

геотехнических барьеров и экранов по технологии, аналогичной струйной цементации с подачей под высоким давлением раствора бентонитовых глин. Под действием высоконапорной струи водобентонита грунт смешивается с раствором, что в дальнейшем позволит получить плотное тело так называемого «грунтобентонита».

Инъекционное закрепление горных пород карбамидными смолами является сложным технологическим процессом, требующим особой подготовки и оценки условий процесса строительства [4].

Контроль качества инъекционного закрепления достаточно надежно обеспечивается выполнением следующих контрольных мероприятий: проверкой качества исходных химических и других материалов; контролем исполнения при производстве работ заложенных в проект расчетных параметров закрепления и заданных им технических условий; проверкой соответствия требованиям проекта характеристик физико-механических свойств закрепленных грунтов, а также однородности их закрепления;

Характеристики физико-механических свойств закрепленных грунтов, необходимые для оценки и контроля качества закрепления, выбираются в зависимости от назначения закрепления и применяемого способа.

### *Литература*

1. СТО НОСТРОЙ-16-2011. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве. – М., 2011. – С. 8–12.
2. Бройд И.И. Струйная геотехнология. – М.: АСВ, 2004. – 448 с.
3. Гришко Д.А., Шуплик М.Н., Куликова Е.Ю., Перспективы применения струйной цементации в городском подземном строительстве с целью снижения экологических рисков// Научный вестник МГГУ. – 2011. – № 9 (18). – С. 16–22.
4. Маковецкий О.А., Зуев С.С. Закрепление неустойчивых грунтов методом смолизации главного и вспомогательного стволов при строительстве угольной шахты в Ростовской области// Маркшейдерия и недропользование. 2014. №5 (73) - С. 67-70.

## ВЫБОР КЛАССИФИКАЦИОННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИ КАРСТОЛОГИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ

*Е.В. Дробинина*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, аспирант 3 года обучения,  
alenadrobinina@yandex.ru

**Научный руководитель:** д.г.-м.н. профессор Катаев В.Н.

**Аннотация:** в статье рассмотрена проблема районирования территории по карстовой опасности на основании ряда факторов, определяющих протекание карстового процесса. Предварительное районирование территории при реализации интегральной оценки карстоопасности повышает точность прогнозирования посредством выделения квазиоднородных участков.

**Ключевые слова:** районирование, фактор, интегральная оценка карстовой опасности.

## CLASSIFICATION INDEX CHOICE AT KARST ZONING

*E.V. Drobina*

Perm State University, 3<sup>d</sup> year Post-graduate Student, alenadrobinina@yandex.ru

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor V.N. Kataev

**Abstract:** the problem of zoning by karst hazard on the basis of a number of factors determined the occurrence of karst process is considered in the article. The accuracy of prediction through an integrated assessment of karst hazard can be improved by allocation quasi-homogeneous areas as the result of preliminary zoning.

**Keywords:** zoning, factor, integrated assessment of karst hazard.

Рациональное освоение территорий различных по характеру инженерно-геологических условий предполагает их разделение на некоторые таксономические элементы, условно однородные по ряду признаков. Проведение инженерно-геологического районирования возможно посредством вероятностно-статистической оценки инженерно-геологических условий методом дисперсионного и корреляционного анализа, балльной оценки выделенных классификационных признаков. Критерии районирования выбираются в зависимости от целевого назначения исследования с условием безопасной эксплуатации сооружений, т.е. необходимо выбрать комплекс геологических параметров, оказывающих существенное влияние на устойчивость системы «геологическая среда – сооружение» [1,2,3].

Различный характер природных условий, отражающих структурно-тектоническое, геолого-гидрогеологическое и геоморфологическое строение исследуемой территории определяет разную степень опасности в отношении развития карстового процесса и его проявлений на земной поверхности. В зависимости от комплекса природных условий на исследуемой территории можно выделить карстовые участки, характеризующиеся общностью природного строения, в пределах которых условия развития карста характеризуются квазиоднородностью.

Целью работы является разработка методики выбора классификационного показателя для проведения карстологического районирования.

Исследуемая территория, расположенная в административном отношении в пределах Московской области, относится к району развития покрытого карбонатного карста и находится в пределах Центрально-Русской карстовой области [4].

В качестве определяющих критериев оценки карстовой опасности территории выбраны следующие показатели:

Структурно-тектонические факторы:

– приуроченность к тектоническим структурам I-II порядков: исследуемая территория расположена в пределах одной структуры второго порядка – Подмосковной впадины, осложняющей центральную часть Московской синеклизы.

Геолого-гидрогеологические факторы:

- мощность перекрывающих глин, м;
- глубина залегания карстующихся каменноугольных отложений, м;
- глубина вскрытия горизонта грунтовых вод, м;
- пьезометрический уровень трещинно-карстовых вод, м.

Геоморфологические факторы:

- приуроченность к геоморфологическим элементам разных порядков (водораздел, долина, в т.ч. русло, пойма, склон и т.д.)
- средний по площади уклон рельефа, градус (определен по топографической карте масштаба 1:2000).

Диапазоны количественных и качественных характеристик перечисленных факторов-критериев на основании результатов исследований процесса провалообразования [5,6] и данных нормативных документов [7] разбиты на категории по карстовой опасности (табл.).

Категории по глубине кровли карстующихся пород выделены на основании относительно медленно текущего процесса растворения карбонатных пород и формирования карстовых полостей. Развитие весьма крупных полостей в карбонатных породах, за срок службы большинства инженерных сооружений, явление весьма редкое – обычно такое возможно в случае техногенной активизации данного процесса [8] – что отличается от районов развития карбонатно-сульфатного карста.

Не менее важным фактором является мощность глин юрско-мелового и каменноугольного возраста, выступающих в качестве водоупора, препятствующего нисходящей фильтрации пресных атмосферных вод в толщу карстующихся пород и выносу дисперсного материала из перекрывающей толщи в пустотное пространство в карстующихся отложениях.

Таблица

Факторы-критерии, соответствующие разной степени карстовой опасности

Факторы-критерии оценки карстовой опасности	Вес критерия	Категория карстовой опасности		
		опасная	потенциально опасная	неопасная
Глубина кровли карстующихся пород, м	0,25	0-20	20-50	50 и более
Мощность перекрывающих глин, м	0,25	0-10	10-30	30 и более
Глубина появившегося уровня грунтовых вод, м	0,10	0-7	7-14	14 и более
Пьезометрический уровень трещинно-карстовых вод, м (ΔН)	0,20	менее 0	0-15	15 более
Геоморфологический элемент	0,10	водораздельное пространство	пойменная часть, низкие террасы	коренной склон
Уклон рельефа местности, град.	0,10	0-1	1-2	2 и более

Наименее опасной в отношении развития карстового процесса является территория, для которой характерно полное отсутствие горизонта грунтовых вод или его незначительная мощность, то есть чем ниже положение грунтовых вод, тем при прочих равных условиях менее карстоопасной является территория. Кроме того, карстовая опасность снижается в случае, если пьезометрический уровень совпадает с положением кровли водоупора или устанавливается выше нее [6].

Границы категорий по глубине кровли карстующихся карбонатных пород назначены согласно Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах [7], для последних трех перечисленных факторов – экспертным путем по методу равных интервалов на основании численного разброса значений данных параметров на исследуемой территории. Исключением выступает пьезометрический уровень, где к опасной категории отнесены все участки со значениями ΔН меньшими 0.

Ведущими факторами развития карстового процесса из категории геоморфологических являются элементы рельефа и их распространение в районе работ, а также уклон земной поверхности в пределах данных элементов. Для террасированных аллювиально-делювиальных речных долин, широко развитых в районе работ, характерна следующая тенденция: с увеличением уклона местности повышается вероятность развития карстового и карстово-суффозионного процессов вследствие увеличения градиента фильтрации и, следовательно, скорости движения потока подземных вод. Однако данное правило не относится к крутым склонам с уклоном, превышающим 15-20°: в таких условиях инфильтрация атмосферных вод затруднена и

начинают преобладать эрозионные процессы. Исследуемая территория характеризуется в целом незначительным уклоном местности, в 95% случаев не превышающим 1,5-2,0 градуса, поэтому ранжирование данного критерия, как и в случае с геолого-гидрогеологическими показателями, проведено по методу равных интервалов.

*Заключение.* Разработана методика выбора классификационного показателя для проведения карстологического районирования. Исходя из природных условий исследуемой территории, путем суммирования баллов опасности с учетом веса исследуемых факторов получена итоговая категория карстоопасности для каждого участка. Карстовые участки с суммарным балом 1 относились к неопасным, 2 – к потенциально опасным, 3 – к опасным. Весовой параметр для выбранных показателей назначен исходя из представлений о роли выбранных факторов-критериев в развитии карстового процесса и приведен в таблице.

### *Литература*

1. Середин В.В., Галкин В.И., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Сметанин С.Н. Вероятностно-статистическая оценка инженерно-геологических условий для специального районирования // *Инженерная геология*. 2011. № 4. С. 42-47.
2. Середин В.В., Галкин В.И., Растегаев А.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В. Прогнозирование карстовой опасности при инженерно-геологическом районировании территорий // *Инженерная геология*. 2012. № 2. С. 40-45.
3. Середин В.В., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Бахарева Н.С. Методика инженерно-геологического районирования на основе балльной оценки классификационного признака // *Инженерная геология*. 2011. № 3. С. 20-25.
4. Чикшиев А.Г. Карст Русской равнины. М.: «Наука», 1978. 195 с.
5. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003. 216 с.
6. Кутепов В.М. Оценка устойчивости закарстованных территорий методом анализа напряженного состояния массивов пород. Обзор и рекомендации. М.: ЦП НТГО, 1986. 69 с.
7. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах. М., 2011. 56 с.
8. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ НА СЕЗОННОПРОМЕРЗАЮЩИХ ГРУНТАХ

*Е.С. Евдокимова*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, магистрант 1 года обучения, evdokimova\_ekat@mail.ru

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Маковецкий О.А.

**Аннотация:** рассмотрение вопроса о возможности и эффективности применения малозаглубленных фундаментов для строительства быстровозводимых зданий из легких металлических конструкций на основаниях сложенных пучинистыми грунтами. Предложены мероприятия снижающие воздействие морозного пучения на деформации каркаса здания.

**Ключевые слова:** пучинистые грунты, малозаглубленные фундаменты.

## EFFECTIVE FOUNDATIONS FOR LIGHT METAL BUILDINGS FOR SEASONAL FREEZING SOILS

*E.S. Evdokimova*

Perm National Research Polytechnic University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, evdokimova\_ekat@mail.ru

**Research Supervisor:** Candidate of Technical Sciences, Reader O.A. Makovetskiy

**Abstract:** Considered the question of the possibility and effectiveness of using weakly deepened foundation for the construction of prefabricated buildings of light metal structures on the grounds of stacked heaving soils. The proposed activities to reduce the impact of frost heave on the deformation of the building frame.

**Keywords:** heaving soils, weakly deepened foundation

В связи с широким распространением в условиях Пермского края пучинистых грунтов (более 90%) проблема строительства на таких грунтах является весьма актуальной применительно к легким (малонагруженным) зданиям из металлических конструкций. Применение таких зданий актуально при обустройстве площадок нефтяных месторождений, где устройство капитальных зданий и сооружений экономически не оправдано [1].

К типичным пучинистым грунтам относятся аллювиально-делювиальные отложения: суглинки, глины, мелкие и пылеватые пески, и др. При влажности больше критической эти грунты, замерзая в зимний период, значительно увеличиваются в объеме (пучатся) на 20 см и более в пределах глубины его промерзания, которая достигает 1,5-2,0 м и более [2].

При взаимодействии грунта, подверженного морозному пучению, с традиционными заглубленными фундаментами возникают значительные силы морозного пучения, способные неравномерно перемещать (выталкивать) фундаменты вместе с легким зданием вверх или оторвать верхнюю часть от нижней, если эти