

**Р.Ф. АБДРАХМАНОВ, В.Н. ДУРНАЕВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

**А.И. СМИРНОВ**

Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, г. Уфа, Российская Федерация

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ КАРСТООПАСНЫХ РАЙОНОВ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ**

*Территория Южного Предуралья (в пределах западной части Республики Башкортостан) подвержена широкому развитию карстовых процессов: около 45% городского и не менее 20% сельского населения западного Башкортостана проживает в районах развития карста. Ежегодно на этой территории фиксируется образование не менее десяти мелких новых провалов, а примерно один раз в 5-6 лет возникают аномально крупные провалы диаметром более 10 м. Только в г. Уфе за последние 45 лет зафиксировано 23 случая (в среднем раз в два года) деформаций зданий (в том числе многоэтажных), которые связаны с карстом. Исследования в области геоинформационных технологий дают возможность обработки больших объемов пространственных данных. Описываются возможности предоставляемые геоинформационными системами (ГИС) при создании карты опасных геологических процессов. Для решения поставленных задач была выбрана ГИС «Карта 2011» (КБ «Панорама»). Использование ГИС «Карта 2011» при составлении карты опасных геологических процессов позволяет учитывать многофакторность развития геологических процессов, осуществлять более точное картирование территории. Инструментальные средства ГИС подходят для анализа и комплексного исследования геологической среды. Применение этого комплекса позволяет обрабатывать данные инженерно-геологических изысканий местности, формировать графические документы с результатами моделирования. Авторами подобран достаточный объем материала для создания ГИС-проекта «Карст Южного Урала и Предуралья», разработана структура базы данных проекта. Реализация проекта будет способствовать качественному проектированию застраиваемых территорий, рациональному освоению и охране подземных вод.*

*Геоинформационные системы, опасные геологические процессы, карст, база данных, картирование*

**Введение.** По степени неожиданности проявления на поверхности и причиняемому ущербу карст на территории Южного Предуралья относится к одному из самых опасных видов экзогенных геологических процессов (ЭГП).

В пределах западной части республики карстующиеся породы распространены почти на 50% ее территории, около 30% площади Башкортостана поражено поверхностными карстопроявлениями. Нередко карстовые провалы провоцируют деформации жилых и административных зданий, вызывают аварии на инженерных сооружениях. В большинстве случаев принятые меры противокарстовой защиты позволили продолжить их эксплуатацию, однако в ряде случаев здания были снесены даже после выполнения мер противокарстовой защиты [1].

**Материал и методы.** В настоящее время для описания процессов и явлений традиционно применяются статистические, картографические и данные дистанционного зондирования Земли. Часто их подборка и систематизация осуществляется вручную.

Большой накопленный материал о карсте и результаты его изучения нашли освещение в многочисленных публикациях в академических, отраслевых и вузовских изданиях, специальных карстоведческих, спелеологических, гидрогеологических и инженерно-геологических сборниках и журналах, материалах научных и научно-практических конференций и совещаний, туристских путеводителей и ряде монографий.

Вместе с тем, несмотря на достигнутые успехи в изучении карста, Башкортостан остается без обобщающей работы,

дающей целостную комплексную характеристику региональных особенностей формирования и проявления карста с оценкой его практического значения при различных видах хозяйственной деятельности. Потребность в труде подобного рода стала особенно ощущаться в последние годы в связи с возрастающим включением закарстованных территорий Республики в строительство, необходимостью проведения противокарстовых и водоохранных мероприятий, использованием карстовых вод, отрицательным воздействием техногенного карста и решением геоэкологических проблем и др.

Для решения практических задач предложены схемы районирования карста и его картографического отображения. Выявлены роль и значение техногенных факторов в развитии карстовых процессов. Разработана методика инженерно-геологических противокарстовых мероприятий строительства на закарстованных участках. Изучение пещер подняло значение спелеологии и археологических исследований в изучении древних обитателей Башкортостана и культурного наследия первобытного человека.

Задачи дальнейших исследований заключаются в совершенствовании методов изучения карста, в частности, в количественной оценке карстового процесса, предотвращении его катастрофических последствий, ухудшающих геоэкологическую обстановку и представляющих угрозу для жизнедеятельности человека [1, 2, 3].

Геоинформационные системы (ГИС) предназначены для картирования и анализа пространственных объектов, они объединяют традиционные операции при работе с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет традиционная географическая карта.

**Результаты и обсуждения.** В настоящее время нами проводятся работы по созданию ГИС-проекта «Карст Южного Урала и Предуралья» масштаба 1:500 000 средствами ГИС «Карта 2011» (КБ «Панорама») с подключением Комплекса геологических задач.

Инструментальные средства ГИС применяются для анализа и комплексного исследования геологической среды. ГИС «Кар-

та 2011» – универсальная геоинформационная система, имеющая средства создания и редактирования цифровых карт и планов, обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), выполнения различных измерений и расчетов, операций со слоями, построения 3D моделей, обработки растровых данных, средства подготовки графических документов в цифровом и печатном виде, а также инструментальные средства для работы с базами данных. В ГИС «Карта 2011» предусмотрен набор функций, ориентированных на обработку данных инженерно-геологических и карстологических изысканий местности, обработку результатов измерений, нанесение их на карту и формирование на основе метрического и семантического описания объектов инженерных чертежей в автоматическом и автоматизированном режиме. [4]

В настоящее время проводится составление карты опасных геологических процессов на территории Республики Башкортостан масштаба 1:500 000 средствами ГИС «Карта 2011» (КБ «Панорама») с подключением комплекса геологических задач. Кроме того, инструментальные средства ГИС применяются для анализа и комплексного исследования геологической среды. Применение этого комплекса позволяет обрабатывать данные инженерно-геологических изысканий местности, формировать графические документы с результатами моделирования. Геоинформационная система автоматизирует процессы обработки и анализа данных. Она предназначена для оперативной оценки и прогноза развития наблюдаемых событий с использованием ГИС-технологий пространственного и временного анализа данных, позволяет учитывать многофакторность развития геологических процессов, осуществлять более точное картирование территории.

В основе создаваемого ГИС-проекта «Карст Южного Урала и Предуралья» лежат данные съемки ЭГП на территории Республики Башкортостан 1980-1994 гг. масштаба 1:200 000. Данные съемки ЭГП планируется дополнить новыми данными о карсте Южного Урала и Предуралья, полученными за последние 20-25 лет.

Для наглядного представления проекта используется современная электронная топооснова. В качестве примера выбрана территория бассейна долины реки Аургаза (рис.).

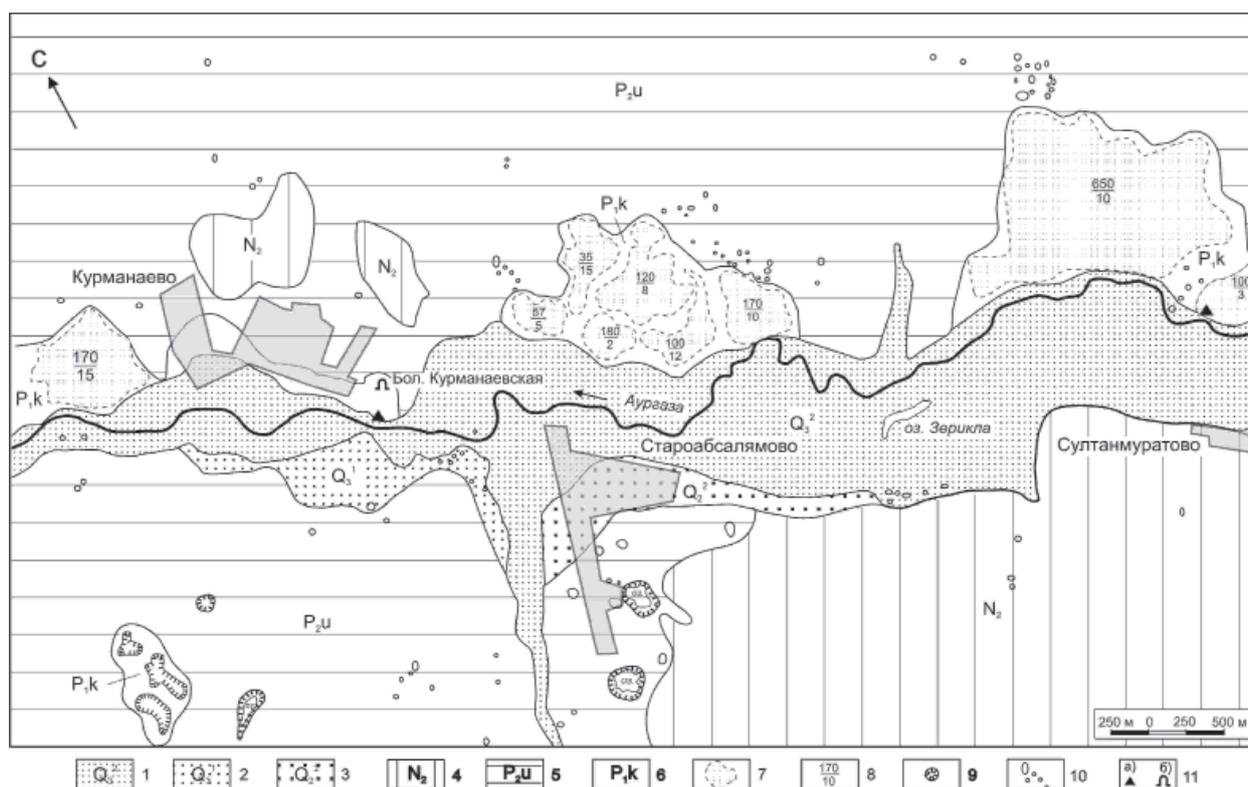


Рис. ГИС-проект долины реки Аургаза

- 1-3 – перекрытый карст: 1 – первая терраса, 2 – вторая терраса, 3 – третья терраса;  
 4 – покрытый карст, 5 – закрытый карст, 6 – открытый (голый) карст; 7-11 – карстовые формы:  
 7 – карстовое поле, 8 – количество воронок и колодцев в карстовом поле (числитель)  
 и их средний диаметр (знаменатель); 9 – карстовая котловина;  
 10 – отдельные карстовые воронки; 11 – родник (а), вход в пещеру (б)

Возможности программного продукта позволяют учитывать при создании проекта особенности различных объектов карты, например, разделять типы карста по составу карстующихся пород, степени их перекрытости некарстующимися породами, рельефу и др.

Система ввода предусматривает ввод и обработку архивной информации с бумажных носителей. Архивная информация анализируется, приводится в соответствие с современными нормативными документами, проверяется координатная привязка. Карты на бумажной основе сканируются, трансформируются, затем выполняется их координатная привязка, а также векторизация в ГИС «Карта 2011». Хранение данных осуществляется в базе, состоящей из нескольких взаимосвязанных таблиц в формате DB. Растры геологических карт, схем, хранятся в формате RSW, а пользовательские векторные карты – в формате SIT. [5]

ГИС автоматизирует процессы обработки и анализа данных. Она предназначена для оперативной оценки и прогноза развития наблюдаемых событий с использованием ГИС-технологий пространственного и времен-

ного анализа данных, позволяет учитывать многофакторность развития геологических процессов, осуществлять более точное картирование территории.

ГИС позволяет осуществлять построение пересечений или объединений контуров объектов одного списка с другим. Построение общей зоны вокруг объектов, входящих в список. Отбор на карте объектов одного списка, имеющих определенную пространственную связь с объектами другого списка (вхождение, пересечение, примыкание, удаление в пределах заданного расстояния и тому подобное) и т.д. ГИС «Карта» предоставляет возможность интерактивного проектирования информационных систем на основе встроенного конструктора форм, отчетов, SQL-запросов. В программное обеспечение также встроены средства анализа данных и построения графиков, диаграмм, тематического картографирования, геокодирования.

### Выводы

Создание карты карста не является самоцелью, она нужна для решения следующих задач: оперативного ввода данных, оценки

и прогноза развития наблюдаемых событий и явлений с использованием ГИС-технологий, пространственного и временного анализа данных, анализа территорий распространения карстующихся пород, определения опасных зон при проектировании и строительстве различных объектов промышленности, сельского хозяйства, жилого фонда и т.д. На основе этой карты в дальнейшем возможно создание геоинформационной системы, позволяющей обеспечить массовый доступ к картографическим продуктам на основе современных информационно-коммуникационных технологий (через Интернет и Интранет). Следствием развития этих направлений является более широкое использование геоданных пользователями.

В процессе исследований авторами предполагается создание карты «Карст Южного Урала и Предуралья», которая позволит выполнить актуализацию имеющейся информации по карсту региона, районирование территории по карстоопасности, и создание электронной карты масштаба 1:500 000. Реализация проекта будет способствовать качественному проектированию застраиваемых территорий, рациональному освоению и охране подземных вод.

#### Библиографический список

1. Карст Башкортостана / Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.И., Смирнов А.И., Травкин А.И. – Уфа: Информреклама, 2002. – 384 с.

2. Смирнов А.И. Типы карста и современная активность его развития на Южном Урале и в Предуралье / Материалы междуна-

симпозиума «Карстование – XXI век: теоретическое и практическое значение». – Пермь: Перм. ун-т, 2004. – С. 90-94.

3 Смирнов А.И. Аномально крупные карстовые провалы Южного Урала и Предуралья / Геологический сб. № 10. Информационные материалы. – Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2013. – С. 50-56.

4. ГИС ПАНОРАМА.: ГИС Карта 2011.: GIS ToolKit.: GIS WebServer [сайт]: URL: <http://gisinfo.ru/> (дата обращения: 16.05.2017).

5. Соколова И.А. Методика структурирования данных для информационного моделирования геологической среды // Геопрофи. – 2007. – № 6. – С. 14-18.

Материал поступил в редакцию 06.09.2017 г.

#### Сведения об авторах

**Абдрахманов Рафил Фазылович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, заведующий лабораторией гидрогеологии и геоэкологии ИГ УНЦ РАН, 450077, Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, +7(905)1817805, [hydro@ufaras.ru](mailto:hydro@ufaras.ru)

**Дурнаева Вера Николаевна**, аспирант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», [vera.durnaeva@yandex.ru](mailto:vera.durnaeva@yandex.ru)

**Смирнов Александр Ильич**, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель начальника отдела геологической информации и мониторинга, Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, [smalil@mail.ru](mailto:smalil@mail.ru)

#### R.F. ABDRAKHMANTOV, V.N. DURNAEVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Bashkir state agrarian university», Ufa, the Russian Federation

#### A.I. SMIRNOV

Ministry of environmental engineering and ecology of the Republic of Bashkortostan, Ufa, the Russian Federation

## USAGE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING OF KARST DANGEROUS REGIONS OF THE SOUTHERN URALS

*The territory of the Southern Urals (within the western part of the Republic of Bashkortostan) is subject to a wide development of karst processes: about 45% of urban and 20% of rural population of west Bashkortostan lives in the areas of karst development. Every year, at least ten new small failures are recorded on this territory, but anomalously large gaps with a diameter of more than 10 m are observed approximately every 5-6 years. Only in Ufa for the last 45 years there were 23 cases (on average every two years) deformations of buildings (including multistoried) associated with karst. Research in geo informational technologies make it possible to process large amounts of spatial data. There are described the capabilities provided by geographic information systems (GIS) to create a map of geo hazards. To solve the set tasks there was chosen GIS «Map 2011» (KB «Panorama»). The use of GIS «Map 2011» with the mapping of geohazards allows taking into*

*account the multifactor character of geological processes development, to provide a more accurate mapping of the territory. GIS instrumentation is suitable for the analysis and comprehensive study of the geological environment. Using of this complex makes it possible to process data of engineering-geological surveys of the area, to form graphic documents with the simulation results. The authors have collected sufficient material for creation of the GIS project «Karst of the southern Urals and Pred-Urals», the structure of the database project has been developed. The project will contribute to the quality design of the territories to be developed, rational use and protection of groundwater.*

*Geo information systems, geo hazards, karst, database, mapping*

### Reference list

1. Karst Bashkortostana / Abdrahmanov R.F., Martin V.I., Popov V.G. Rozhdestvensky A.I., Smirnov A.I., Travkin A.I. – Ufa: Informreklama, 2002. – 384 s.
2. **Smirnov A.I.** Tipy karsta i sovremennaya aktivnost ego razvitiya na Yuzhnom Urale i v Preduralje / Materialy mezgdunar. simpoziuma «Karstovedenie – XXI vek: teoreticheskoe i prakticheskoe znachenie». – Perm: 2004. S. 90-94.
3. **Smirnov A.I.** Anomaljno krupnye karstovye provably Yuzhnogo Urala i Preduralya / Geologicheskyy sbornik № 10. Informatsionnye materialy. – Ufa: IG UNTSRAN, 2013. – S.50-56.
4. GIS PANORAMA:: GIS Karta 2011:: GIS ToolKit:: GIS WebServer [сайт]: URL: <http://gis-info.ru/> (data obrashcheniya: 16.05.2017).
5. **Sokolova I.A.** Metodika strukturirovaniya dannyh dlya informatsionnogo modelirovaniya geologicheskoy sredy // Geoprofi. – 2007. – № 6. – S. 14-18.

The material was received at the editorial office  
06.09.2017

### Information about the authors

**Abdrakhmanov Rafil Fazylovich**, doctor of geologic-mineralogical sciences, professor of the chair of environmental engineering, building and hydraulics, FSBEI HE Bash GU, head of the laboratory of hydro geology and geo ecology IG UNTS RAN, 450077, Ufa, ul. K. Marksa, 16/2; tel.: +7(905)1817805, [hydro@ufaras.ru](mailto:hydro@ufaras.ru)

**Durnaeva Vera Nikolaevna**, post graduate student, FSBEI HE «Bash GU; 450077, Ufa, ul. K. Marksa, 16/2; e-mail: [vera.durnaeva@yandex.ru](mailto:vera.durnaeva@yandex.ru)

**Smirnov Alexander Iljich**, candidate of geologic-mineralogical sciences, deputy head of the department of geological information and monitoring, Ministry of environmental engineering and ecology of the Republic of Bashkortostan; 450006, Ufa, ul. Lenina, 86, e-mail: [smalil@mail.ru](mailto:smalil@mail.ru)