

ПЕРМСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЗАПАДНОГО УРАЛА

Сборник научных статей

Выпуск 6(43)



Пермь 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

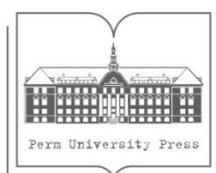
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЗАПАДНОГО УРАЛА

Сборник научных статей

Выпуск 6(43)

*Под общей редакцией П. А. Красильникова*



Пермь 2023

УДК 550.8+622

ББК 26.3

Г36

**Геология** и полезные ископаемые Западного Урала [Электронный ресурс] : сборник научных статей / под общ. ред. П. А. Красильникова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2023. – Вып. 6(43). – 27,5 Мб ; 322 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geologiya-i-poleznye-iskopaemye-zapadnogo-urala-43.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3085-1

ISBN 978-5-7944-3999-1 (вып. 6(43))

Сборник содержит научные статьи по материалам 43 Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения», состоявшейся 23–24 мая 2023 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Статьи посвящены геологии западного склона Урала, Камского Приуралья и других регионов России. Рассмотрены общие вопросы геологии, проблемы минералогии, литологии, месторождений твердых полезных ископаемых нефти и газа, а также вопросов геофизических методов исследования недр, гидрогеологии, карстоведения, инженерной геологии, экологической геологии.

Для геологов широкого профиля, нефтяников, геофизиков и других специалистов по исследованию недр Земли, добыче полезных ископаемых, экономистов, а также для студентов геологических направлений и специальностей вузов.

УДК 550.8+622

ББК 26.3

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д. г.-м. н. П. А. Красильников (главный редактор),  
д. г.-м. н. И. С. Копылов (отв. редактор), Е. А. Меньшикова,  
Е. Е. Кожевникова, В. И. Костицын, О. Б. Наумова, В. В. Середин

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ

д. т. н., начальник отдела геофизических исследований ООО НИПППД «Недра»

**А. В. Татаркин**

д. т. н., директор по промысловой геофизике ПАО «Пермнефтегеофизика»

**А. В. Шумилов**

ISBN 978-5-7944-3085-1

ISBN 978-5-7944-3999-1 (вып. 6(43))

© ПГНИУ, 2023

## 4. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ И КАРСТ

---

**П.И. Бажутин**

ПГНИУ, pavel.bazhutin.96@mail.ru

### ОБЗОР МЕТОДОВ КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАРСТООПАСНОСТИ

В статье рассматривается опыт применения качественных методов оценки карстовой опасности. Приводятся примеры классификации территории по категориям устойчивости, предложенные отечественными и зарубежными авторами. Рассмотрена проблематика практического применения качественных методов оценки, а также подход к оценке их достоверности. Приведен вывод о том, что качественные методы оценки карстоопасности могут являться лишь первым этапом исследования территории.

**Ключевые слова:** карст, карстоопасность, оценка карстоопасности, качественные методы оценки.

**P.I. Bazhutin**

Perm State University, pavel.bazhutin.96@mail.ru

### OVERVIEW OF METHODS FOR QUALITATIVE ASSESSMENT OF KARST HAZARD

The article examines the experience of using qualitative methods for assessing karst hazard. Examples of classification of the territory by categories of stability proposed by domestic and foreign authors are given. The problems of practical application of qualitative assessment methods, as well as the approach to assessing their reliability are considered. It is concluded that qualitative methods of assessment of karst hazard can be only the first stage of the study of the territory.

**Key words:** karst, karst hazard, karst hazard assessment, qualitative assessment methods

В ходе освоения закарстованных территорий необходимым требованием является определение категории ее опасности. Устойчивость таких территорий определяется целым комплексом различных факторов: структурно-тектонические условия, литология карстующихся пород, литология и тип перекрывающих отложений, гидродинамические условия и многие другие.

Качественный подход к оценке карстоопасности подразумевает собой разделение территории на квазиоднородные, в отношении геологических условий, участки. В пределах таких участков интенсивность проявления карстовых процессов характеризуется однородностью. Выполнение подобного, карстологического районирования территории, является первостепенной задачей при исследовании закарстованных территорий, и лишь в дальнейшем следует осуществлять количественную оценку выделенных участков.

Первые попытки качественной оценки карстовой опасности были основаны на анализе типа и размера ближайших карстовых форм, без учета их плотности и

тем более геологических условий территории [2]. В последующем, предлагаемые методы стали учитывать различные показатели определяющие карстовую опасность. При этом, каждый метод основывается на показателях, определяющих региональные особенности конкретной исследуемой территории. В настоящее время количество различных методов качественной оценки закарстованных территорий столь огромно, что их комплексное рассмотрение не представляется возможным. В таблице приводятся некоторые примеры качественных методов оценки карстовой опасности.

Таблица. Примеры качественных методов оценки карстовой опасности

Автор и год публикации	Классификация территории по категориям устойчивости	Характерные признаки участков
Макеев З.А., 1948 г.	1. Площади явно не пригодные для строительства	Сильное закарстование
	2. Площади малопригодны	Карст выражен более слабо
	3. Площади более благонадежны чем площади группы 2	Карстовые явления интенсивны и зависят от мощности перекрывающих пород
	4. Площади недостаточно благонадежны	Карстовые явления смягчены и не имеют катастрофического характера
	5. Площади надежны	Карст отсутствует
Дубровкин В.Л., 1948 г.	1. Опасные участки	Наличие старых и свежих воронок обрушения диаметром более 2 м и глубиной более 1 м
	2. Недостаточно надежные участки	Наличие свежих воронок обрушения диаметров до 2 м и глубиной до 1 м; отсутствие условий возникновения провалов более крупного размера
	3. Надежные участки	Наличие воронок выщелачивания или старых воронок; отсутствие в настоящее время факторов, благоприятствующих появлению новых провалов вблизи трассы
Лукин В.С., 1963 г.	1. Интенсивное развитие карста	Непригодные для строительства участки
	2. Слабозакарстованные гипсы	Недостаточно надежные участки
	3. Затухающий карст	Пригодные для строительства участки
Мухин Ю.В., 1963 г.	1. III тип	Возможны очаги развития карстово-суффозионных процессов
	2. II тип	Наличие благоприятных условий для развития карстово-суффозионных процессов
	3. I тип	Отсутствие условий для развития карстово-суффозионных процессов
Яковенко П.И., 1972 г.	1. Весьма неустойчивая	Карст развивается в сульфатных породах в связи с поступлением агрессивных метеорных и подземных вод. Характерны крупные карстовые полости и формирование провальных форм

Автор и год публикации	Классификация территории по категориям устойчивости	Характерные признаки участков
	2. Неустойчивая	Карст развивается в сульфатных породах за счет поступления агрессивных метеорных и подземных вод. Карстовые полости отсутствуют или имеют незначительное распространение
	3. Относительно устойчивая	Значительная мощность покровных терригенных отложений кунгурского яруса и глинистых грунтов четвертичного возраста. Кровля сульфатных пород залегает ниже уровня подземных вод, имеющих высокую минерализацию. Закарстованность характеризуется мелкими кавернами, порами, размытыми трещинами
	4. Устойчивая	Карстующиеся сульфатные породы отсутствуют
Тульмон М., 1973 г.	1. Зарождающийся карст	Наличие монолитного гипса мощностью около 10 м в непрерывных пластах; малое число замещенных или брекчированных горизонтов; слабовыраженная и ослабленная закарстованность; отсутствие крупных полостей
	2. Современный карст	Наличие отдельных линз гипса (от 0 до 10 м), а также замещенных брекчированных горизонтов; ярко выраженная закарстованность (крупные полости, ослабленные или осевшие зоны), наличие провалов поверхности грунта
	3. Завершенный карст	Полное отсутствие гипса, наличие замещенных горизонтов, процесс карстования закончен
Лишковский Е., 1973 г.	1. III категория	Повышенная активность карстовых процессов (во времени). Вероятно появление оседаний и провалов
	2. II категория	Наличие повышенной закарстованности, скорость растворения пород небольшая. Встречаются незаполненные карстовые полости. Карстовые деформации в будущем, особенно под нагрузкой от сооружений, не исключены
	3. I категория	Наличие участков с разной степенью поверхностной и подземной закарстованности, но без интенсивных проявлений на поверхности. Карст недействительный или древний. Карстовые полости заполнены горной породой. Сведения о повреждении сооружений в результате карстовых процессов отсутствуют

Автор и год публикации	Классификация территории по категориям устойчивости	Характерные признаки участков
Медведев О.П., Котлов В.Ф., 1976 г.	1. Опасные районы	Наличие поверхностных карстово-суффозионных форм рельефа. Наличие подземных полостей размером более 1 м (открытых или заполненных), зон дробления и выщелачивания. Водоупор отсутствует или развит прерывисто мощностью менее 2-3 м. Градиент вертикальной фильтрации, создающий условия для развития суффозионных процессов, более 3. Территория приурочена к долинам доюрского и доледникового размыва. В процессе бурения отмечается формирование провальных воронок вокруг стволов скважин в результате нарушения сплошности водоупора и суффозионного выноса песков в карстующиеся известняки. Наличие температурных и гидрохимических аномалий в подземных водах, свидетельствующих об интенсивном вертикальном перетоке
	2. Потенциально опасные районы	Встречаются единичные карстовые полости, менее 1 м, незначительная вторичная пористость, присутствуют зоны дробления и выщелачивания. Водоупор не выдержан по мощности (менее 10 м). Градиент вертикальной фильтрации менее 3
	3. Неопасные районы	Отсутствие признаков перечисленных для опасных и потенциально опасных районов
Farrant A.R., Cooper A.H., 2008 г.	1. Тип E	Широко развиты сильнорастворимые карстующиеся породы, сильнозакарстованные. На поверхности присутствует большое количество провальных карстопроявлений
	2. Тип D	Широко развиты сильнорастворимые карстующиеся породы, сильнозакарстованные. На поверхности присутствует относительно высокое количество провальных карстопроявлений
	3. Тип C	Широко развиты сильнорастворимые карстующиеся породы, залегающие на относительно больших глубинах, либо находящиеся в гидрогеологических условиях, не благоприятствующих активизации карста. Поверхностные карстопроявления носят единичный характер, в толще карстующихся пород развиты полости
	4. Тип B	Широко развиты слаборастворимые карстующиеся породы. Активизация карстовых процессов возможна только при значительном изменении гидрогеологических условий (увеличение поверхностного или подземного стока). Встречаются единичные полости
	5. Тип A	Карстующиеся породы присутствуют, но активизация карстового процесса возможна только при чрезвычайных условиях

При рассмотрении методов, приведенных в таблице, можно отметить, что применение каждого из них может быть правомерно лишь в конкретных геологических условиях. В связи с чем, разработка универсального подхода качественной оценки карстоопасности является крайне сложной задачей.

Не менее важной проблемой является оценка достоверности выделяемых квазиоднородных участков относительно интенсивности проявления карстовых процессов в их пределах. Так, не выполнив учет какого-либо показателя в значительной степени определяющего активность карстовых процессов на участке исследования – карстологическое районирование будет считаться некорректным.

На участках, характеризующихся наличием поверхностных карстовых форм, достоверность можно оценить путем анализа их расположения и морфометрических параметров. Если плотность карстовых форм равномерна, а размер и глубины форм представляют собой однородную выборку, можно судить о достоверности выполненного районирования территории. Наиболее сложной представляется оценка достоверности для участков где карстопоявления развиты слабо или вовсе отсутствуют, но могут образоваться в ходе эксплуатации сооружения.

В.Н. Катаев предлагает осуществлять качественную оценку карстоопасности в результате многоуровневого районирования (глобальный, региональный и локально-блоковый) [1]. В пределах каждого уровня производится выделение групп показателей, определяющихся на основе практики исследования конкретного региона. Однако, учет влияния каждого отдельного показателя на интенсивность проявления карстовых процессов может быть выполнен только на количественном уровне.

В заключении, стоит отметить, что качественные методы оценки карстоопасности могут являться лишь первым этапом исследования, так как не могут быть использованы для обоснования конкретных противокарстовых мероприятий. Именно через качественные методы, практика выдвигает необходимость применения количественных методов [2].

#### **Библиографический список**

1. Катаев В.Н. Методология и практика сравнительно-оценочного карстологического районирования. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. 85 с.
2. Толмачев В.В., Троцкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
3. Щербаков С.В. Интегральная оценка карстоопасности районов развития карбонатно-сульфатного карста на примере среднего предуралья / Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Екатеринбург, 2013. 273 с.
4. Яковенко П.И. Инженерно-геологическая оценка закарстованной территории в районе г. Чусового // Вопросы инженерного карстоведения. Тезисы докл. к инженерно-геологическому совещанию в г. Кунгуре (14-15 июня 1972 г.). Кунгур, 1972. С. 24–25.
5. Farrant A.R., Cooper A.H. Karst geohazard in the UK: the use of digital data for hazard management // Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, v. 41, 2008. P. 339–356.