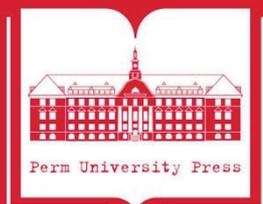


ПЕРМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЗАПАДНОГО УРАЛА

Сборник научных статей

Выпуск 6(43)



Пермь 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

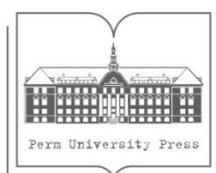
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

ВЕРОЯТНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ НОВЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ ВБЛИЗИ СУЩЕСТВУЮЩИХ

В статье приведен расчет определения вероятности образования новой карстовой формы на том или ином удалении от существующих поверхностных проявлений карста. Расчет приведен на примере территории Калужской области, на которой была выполнена векторизация существующих карстопроявлений по космоснимкам Bing, Google, Yandex, Here, а также определено расстояние между ними в программном обеспечении ArcGis. В основу расчета положена функция экспоненциального распределения. По сопоставлению фактического и теоретического распределений подбирается параметр λ , участвующий в дальнейшем в определении вероятности образования карстового провала.

Ключевые слова: карстопроявление, векторизация данных, вероятность образования, функция экспоненциального распределения.

Z.V. Selina, T.G. Kovaleva
Perm State University, zoya.kivileva@mail.ru, kovalevatg@mail.ru

PROBABILITY OF FORMATION OF NEW KARST FORMS NEAR EXISTING FORMS

The article presents a calculation for determining the probability of the formation of a new karst form at a certain distance from the existing surface manifestations of karst. The calculation is given for the territory of the Kaluga region, from which the vectorization of existing karst manifestations was performed using Bing, Google, Yandex, Here satellite images, and the distance between them was determined in the ArcGis software. The calculation is based on the exponential distribution function. By comparing the actual and theoretical distributions, the lambda (λ) parameter is selected, which later participates in determining the probability of the formation of a karst sinkhole.

Key words: karst manifestation, data vectorization, formation probability, exponential distribution function.

Введение

Для закарстованных территорий при инженерно-геологических изысканиях выполняется оценка карстовой опасности, которая включает в первую очередь определение интенсивности провалообразования, а также основных морфометрических показателей поверхностных карстопроявлений [5].

Помимо оценки основных показателей поверхностной закарстованности при оценке карстовой опасности территории в ряде нормативных документов [9, 10] используется признак удаленности от ближайшего карстопроявления, а в «Руководстве по инженерно-геологическим изысканиям...» [4] оценку устойчивости территории рекомендуется проводить с применением метода удаленности от ближайшего соседнего проявления карста.

Согласно работе И.А. Саваренского [3] поверхностные проявления карста группируются в карстовые поля, и с увеличением радиуса удаленности их частота уменьшается. Можно сделать вывод, что новые карстовые деформации рельефа возникают вблизи или на незначительном удалении от уже существующих групп провальных карстовых воронок. Таким образом, по анализу взаимного расположения карстовых форм в пространстве возможно оценить вероятность образования новых провалов на удалении от существующих.

Необходимо отметить, что в наибольшей степени природу карстового процесса отображает вероятностная оценка, о чем говорится в работах В.В. Толмачева и соавторов [7, 8]. Согласно В.В. Толмачеву, под идеальной вероятностной оценкой карстового процесса следует понимать выражение ее через вероятность образования карстовых провалов за заданный срок (например, за срок службы сооружений) на той или иной территории, которые могут вызвать недопустимые деформации сооружений.

Исследуемая территория

Рассмотрим определение вероятности образования нового карстового провала на примере территории Калужской области, площадь которой составляет 29,8 тыс. км², и протяженность с юга на север и запада на восток – 220 км и 240 км соответственно. На территории области повсеместно распространены каменноугольные (С) отложения, представленные известняками, доломитами с прослоями мергелей и глин, перекрытые на севере и в центральной части юрскими (J) маломощными глинами, преимущественно на юге – меловыми (К) песчаными отложениями. С поверхности повсеместно развиты четвертичные (Q) образования различного генезиса и литологии. Наличие в геологическом разрезе растворимых пород, их трещиноватость, присутствие движущихся подземных вод и их агрессивность по отношению к растворимым породам обусловило развитие карстового процесса и форм его проявления на поверхности земли [1].

Для всей территории Калужской области выполнено дешифрирование отрицательных форм рельефа, предположительно представленных воронками и понижениями карстового и карстово-суффозионного генезиса. Векторизация полигональным способом замкнутых округлых поверхностных форм выполнена по космоснимкам Bing, Google, Yandex, Here в программе SAS.Planet, а также с помощью программы Google Earth Pro, позволяющей оценивать территорию с точки зрения появления карстовых форм во времени [2]. Всего оцифровано 5697 отрицательных форм рельефа. На рисунке 1 приведен пример оцифрованных карстопроявлений. Для каждой выделенной в процессе векторизации карстовой формы определено расстояние до ближайшей соседней карстовой формы, с применением программы ArcGIS, создан массив данных отрицательных форм.

Расчет вероятности P_r образования новой карстовой формы на среднем расстоянии до ближайшего поверхностного проявления карста основывается на том, что образование провалов во времени подчинено экспоненциальному закону распространения [6].

$$P_r = \exp(-\lambda_1 \cdot r),$$

где: r – расстояние до ближайшей соседней карстовой формы, λ – параметр теоретического экспоненциального распределения.

По массиву данных о расстояниях до ближайших соседних поверхностных карстовых форм строится график фактических функций распределения в дифференциальном и интегральном виде. По графику выполняется подбор теоретического экспоненциального распределения (рис. 2) путем ручного определения параметра лямбда (λ).



Рис. 1. Пример выделения карстовых форм на космоснимке

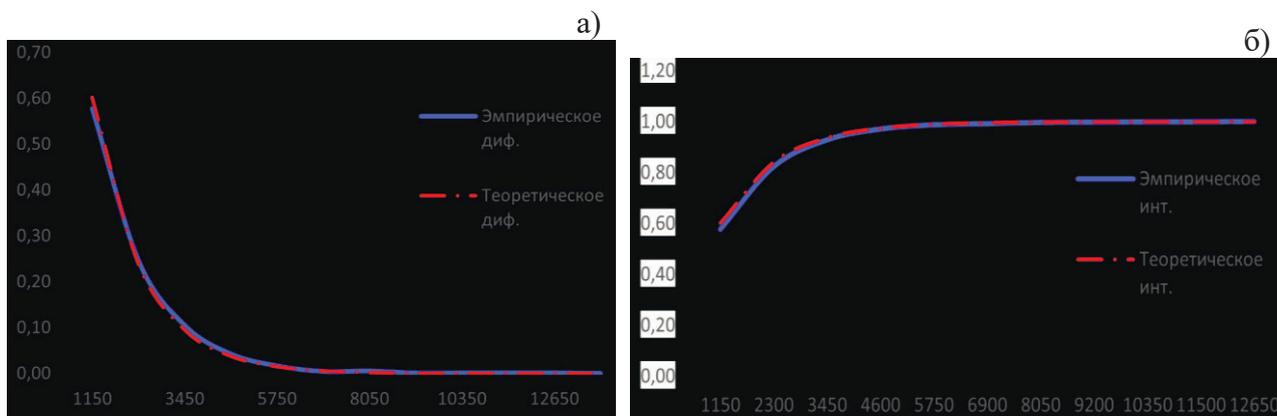


Рис. 2. Графики распределения частоты встречаемости расстояний до ближайшей карстовой формы: а – в дифференциальном виде; б – в интегральном виде

С помощью формулы (1) для каждого значения расстояния между карстовыми формами рассчитывается вероятность образования формы и строится растровая картографическая модель (рис. 3) вероятности образования новой карстовой формы на том или ином расстоянии от существующих поверхностных проявлений карста.

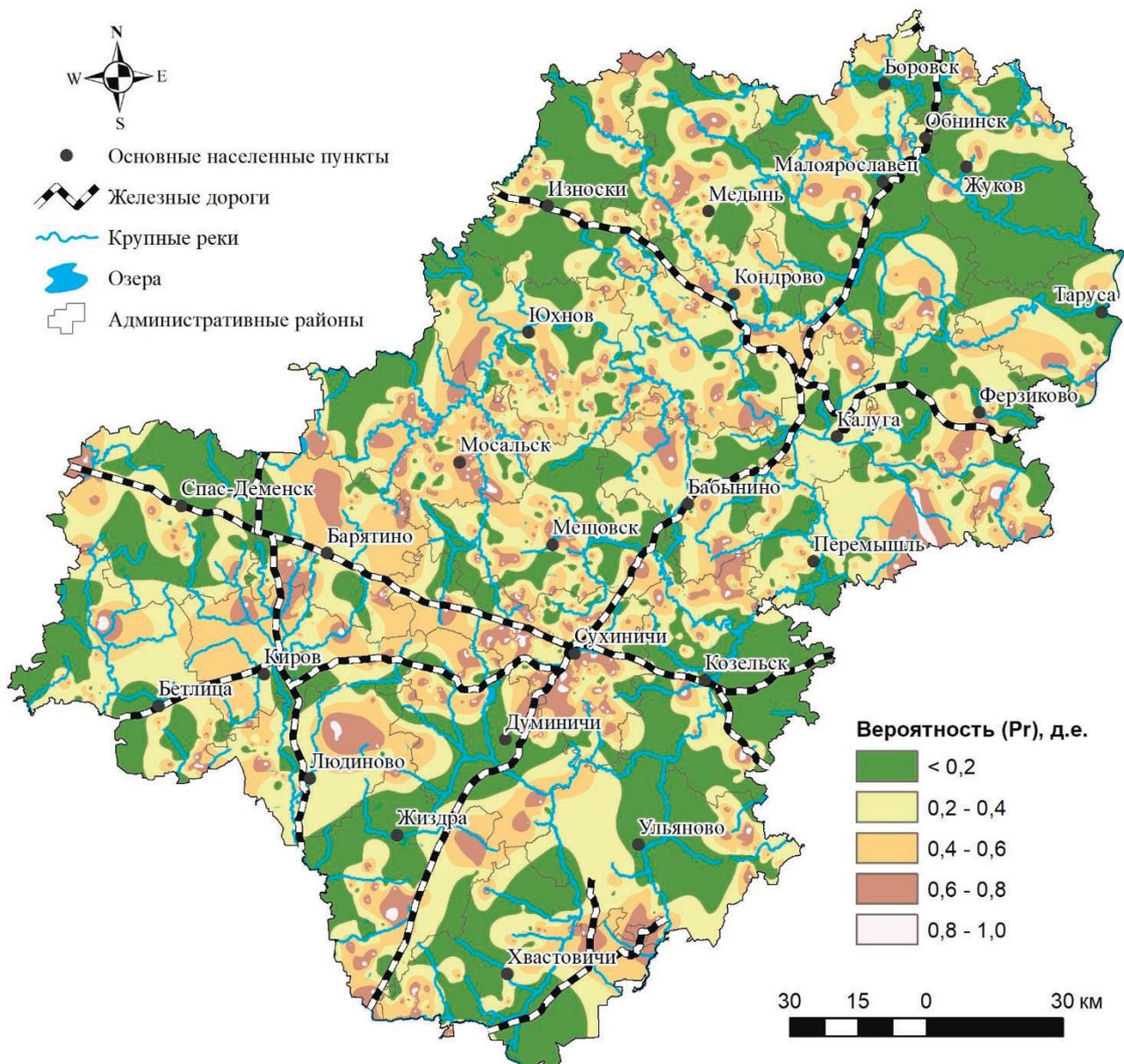


Рис. 3. Растровая картографическая модель вероятности образования карстового провала

Выводы

Таким образом, зная расстояния между существующими карстовыми проявлениями на поверхности земли, можно рассчитать вероятность образования нового карстового провала на исследуемой территории. Прогнозная оценка активности карста, выполняемая таким образом, может выполняться на предварительных этапах планировки территории или оценки инвестиций. Кроме того, она не требует существенных временных и трудовых затрат и может быть выполнена в условиях скудного объема исходных данных на основе анализа космоснимков свободного доступа.

Библиографический список

1. Кашин М.К., Кивилева З.В. Краткая характеристика природных условий территории Калужской области благоприятных для развития карста // Геология в развивающемся мире: Сборник научных трудов по материалам XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Пермь, 02–05 апреля 2019 года / отв. ред. Ю. А.

- Башурова. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. С. 412-414.
2. Ковалёва Т.Г., Балахнин Д.А., Селина З.В. Дешифрирование космоснимков и ортофотопланов при оценке карстовой опасности // Аэрокосмические методы в геологии: Сборник научных статей IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 07 декабря 2021 года / Под общей редакцией И.С. Копылова. Том Выпуск 4. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. С. 188–193.
 3. Саваренский И.А. Прогноз устойчивости территории методом удаленности от ближайшего проявления карста // Прогноз изменения инженерно-геологических условий при строительстве. Москва, 1990, С. 108-118.
 4. Саваренский И.А., Миронов Н.А. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. М., ПНИИС, 1995. 168 с.
 5. СП 11-105-97 ч. II. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. ПНИИС Госстоя России, 2000.
 6. Толмачев В.В. Вероятностный подход при оценке устойчивости закарстованных территорий и проектировании противокарстовых мероприятий // Инженерная геология. 1980, № 3. С. 98–107.
 7. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстование. М.: Недра, 1990. 151 с.
 8. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
 9. ТСН 11-301-2004 По. Инженерно-геологические изыскания для строительства на закарстованных территориях Пермской области. Пермь: Администрация. 2004. 122 с.
 10. ТСН 302-50-95 РБ. Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях. Уфа: Госстрой Респ. Башкортостан. 1996. 44 с.
 11. Анализ локальной изменчивости физико-механических свойств покровной толщи как метод оценки карстоопасности (на примере с. Усть-Кишерть) / Дробинина Е.В., Ковалева Т.Г., Корякина А.В., Катаев В.Н. // Вестник Пермского университета. Геология. 2017. Т. 16. № 3. С. 242–255.