провалы диаметром 2–3 м и глубиной 1,5–2,5 м практически сопряжены бортами [10]. В этом районе расположена длиннейшая в мире подводная пещера в сульфатных породах – Ординская пещера [22].

Карстовые провалы – наиболее динамично развивающиеся формы поверхностного проявления процесса. Их потенциальная катастрофичность в основном определяет понятие карстоопасности. В Пермском крае на территориях развития карста 70 % явлений, сопровождаемых деформациями земной поверхности и включающих относительно медленные просадки и катастрофические провалы, связаны с сульфатным карстом, 25–30 % – с карбонатным, единичные, но наиболее масштабные по разрушениям – с соляным. В карбонатном карсте провальные явления редки, чаще возникают просадки.

Среди подземных форм карста наиболее представлены полости и пещеры. На территории Пермского края в настоящее время известно более 700 карстовых пещер суммарной протяженностью 72 км. Крупнейшие из них используются и могут быть использованы в рекреационных, промышленных, военных, культурных, научных и других целях (табл. 4).

Таблица 4

Карстовые пещеры Пермского края

Административный район	Количество пещер	Суммарная протяженность, м	Крупнейшие пещеры (протяженность, м)
Кунгурский	121	13 123	Кунгурская Ледяная (5700)
Александровский	103	3 552	Большая Махневская (584)
г. Губаха	86	15 518	Геологов 2 (4000)
Чусовской	75	2 315	Голубое Озеро (240)
Горнозаводский	66	2 351	Большая Пашийская (522)
Чердынский	53	11 719	Дивья (10100)
Красновишерский	47	3 271	Вишерская (1200)
г. Гремячинск	40	1 162	Высоцкого (163)
Ординский	33	5 059	Ординская (3600)
Кишертский	29	895	Варсановфьевой (200)
Лысьвенский	17	421	Обманка 2 (191)
г. Кизел	16	8 953	Кизеловская Вишерская (7600)
Уинский	15	2 438	Нижнемихайловская (1400)



Административный район	Количество пещер	Суммарная протяженность, м	Крупнейшие пещеры (протяженность, м)
Октябрьский	7	105	Уясская (40)
Добрянский	3	1 106	Малая Дивья (1000)
Суксунский	2	39	Суксунский провал (35)
Соликамский	1	15	Камень (15)
<i>Итого</i>	714	72042	

Процессы образования, развития и морфологического разнообразия карста в Пермском крае обусловлены специфическим комплексом взаимодействия геологических, структурно-тектонических, гидрогеологических, физико-географических, техногенных особенностей, отличающих их от обстановок образования карста в других регионах мира. Основные из них:

- разнообразие геотектонических обстановок формирования карстающихся пород, а как следствие — литологических типов карста;
- литолого-фациальная невыдержанность пород кунгурского яруса Сылвинской впадины Предуральяского прогиба, определяющая в соответствии с геотектоническими и гидрогеологическими условиями участки и поля интенсивного карстообразования с карстовыми деформациями (г. Чусовой, пос. Суксун, с. Усть-Кишерть и др.), чередующиеся с площадями полного их отсутствия на поверхности [23];
- преобладание среди типов карста по мощности и характеру покровных отложений закрытого (русского), перекрытого (камского, подальлювиального) и покрытого (среднеевропейского, подэлювиального). Наблюдаются участки голого (обнаженного) и задернованного карста [18];
- широкий спектр карстовых форм и проявлений, обусловленный преимущественно многотипностью гидродинамических профилей [20]. Плотность карстопроявлений (карстовых воронок) изменяется от долей единицы (Курашимо-Чернушинский карстовый район) до многих сотен и тысяч на 1 км² при площадной пораженности до 50 % и более (Кунгурско-Иренское междуречье);
- приуроченность активного карста к речным долинам, тектоническим нарушениям и трещинным зонам, литологическим контактам;
- наличие в покровных и карстающихся отложениях суффозионно-неустойчивых грунтов;
- наличие поддолинных потоков подземных вод, часто концентрирующихся в зонах тыловых швов надпойменных террас и участков долин, где существует более низкий уровень подземных вод, нежели в основной дрене;
- широкое распространение древнего карста, проявления которого приурочены к региональным континентальным перерывам и этапам положительных неотектонических движений. В неоген-четвертичной истории Приуралья выделяется от 3 до 6 циклов активизации карста (наиболее значимый — преадакчагыльский), а в домезозойском этапе развития складчатого Урала определяется не менее 12 периодов континентального развития территории [4];



- унаследованный характер карстообразования;
- весьма различная активность современного карста (от 9–17 до 1324 микронов в год); так, для карбонатного карста Уфимского вала коэффициент активности современного карста в % за 1000 лет составляет 0,022, для сульфатно-карбонатного карста Иренского района и территории г. Кунгура – 0,5, а для сульфатного и карбонатно-сульфатного карста Кишертско-Суксунского района – 0,9 [19];

- высокая водообильность карбонатных пород, фиксируемая крупными карстовыми источниками и значительными удельными дебитами скважин, особенно на западном склоне Среднего Урала и в карстовой области Кунгурско-Уфимского выступа (Уфимского плато). Наиболее значительные (до 1000–1200 м) глубины распространения карстовых полостей зафиксированы в Кизеловском карстовом районе, где водопритоки в шахты угольного бассейна в период его эксплуатации достигали свыше 3 тыс. м³/ч [3; 11];

- широкое развитие на территории Уфимского плато и прилегающих районов карстово-обвальных отложений мощностью на отдельных участках свыше 100 м (Кишертский карстовый район) и карстовых сульфатных останцов [13; 16]. Карстогенные образования, занимающие особое место среди специфических грунтов Пермского края [15], меняющие состав от останцово-глыбового с незаполненными полостями до преимущественно пылевато-глинистого с крупнообломочными включениями и обладающие совершенно различными прочностными и деформационными свойствами, фиксируются и среди соленосных пород Соликамского карстового района и карбонатных разностей западного склона Урала [15];

- гидрогеохимические аномалии карстующихся пород и трещинно-карстовых вод, определяющие агрессивность последних (в частности, присутствием в сульфатных породах минеральных включений и линз каменной соли) и повышенную в несколько раз растворяющую способность (Кишертский карстовый район) [14];

- карстовые землетрясения силой до 3–5 баллов [2; 17];

- наличие техногенного карста.

Таким образом, закарстованность территории Пермского края усложняет ведение хозяйственной деятельности и повышает риск возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций. Опыт освоения карстовых районов показывает, что наименьший ущерб нанесен тем из них, где до начала деятельности осуществлялось детальное изучение особенностей развития карста, разрабатывались и проводились научно обоснованные противокарстовые мероприятия.

Список литературы

1. Атлас геолого-экономических электронных карт на базе компьютерной программы ArcView GIS 3.2a. Пермь, 2000.
2. Блинова Т.С. Прогноз геодинамики неустойчивых зон. Екатеринбург, 2003.



3. Буданов Н.Д., Сидоров И.Н. Гидрогеологические условия Кизеловского каменноугольного бассейна и некоторые вопросы дальнейшей его разработки // Тр. Ин-та геологии Урал. фил. АН СССР. 1962. Вып. 62. С. 161–170.

4. Вахрушев Г.В. К истории развития ландшафта Южного Урала и Предуралья в неогеновое и четвертичное время // Почвы Ю. Урала и Поволжья. Уфа, 1960. Вып. 4. С. 33–45.

5. Горбунова К.А. Районирование территории Пермской области по карстоопасности // Катастрофы и аварии на закарстованных территориях : тез. докл. совещ. Пермь, 1990. С. 27–28.

6. Горбунова К.А., Максимович Н.Г. Техногенное воздействие на закарстованные территории Пермской области // География и природные ресурсы. 1991. №3. С. 42–46.

7. Карст и пещеры Пермской области / К.А. Горбунова, В.Н. Андрейчук, В.П. Костарев [и др.]. Пермь, 1992.

8. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карст мира : монография. Пермь, 2007.

9. Катаев В.Н., Горбунова К.А. Геологические основы моделей карстовых массивов // Вестник Пермского университета. Геология. 1997. Вып. 4. С. 137–147.

10. Катаев В.Н., Печенкина Е.И. Поверхностные формы карста Ясьельского поля // Гидрогеология и карстование : межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 2000. Вып. 13. С. 238–246.

11. Катаев В.Н. Методология и практика сравнительно-оценочного карстологического районирования : учеб. пособ. Пермь, 2001.

12. Катаев В.Н., Кадебская О.И. Геология и карст города Кунгура : монография. Пермь, 2010.

13. Костарев В.П., Иконников Е.А. Гипсо-ангидритовые останцы Приуралья // Карст Нечерноземья. Пермь, 1980. С. 22–23.

14. Костарев В.П. К изучению геолого-гидрогеологических условий развития карста Кишертско-Суксунского района // Состояние, задачи и методы изучения глубинного карста СССР. М., 1982.

15. Костарев В.П. О карстогенных образованиях Пермского Приуралья // Петрогенетические, историко-геологические и пространственные вопросы в инженерной геологии. М., 2002. С. 57–58.

16. Костарев В.П., Малахов В.Е., Серебрянникова В.И. К постановке карстомониторинга на Полазненском полуострове // Проблемы инженерных изысканий в Уральском регионе. Екатеринбург, 2003. С. 22–28.

17. Лукин В.С. Микросейсмичность и условия строительства в карстовых областях Предуралья // Карст и гидрогеология Предуралья. Свердловск, 1979. Вып. 140. С. 59–61.

18. Максимович Г.А. Основы карстования. Пермь, 1963. Т. 1.

19. Максимович Г.А. Основные обстановки развития карста в Предуралье и на Западном Урале // Вопросы инженерного карстования : тез. докл. инженер.-геол. совещ. Кунгур, 1972. С. 4–9.

20. Максимович Г.А., Иконников Е.А. Карст северной части Юрюзано-Сылвинской депрессии // Карст и гидрогеология Предуралья. Свердловск, 1979. С. 42–48.

21. Максимович Н.Г. Безопасность плотин на растворимых породах (на примере Камской ГЭС). Пермь, 2006.

22. Максимович Н.Г., Максимович Е.Г., Лавров И.А. Ординская пещера. Длиннейшая подводная пещера России. Пермь, 2006.

23. Назаров Н.Н. Геоморфолого-климатическое районирование Пермского Урала и Предуралья // Вопр. физ. географии и геоэкологии Урала. Пермь, 1996. С. 84–98.



24. *Территориально-строительные* нормы Пермской области. Инженерно-геологические изыскания для строительства на закарстованных территориях Пермской области. ТСН 11-301-2004По. Изд. офиц. / Администрация Пермской области. Пермь, 2004.

25. *Территориальные строительные* нормы Пермского края. Проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений на закарстованных территориях Пермского края. ТСН 31-11-2005. Изд. офиц. / Администрация Пермского края. Пермь, 2005.

Об авторах

Валерий Николаевич Катаев — д-р геол.-минерал. наук, проф., Пермский государственный национальный исследовательский университет.

E-mail: kataev@psu.ru

Николай Георгиевич Максимович — канд. геол.-минерал. наук, доц., Пермский государственный национальный исследовательский университет.

E-mail: nmax54@gmail.com

Ольга Юрьевна Мещерякова — мл. науч. сотр., Пермский государственный национальный исследовательский университет.

E-mail: olgam.psu@gmail.com

About authors

Prof. Valery Kataev, Perm State National Research University.

E-mail: kataev@psu.ru

Dr Nikolay Maksimovich, Associate Professor, Perm State National Research University.

E-mail: nmax54@gmail.com

Olga Meshceryakova, Junior Research Fellow, Perm State National Research University.

E-mail: olgam.psu@gmail.com