

УДК 551.435.8

**Микрорайонирование по карстовой опасности площадки строительства Нижегородской АЭС в Монаково на основе неполных данных\***

Шарапов Р.В.

В работе рассматриваются вопросы районирования территории с точки зрения карстовой опасности. Приводится подход к микрорайонированию территории на основе расчетно-вероятностного метода по неполным данным. В качестве основы для оценки карстовой опасности используется показатель интенсивности карстовых процессов. Приведенный подход использован для микрорайонирования территории, выделенной для строительства Нижегородской АЭС близ д. Монаково. Для этой территории в прошлом не проводились систематизированные наблюдения. Поэтому расчет показателей интенсивности карстовых процессов осуществлялся по неполным данным. В результате получена карта распределения показателя интенсивности проявления карстовых процессов на исследуемой территории. Карта позволяет визуально оценить карстовую опасность территории. Анализ показал, что территория, выделенная под строительство Нижегородской АЭС близ д. Монаково обладает повышенным риском карстовой опасности.

*Ключевые слова:* карст, карстовые процессы, интенсивность карстовых процессов, карта, районирование.

**Microzoning Nizhny Novgorod NPP construction site Monakovo in terms of karst hazard based on insufficient data**

Sharapov R.V.

The paper deals with zoning in terms of karst hazard. An approach to zoning on incomplete data is based on computational-probabilistic technique. Indicator of karst failures intensity is used as the basis for assessing karst hazard. The above-mentioned approach is used for zoning the territory intended for the nuclear power plant construction at the site of Monakovo in Nizhny Novgorod region. Due to the fact that no proper observations have been done at the site lately, the indicators of karst failures intensity have been calculated with incomplete data (obtained mainly in the last few years). The index distribution of karst failures intensity in the area under study has been mapped. The map helps to visualize the karst danger area. The analysis shows that the area intended for the nuclear power plant construction at the site of Monakovo in Nizhny Novgorod region features an extremely high rate of karst danger.

*Keywords:* karst, karst failure, karst failures intensity, map, zoning.

**Введение**

Большие территории в Российской Федерации подвержены влиянию карстовых процессов. Так, в Нижегородской области закарстовано около трети всех земель [2]. В связи с тем, что карстовые процессы оказывают существенное влияние на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, становится актуальной задача оценки состояния закарстованной территории. Для этих целей могут использоваться различные подходы [1, 3, 4, 5, 6, 8, 10].

В [9] приведены основные показатели, используемые для наблюдения и оценки карстовых процессов. В связи с тем, что показатели позволяют получить некие числовые характеристики участков территории, становится возможным осуществление ее районирования. Особую актуальность приобретает микрорайонирование земель, выделенных для строительства различных объектов. Оно позволяет выбрать участки территории с наименьшим риском проявления карстовых процессов.

\*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-97510 р\_центр\_а.

В соответствии с [2] микрорайонирование закарстованной территории представляет собой дифференцирование участков на зоны по признакам, «характеризующим степень и характер опасности карста для зданий и сооружений различных типов за расчетный срок их эксплуатации и непосредственно определяющих инженерные и планировочные решения в проектах и организационно-технические мероприятия при эксплуатации зданий и сооружений».

При проведении исследований на месте предполагаемого строительства Нижегородской АЭС в д. Монаково, осуществляемых коллективом МИ ВлГУ под руководством д.т.н. Кузичкина О.Р. [12], автор столкнулся с проблемой микрорайонирования территории по карстовой опасности. Одним из индикаторов, характеризующих карстовую опасность, является показатель интенсивности проявления карстовых процессов [10].

Особенностью территории близ д. Монаково является недостаток информации о динамике протекания карстовых процессов. Детальные исследования территории стали проводиться только в последние годы.

Цель работы – провести микрорайонирование территории, выделенной под строительство Нижегородской АЭС по показателю интенсивности проявления карстовых процессов на основе имеющихся (неполных) данных.

#### Метод исследования

В связи с тем, что территория в районе предполагаемого строительства Нижегородской АЭС имеет достаточно разнородную структуру и небольшие размеры, применение регулярной сетки для микрорайонирования не кажется оправданным. При малых размерах сетки (до 100 метров) часть территории в зонах активного проявления карстовых процессов может быть ошибочно признана безопасной. При больших размерах сетки (например, километр и более), наоборот, относительно

безопасные участки не будут признаны таковыми из-за эффекта усреднения.

По этой причине при микрорайонировании был использован подход на основе непосредственного измерения плотности проявления карстовых процессов и выявления разноплотностных областей [5]. Для подсчета плотности проявления карстовых процессов использовался метод «скользящего кружка», предложенный в [7].

Суть метода сводится к следующему. На карту накладывается квадратная сетка. Но расчеты проводятся не для ячеек сетки, а для ее узлов. Для подсчета используется круг с радиусом  $R$ . Круг перемещается по узлам сетки и производится определение числа проявлений карстовых процессов внутри него. Таким образом, получается поле плотности проявлений карста, которое и отображается на карте (например, с помощью изолиний или методом количественного фона). В [5] предлагается использовать круг с радиусом  $R=0.86L$ , где  $L$  – шаг сетки.

В качестве метода для определения показателя интенсивности карстовых процессов использовался подход, изложенный в [11], позволяющий осуществлять расчеты по неполным данным.

В [5] отмечается, что интенсивность проявления карстовых процессов на рассматриваемой территории можно вычислить по формуле:

$$\lambda_i = -\ln \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(1 - \lambda_0)]n_i / A_i}{n_0 / A_0} \right\}, \quad (1)$$

где  $\lambda_0$  – интенсивность проявления карстовых форм для общего поля территории;

$\lambda_i$  – интенсивность проявления карстовых форм для  $i$ -ой области, однородной по плотности карстовых форм;

$n_0$  – общее число проявления карстовых форм в выделенной полосе территории площадью  $A_0$ ;

$n_i$  – число проявления карстовых форм в  $i$ -ой области площадью  $A_i$ .

Границы однородных областей при микрорайонировании можно определить в соответствии с плотностью карстовых форм, попадающих в «скользящий круг»  $r_i$ . Тогда (1) можно представить в виде:

$$\lambda_i = -\ln \left\{ 1 - [1 - \exp(-\lambda_0)] \frac{r_i A_0}{\sum_{i=1}^m r_i A_i} \right\}, \quad (2)$$

где  $m$  – число однородных областей.

В соответствии с [6] можно предположить, что интенсивность проявления карстовых форм прямо пропорциональна их плотности. Тогда (2) принимает вид:

$$\lambda_i = \frac{r_i \lambda_0 A_0}{\sum_{i=1}^m r_i A_i}. \quad (3)$$

Несмотря на то, что рассчитанное таким образом значение интенсивность проявления карстовых форм  $\lambda_i$  может отличаться от фактического значения, оно позволяет осуществить микрорайонирование территории и произвести оценку потенциально опасных зон.

### Заключение

Таким образом, на основе данных (часто неполных), собранных при исследовании территории предполагаемого строительства Нижегородской АЭС в д. Монаково, было произведено ее микрорайонирование по показателю интенсивности проявления карстовых процессов. В результате была получена карта территории с дифференсацией на зоны.

Микрорайонирование позволило выделить на карте д. Монаково зоны с повышенной интенсивностью карстообразования, представляющие опасность для существующих строений и будущих конструкций.

Наличие зон, в пределах которых карстовые процессы не наблюдаются, позволяет выделить районы, относительно безопасные для возведения и эксплуатации объектов различного назначения.

Анализ карты показал, что часть территории, выделенной под строительство Нижегородской АЭС близ д. Монаково обладает повышенным риском карстовой опасности. При увеличении техногенного воздействия на указанную территорию возможно повышение активности протекания карстово-суффозных процессов.

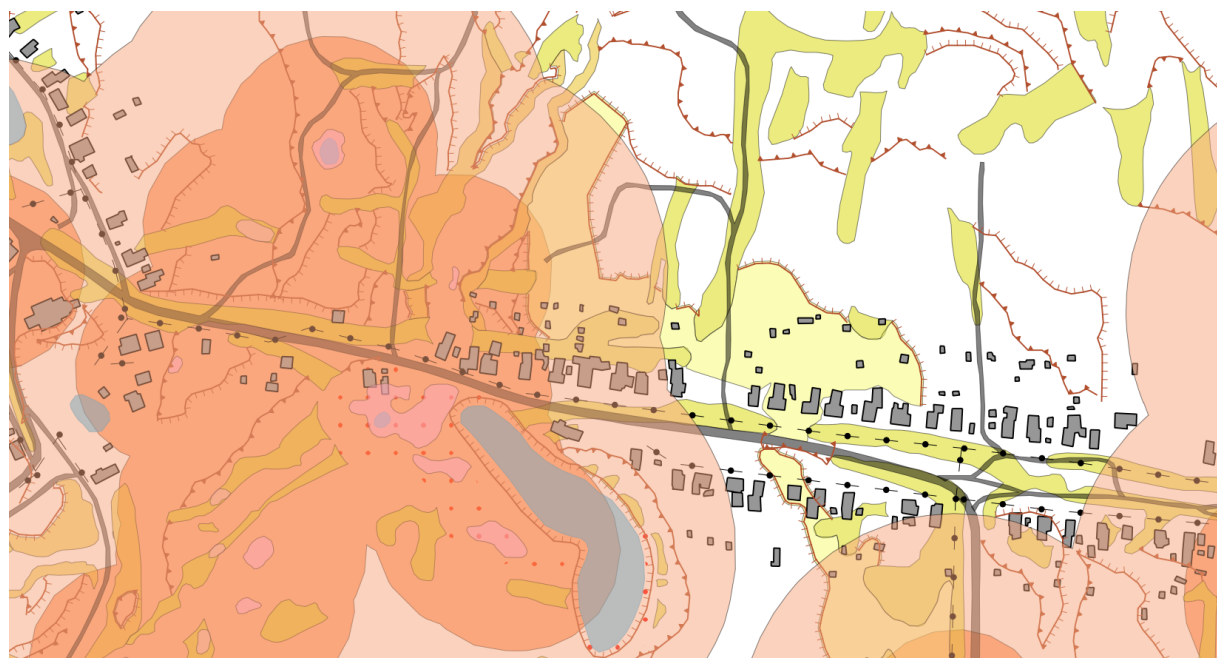


Рис. 1. Микрорайонирование территории строительства Нижегородской АЭС.

## Литература

1. *Макеев З.А.* Принципы инженерно-геологического районирования карстовых областей // Московская конференция по карсту, вып. 4. – Молотов: Издание Молотовского государственного университета, 1948.

2. Рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. – Нижний Новгород, 2012. – 139 с.

3. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. – М: ПНИИС Минстроя России, 1995.

4. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства». Часть II «Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов».

5. *Толмачев В.В.* и др. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / В.В.Толмачев, Г.М.Троицкий, В.П.Хоменко; под ред.Е.А.Сорочана. – М.: Стройиздат, 1986. – 176 с.

6. *Толмачев В.В.* О методике количественной оценки природных факторов, влияющих на образование карстовых провалов. Сб.науч.тр. / МИИТ, 1968, вып. 273.

7. *Червяков В.А.* Концепция поля в современной картографии. – Новосибирск: Наука, 1978. – 149 с.

8. *Шарапов Р.В.* Мониторинг экзогенных процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, № 2. – С.39-42.

9. *Шарапов Р.В.* Некоторые вопросы мониторинга экзогенных процессов // Фундаментальные исследования, 2013, № 1-2. – С. 444-447.

10. *Шарапов Р.В.* Показатели наблюдения и оценки карстовых процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 1. – С.28-34.

11. *Шарапов Р.В.* Определение показателя интенсивности карстовых провалов по неполным данным // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 2. – С.36-40.

12. *Sharapov R.V., Kuzichkin O.R.* Monitoring of Karst-Suffusion Formation in Area of Nuclear Power Plant // Proceedings of the 7th 2013 IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 12-14 September 2013, Berlin, Germany. Vol. 2, 2013. – P. 810-813.

## References

1. *Makeev Z.A.* The principles of engineering geological zoning of karst regions // Moscow Conference on Karst, vol. 4. – Molotov: Publication Molotov State University, 1948.

2. Recommendations for conducting the engineering studies, design, construction and operation of buildings and structures on karst areas of the Nizhny Novgorod region. – Nizhny Novgorod, 2012. – 139 p.

3. Manual of geotechnical investigations in karst areas. – Moscow: PNIIS Russian Ministry of Construction, 1995.

4. SP 11-105-97 «Engineering geological site investigations for construction». Part II «Work in the areas of hazardous geological and geotechnical processes».

5. *Tolmachev V.V.* Engineering and building development of karst territories / V.V. Tolmachev, G.M. Troitsky, V.P. Homenko; Ed. E.A. Sorochan. – Moscow: Stroyizdat, 1986. – 176 p.

6. *Tolmachev V.V.* On the method of quantitative assessment of environmental factors affecting the formation of karst failures. Processing of MIIT, 1968, vol. 273.

7. *Chervjakov V.A.* The concept in the field of cartography. – Novosibirsk: Nauka, 1978. – 149 p.

8. *Sharapov R.V.* Monitoring exogenous processes // Engineering industry and life safety, 2012, № 2. – P.39-42.

9. *Sharapov R.V.* Some problems of exogenous processes monitoring // Fundamental research, 2013, № 1-2. – P. 444-447.

10. *Sharapov R.V.* Indicators for monitoring and assessment of karst processes // Engineering industry and life safety, 2013, № 1. – P.28-34.

11. *Sharapov R.V.* Determination of karst collapse intensity from incomplete data // Engineering industry and life safety, 2013, № 2. – P.36-40.

12. *Sharapov R.V., Kuzichkin O.R.* Monitoring of Karst-Suffusion Formation in Area of Nuclear Power Plant // Proceedings of the 7th 2013 IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 12-14 September 2013, Berlin, Germany. Vol. 2, 2013. – P. 810-813.

**Статья поступила в редакцию 10 сентября 2013 г.**

---

*Шарапов Руслан Владимирович* – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: info@vanta.ru

---

*Sharapov Ruslan Vladimirovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: info@vanta.ru