

ПЕРМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ

Сборник научных трудов
по материалам XVI Международной
научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых

Пермь, ПГНИУ, 13–14 апреля 2023 г.



Пермь 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ

*Сборник научных трудов по материалам
XVI Международной научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых*

Пермь, ПГНИУ, 13–14 апреля 2023 г.



Пермь 2023

УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

Г36

Геология в развивающемся мире [Электронный ресурс] : сборник Г36 научных трудов по материалам XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Пермь, ПГНИУ, 13–14 апреля 2023 г.) / отв. ред. Н. В. Кулакова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2023. – 29,3 Мб ; 479 с. – Режим доступа: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geolog_v_razv_mire_2023.pdf. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-4010-2

В сборнике содержатся статьи студентов, аспирантов, молодых ученых (кандидатов наук) – участников XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире», проводимой на геологическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета.

Рассматриваются проблемы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; минералогии, геохимии и петрографии; палеонтологии, стратиграфии и региональной геологии; геофизики; геологии нефти и газа; инженерной геологии и гидрогеологии; геоэкологии и охраны окружающей среды; геоинформационных систем в геологии.

Издание адресовано инженерам-геологам, гидрогеологам, геофизикам, минералогам, палеонтологам, нефтяникам и геологам широкого профиля.

УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

*Издается по решению ученого совета геологического факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Редакционная коллегия:

д. г.-м. н. П. А. Красильников, д. г.-м. н. Е. А. Меньшикова,

к. г.-м. н. Е. Е. Кожевникова, Н. В. Кулакова

Ответственный редактор *Н. В. Кулакова*

Рецензенты: научный сотрудник Кунгурской лаборатории-стационара Горного института УрО РАН, канд. геол.-мин. наук **А. С. Казанцева**

старший научный работник Горного института УрО РАН, канд. геол.-мин. наук, доцент **И. Ю. Герасимова**

ISBN 978-5-7944-4010-2

© ПГНИУ, 2023

ОЦЕНКА ЗАКАРСТОВАННОСТИ СКОРОСТНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТРАССЫ М-12 (160-200 КМ), ПРОХОДЯЩЕЙ ПО ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Мурзыева Алина Марселевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
магистрант 2 года обучения, г. Пермь
murzyeva.ru@yandex.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Алванян Антон Карапетович

Аннотация: Статья посвящена оценке поверхностной и подземной закарстованности участка трассы на юге Пермского края. Рассчитаны количественные показатели поверхностной и подземной закарстованности. Применен метод бальной оценки классификационного признака.

Ключевые слова: карст, математический метод бальной оценки в геологии, оценка подземной закарстованности, оценка поверхностной закарстованности, районирование, трасса, линейный объект.

EVALUATION OF THE CARSTS FORM OF THE M-12 (160-200 KM) HIGH-SPEED ROAD PASSING THROUGH THE TERRITORY OF THE PERM KRAI

Murzyeva Alina Marselevna

*Perm State National Research University,
2st year Master's Degree Student, Perm
murzyeva.ru@yandex.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Alvanyan Anton Karapetovich

Abstract: The article is devoted to the assessment of the surface and underground karst of the highway section in the south of the Perm Region. Quantitative indicators of surface and underground karst are calculated. The method of scoring the classification feature is applied.

Key words: karst, mathematical method of scoring in geology, assessment of underground karst, assessment of surface karst, zoning, highway, linear object.

На достаточно большой территории Пермского края наблюдаются развития карстовых процессов, связанных с растворением и выщелачиваем горных пород, которые способны растворяться. Карстовые процессы в Пермском крае могут происходить как на поверхности и приповерхностной части, так и в массиве карстующихся пород.

Шумилова О.Ю. и Максимович Н.Г. в своей статье затрагивают тему распределения карста в пределах административных районов Пермского края. Известно, что общая площадь распространения карстовых районов составляет 45,9 тыс. км², которые занимают почти треть края от всей его территории. В связи с различными геотектоническими обстановками в Пермском крае хорошо развиты карстовые процессы. Каждая геотектоническая обстановка обладает определенным режимом движений, которые заметны в вертикальном и горизонтальном расчленении рельефа, мощности зоны активного водообмена и карстообразования [1].

В книге «Карст и пещеры Пермского края» говорится о том, что степень и характер влияния на карстующиеся породы зависят от размеров внешнего воздействия (населенный пункт, сельскохозяйственная деятельность, предприятия и т.п.) и других факторов. В зависимости от геологических, гидрогеологических, геоморфологических условий и вида воздействия на породы карст может активизироваться или, наоборот, затухать. Зачастую активизация карстовых процессов связана с каким-либо конкретным объектом (например, автомобильная дорога) или действием (выемка грунта). [2].

Освоение закарстованных территорий затрудняется с наличием выхода на поверхность или относительно неглубокое к ней залегание растворимых горных пород (карбонатов и сульфатов). При строительстве зданий или сооружений на таких территориях требуется тщательное изучение карстопроявлений, для того чтобы избежать негативных последствий [3].

Поверхностные и подземные карстопоявления отмечаются в 20 из 41 административных районах Пермской области. Для территории Октябрьского района характерно развитие карбонатного и сульфатного карста, карстующейся породы занимают до 94% территории. Степень развития (проявления) и опасности карста от средней до очень сильной. [3].

Оценка закарстованности территории в современных реалиях уже не может обойтись без количественного и качественного учета основных условий и факторов развития карстового процесса. В настоящее время создано множество методов оценки закарстованности участков исследования, рассмотрим один из методов районирования территории с помощью математического метода, основанного на бальной оценке классификационного признака.

Задачи: изучить инженерно-геологические условия района исследования; выделить и оценить факторные признаки; применить существующую методику районирования, основанной на бальной оценке классификационного признака; составить и описать схему районирования; посчитать количественные и качественные показатели закарстованности территории.

Цель: районирование территории исследования по закарстованности.

Физико-географические условия района работ

В административном отношении объект исследования находится на территории Чернушенского и Октябрьского административных районов Пермского края РФ (Рис. 1).

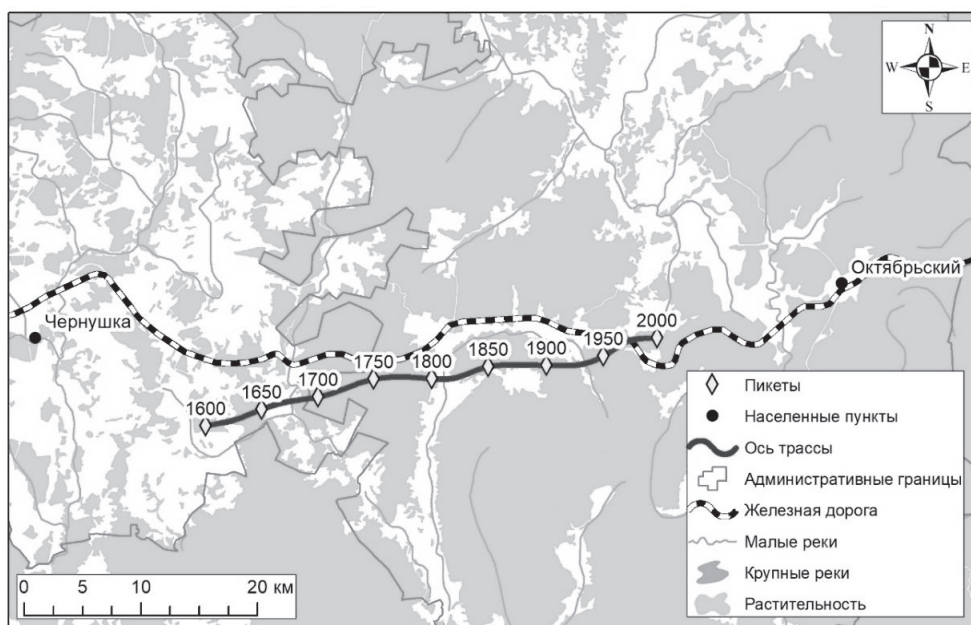


Рис. 1. Схема расположения оси трассы

Геоморфология. В геоморфологическом отношении исследуемый участок трассы расположен на восточной части Русской платформы, граничит с Тулвинской возвышенностью и Уфимским плато. Территория трассы пересекает водотоки. По характеру рельефа территория представляет собой обширную денудационную равнину. Абсолютные отметки рельефа изменяются от 180 до 270 м.

Гидрография. В гидрологическом отношении участок исследования пересекает р. Атер на 179 км и на 191 км трассы (абсолютная отметка уреза 182,0 м). В 2,7 км юго-западнее от ПК 1690 протекает р. Тюй, в 990 м юго-восточнее 173 км располагается р. Агарзинка, в 468 м юго-восточнее 184 км протекает р. Алмаз в направлении с юго-востока к северу.

Геологическое строение месторождения

В геолого-литологическом строении района работ до исследуемой глубины 62 м принимают участие четвертичные современные отложения, нерасчлененные четвертичные аллювиально-делювиальные и делювиальные отложения, постилающиеся породами нижней перми.

Современные отложения представляют собой техногенные грунты автодорожного полотна (tQ_{IV}), грунты почвенно-растительного слоя ($solQ_{IV}$), аллювиально-делювиальные отложения (a,dQ), делювиальные (dQ) и современные биогенные (IbQ_{IV}). Четвертичные отложения сложены суглинками, торфом, глинами, песками.

К нижнепермским отложениям на территории проектируемой автодороги относятся глины, пески, суглинки, дресвяные и щебенистые грунты, гипсы, ангидриты, доломиты, известняки.

Мощность перекрывающих отложений составляет от 3,2 до 61,2 м, средняя мощность равна 15,1 м. Карстующиеся породы вскрыты под тощей перекрывающих пород 41 скважиной, мощность которых составляет от 0,4 до 44,6 м, средняя мощность равна 15,1 м. Карстовые полости встречаются в скважинах 539б, 542/7а, К14, К15, К17, К30Н, К19, К2012, К21, 1008, 1172а, 1248а, К25. Мощность карстовых полостей изменяется от 0,5 м до 6,8 м, средняя мощность равна 2,4 м. Максимальная мощность карстовой полости в скважине № 542/7а, минимальная в скважинах № 539б.

Оценка закарстованности участка исследования. Основными карстующимися породами являются сульфатные и карбонатные породы пермской системы нижнего отдела. Согласно СП 11-105-97, ч. II (п. 5.1.5) [6] известняки и доломиты являются труднорастворимыми породами, гипсы и ангидриты – среднерастворимые породы. Тип карста по степени обнаженности карстующихся пород и характеру перекрывающей толщи – покрытый. Перекрывающая толща сложена породами четвертичной системы: техногенными грунтами, биогенными, аллювиально-делювиальными и делювиальными отложениями. Общая мощность перекрывающей толщи составляет – 3,2-61,4 м.

Согласно схеме районирования карста Русской равнины (Чикишев, 1978) территория изысканий приурочена к Средневожской-Камской карстовой области, Уфимско-Камской провинции, Бельско-Чусовскому карстовому округу, Иренскому району, занимающего междуречье рек Ирень, Атер и Тюй. В районе карстуются гипсы, ангидриты, известняки и доломиты кунгурского яруса нижней перми [4].

Согласно п. 5.1.7 СП 11-105-97 ч. II [6] мощность перекрывающей толщи, обеспечивающая защиту от возможности проявления карста на земной поверхности, составляет 10-30 м (при выдержанной мощности плотных глин, с отсутствием линз и прослоев песка, супеси, водоносных суглинков, трещин и других нарушений) до 60-100 м (при наличии в покрывающей толще слоев песков, песчаников, мергелей, а также тектонических нарушений). Мощность отложений, перекрывающих карбонатные и сульфатные породы, в районе исследования составляет 3,2-61,4 м, тем самым не обеспечивая защиту от развития карстового процесса и его проявлений на поверхности.

Согласно карте карстовой опасности, на территории России (Институт геоэкологии РАН, ГНТП «Безопасность», 1993) категория опасности исследуемого участка оценивается как «умеренно опасная».

В соответствии с картой распространения карста на территории Российской Федерации (рис. Б.5 СП115.13330.2016) участок работ расположен на территории распространения мелового типа карста.

Метод районирования, основанный на бальной оценке классификационного признака.

При районировании, который основывается на бальной оценке классификационного признака Кр, нам не известны классификационный показатель и его граничные значения, которые необходимо будет найти, но известны численные значения факторных признаков в каждой точке исследования ю

Выполнение работы следующее:

1) Факторным признакам, которые были выбраны для районирования, присваиваются весовые коэффициенты. Если весовой коэффициент будет принимать наименьшее значение, то соответственно его влияние на геологическую среду будет оказывать наименьшее. Таким образом мы выявим устойчивые территории.

После выбора классификационных признаков, оцениваем их в баллах, затем сводим их в единую таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Балльная оценка геологических признаков

Наименование факторных признаков	Индекс признака	Весовой коэффициент (ранг)	Балльная оценка факторных признаков		
			1	2	3
Перекрывающие отложения	А	1	Мощность перекрывающих отложений		
			более 30	до 30	менее 5
Подземные воды	Б	2	Наличие водоносного горизонта		
			отсутствует	ВГ в глинистых	ВГ в карстующихся породах
Карстующейся породы	В	3	Тип грунтов		
			отсутствуют	присутствует 1 тип грунта	присутствуют 2 типа
Подземные проявления карстовых процессов	Г	4	Мощность полостей		
			отсутствуют	до 5	более 5

2) Для оценки классификационного показателя применяем следующую зависимость (1):

$$K_p = 1 \cdot A_n + 2 \cdot B_n + 3 \cdot B_n + \dots + j \cdot I_n \quad (1)$$

где 1, 2, 3, ..., j – весовые коэффициенты (ранг) признаков; $A_n, B_n, B_n, \dots, I_n$ – балльные значения компонентов признаков.

3) Для определения граничных значений классификационного показателя K_p применяется следующий подход метода: если принять, что при наименьшем значении K_p \min оказываемое влияние классификационных признаков будет наиболее благоприятное, то есть вероятность негативных воздействий на территорию будет стремиться к единице ($P \rightarrow 1$), а при наибольших значениях классификационного признака K_p \max будет неблагоприятным, то вероятность воздействия будет стремиться к нулю $P \rightarrow 0$, тогда, обозначив $R = (K_p \max - K_p \min)$, мы можем найти следующие граничные значения таксонов (2-5):

$$P < 0,75 \quad \text{при } K_p < K_p \min + 0,25 R \quad (2)$$

$$P = 0,75-0,50 \quad \text{при } K_p = (K_p \min + 0,50 R) - (K_p \min + 0,25 R) \quad (3)$$

$$P = 0,50-0,25 \quad \text{при } K_p = (K_p \min + 0,75 R) - (K_p \min + 0,50 R) \quad (4)$$

$$P > 0,25 \quad \text{при } K_p > K_p \min + 0,75 R \quad (5)$$

4) Определив граничные значения классификационного показателя K_p , влияние признаков на исследуемую территорию и номеров таксонов составляем модель районирования (табл. 2)

Таблица 2

Модель инженерно-геологического районирования

Наименование таксона	Состояние объекта	Значение K_p
I	Очень устойчивое	<14,5
II	Устойчивое	14,6-18
III	Малоустойчивое	19-21,5
IV	Неустойчивое	>21,6

5) При районировании территории должна быть опробована каждая точка, при этом их плотность расположения должна быть равномерной и одинакова. В каждой точке исследования определяется численное значение классификационного признака K_p .

6) При составлении карты районирования с помощью метода, основанного на балльной оценке классификационного признака, территория исследования (трасса) делится на подобласти, для того чтобы получить равномерное опробование точек. В каждой точке опробования определяются численные значения классификационного показателя K_p . Затем используя модель районирования выделяются таксоны, граница которых определяется с помощью метода интерполяции.

Результаты исследования

В районе магистральной трассы было выявлено 1593 карстовых форм. Из них 1034 шт – воронки, средний диаметр которых составляет 9,8 м, максимальный диаметр воронки – 65 м, минимальный – 0,5; средняя глубина до 3 м. При выполнении рекогносцировки было выявлено 4 карстовых озера, средний диаметр которых составляет 26 м, а глубина в среднем достигает 2,2 м. Понижений было описано 555 шт, средний диаметр которых равняется 14,7 м, средняя глубина – 1,2 м.

Были посчитаны количественные показатели поверхностной и подземной закарстованности, приведенные в таблице 4.

Таблица 4

Результаты количественных показателей

№ п/п	Показатель	Формула	Численные результаты	Единицы измерения
1	Плотность карстопроявлений	$p = \frac{n}{S}$	9,95	шт./км ²
2	Интенсивность провалообразования	$\lambda = \frac{n}{S \cdot t}$	0,1	шт./км ² ·год
3	Коэффициент площадной закарстованности	$K_S = \frac{\sum S_e}{S}$	44,07	м ² /км ²
<i>Линейные коэффициенты</i>				
4	Коэффициент аномальности	$K_a = \frac{C_a}{C}$	0,32	д.е
5	Коэффициент внутренней закарстованности	$K_{iv} = \frac{\sum h}{\sum m_0} \cdot 100\%$	5,62	д.е
6	Коэффициент открытой закарстованности	$K_{io} = \frac{\sum h_o}{\sum m_0} \cdot 100\%$	5,62	д.е
7	Коэффициент общей закарстованности	$K_l = \frac{\sum h + \sum (m - m_0)}{C \cdot m} \cdot 100\%$	1,01	д.е
Показатели плотности карстовых полостей				
8	Линейная плотность карстовых полостей	$\Pi_L = \frac{n_p}{0,01 \cdot L}$	35	м
9	Площадная плотность карстовых полостей	$\Pi_S = \frac{n_p}{10^{-4} \cdot S}$	0,88	м ²
10	Объемная плотность карстовых полостей	$\Pi_V = \frac{n_p}{10^{-6} \cdot V}$	0,0053	м ³

По методу районирования, основанного на бальной оценке классификационного признака, были получены количественные показатели (табл. 2) таксонов и составлена карта районирования территории (Рис. 2).

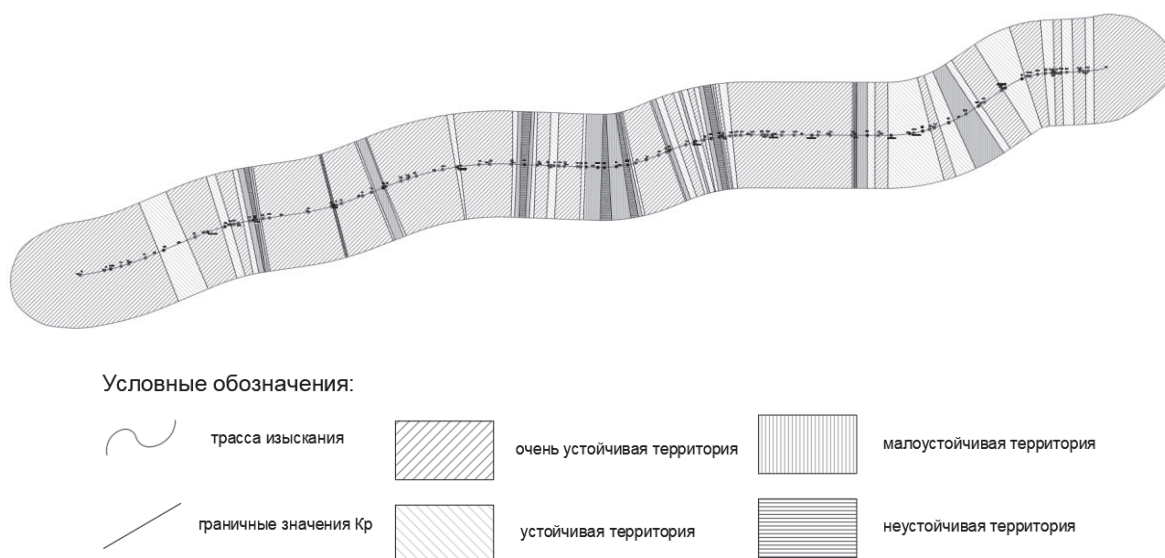


Рис. 2. Карта карстологического районирования исследуемой трассы

Выделены четыре таксонометрические единицы:

1. Таксон 1 (очень устойчивое) распространен на площади равной 110,2 км² от всей площади исследования. На этих участках мощность перекрывающих отложений составляют от 5 до 50 м, подземные воды либо отсутствуют, либо вскрыты в четвертичных породах, карстующиеся породы в основном отсутствуют, в скважинах К2013, К2014, 11с, 1430, 1446в встречен один тип карстующихся пород, в которых отсутствуют подземные карстопроявления. Значения классификационного показателя K_p изменяется от 11 до 14, среднее значение составляет 11,9.

2. Таксон 2 (устойчивое) распространен на площади равной 35,2 км² от всей площади исследования. На этих участках мощность перекрывающих отложений составляют от 3,2 до 61,4 м, подземные воды отсутствуют или вскрыты в четвертичных породах, за исключением скважин К23, К24, К2017, К26, 1422 – подземные воды встречены в карстующихся породах, карстующиеся породы в основном сложены карбонатными, редко сульфатными, породами, подземные карстопроявления в основном отсутствуют, за исключением скважин 1008, 1248а, К25 – мощность полости составляет до 5 м, средняя мощность 2 м. Значения классификационного показателя K_p изменяется от 15 до 18, среднее значение составляет 16,2.

3. Таксон 3 (малоустойчивое) распространен на площади равной 30,1 км² от всей площади исследования. На этих участках мощность перекрывающих отложений составляют от 7,8 до 42,3 м, подземные воды либо вскрыты в четвертичных породах, либо в карстующихся породах, карстующиеся породы сложены карбонатными и сульфатными породами, чаще встречаются сочетания двух типов карстующихся пород, присутствуют подземные карстопроявления, мощность которых составляет от 0,5 до 2,6 м, средняя мощность 1,8 м. Значения классификационного показателя K_p изменяется от 19 до 21, среднее значение составляет 19,6.

4. Таксон 4 (неустойчивое) распространен на площади равной 4,5 км² от всей площади исследования. На этих участках мощность перекрывающих отложений составляют от 5,4 до 29,6 м, подземные воды вскрыты в карстующихся породах, карстующиеся породы сложены сульфатными и карбонатными породами, чаще встречены два типа карстующихся пород, подземные карстопроявления вскрыты в каждой скважине, мощность которых составляет от 1 до 6,8 м, средняя мощность равна 3 м. Значения классификационного показателя K_p изменяется от 22 до 25, среднее значение составляет 23,5.

По результатам проведенной работы были:

- 1) изучены геологические условия территории исследования;
 - 2) оценены мощность залегания карстующихся (известняк, доломит, ангидрит, гипс) и перекрывающих пород;
 - 3) выделены четыре таксона, I – территория очень устойчивая, II – устойчивая территория, III – малоустойчивая территория, IV – неустойчивая территория;
 - 4) использованы методики оценки поверхностной и подземной закарстованности, также метод районирования, основанный на бальной оценке классификационного признака;
 - 5) построена и описана схема карстологического районирования;
 - 6) посчитаны количественные показатели закарстованности территории.
- При оценки закарстованности территории, в зависимости от цели районирования, наличия исходной информации можно использовать разные методы районирования.

Литература

1. Шумилова О. Ю., Максимович Н. Г. Распределение карста по административным районам Пермского края // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ: материалы Всеросс. науч. – практ. конф. – Пермь, 2008. – С.294-301.
2. Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П., Максимович Н. Г. Карст и пещеры Пермской области. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1992 г.– 200 с.
3. Катаев В.Н., Максимович Н.Г., Мещерякова, О.Ю. Типы карста Пермского края // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 1. С. 56-66.
4. Схема районирования карста Русской равнины (из книги А.Г. Чикишева «Карст русской равнины», М.: Изд-во «Наука», 1978 г.).
5. Середин В.В., Матметоды в инженерной геологии. Курс лекций, Пермь: Изд-во Перм. ун-та – 133 с.
6. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: ПНИИИС, 2001. 101 с.