

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

УДК 624.131.1

Инженерно-геологическое районирование с использованием ГИС объектов обустройства скважин Чураковского нефтяного месторождения

Ш. Х. Гайнанов^а, А.В. Коноплев^а, С.В. Козловский^б

^аПермский государственный национальный исследовательский университет
614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: kono2003@gmail.com

^бАО «Мосинжпроект»

Москва, Ходынский б-р, 10

(Статья поступила в редакцию 29 октября 2020 г.)

В работе, используя данные космоснимков, уточняются местоположения карстовых провалов, которые не были зафиксированы в ходе полевых работ. На основе ГИС проводится инженерно-геологическое районирование территории по методу удаленности от ближайшего поверхностного карстопроявления. Представлены результаты плотностного анализа территории с использованием метода скользящего окна и комплексного инженерно-геологического районирования территории по сложности инженерно-геологической обстановки.

Ключевые слова: *геоинформационные системы, инженерно-геологические условия, районирование.*

DOI: 10.17072/psu.geol.19.4.372

Введение

В том, что владение точной и достоверной информацией есть важнейшее условие достижения успеха, уже никого не нужно убеждать. Но еще более важно уметь работать с имеющейся информацией. Методы работы с данными постоянно совершенствуются, и теперь уже привычно видеть документы, таблицы, графики, чертежи и картинки на экране компьютера. При помощи компьютера мы создаем и изменяем, извлекаем и анализируем данные. Одним из типов документов, в который компьютер вдохнул новую жизнь, стала электронная карта.

Последние десятилетия ознаменовались бумом в области применения карт, и связано это с возникновением Географических Информационных Систем (ГИС), воплотивших принципиально новый подход к работе с пространственными данными, который нашёл применение в инженерно-геологической отрасли.

Геологическая информация имеет, в по-

давляющем большинстве случаев, точную координатную привязку – как правило, по трём пространственным координатам. Это относится как к полевым наблюдениям и получаемой при этом первичной информации, так и к характеристикам и свойствам объектов, которые выявляются и оцениваются в результате обработки и интерпретации всего комплекса исходных данных.

Геоинформационные системы являются хорошим инструментом в деятельности инженер-геолога. В первую очередь для подготовки фактографического материала и решения задач, связанных с комплексным районированием (Красильников, 2020; Красильников и др. 2013; Прогнозирование ..., 2012).

В данной работе авторы хотели поделиться опытом использования ГИС на примере решения задач инженерно-геологического районирования территории вновь строящихся объектов.

Для создания необходимой инфраструктуры добывающих скважин необходимо строительство линейных объектов: выкид-

ного трубопровода, высоковольтной линии электропередач и подъездной дороги. Согласно предполагаемым проектным решениям, все эти объекты «проходят в одном коридоре», характеризуются аналогичными физико-географическими и инженерно-геологическими условиями (рис. 1).

Целью данной работы стало инженерно-геологическое районирование территории исследования и выделение потенциальных зон риска, в пределах которых необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия для снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций в период строительства и эксплуатации строящихся объектов.

Объект исследования расположен в Уинском районе Пермского края на территории Чураковского месторождения. Ближайшими населенными пунктами являются с. Суда, с. Чайка.

Территория, согласно нормативным документам, относится к климатическому району «IV». Климат континентальный, с холодной продолжительной зимой, теплым, но сравнительно коротким летом, ранними осенними и поздними весенними заморозками. Зимой часто наблюдается антициклон с сильно охлажденным воздухом.

В геоморфологическом отношении участок изысканий приурочен к правобережно-

му склону р. Судинка (правобережного притока р. Ирень), осложненному долиной руч. Степановский.

В геологическом строении территории принимают участие карбонатные и сульфатные породы иренского и филипповского горизонтов кунгурского яруса нижней перми. Коренные породы перекрыты неоген-четвертичными обвальными карстовыми образованиями и четвертичными делювиальными глинистыми отложениями с различным содержанием обломочного материала. Карст на участке изысканий относится к покрытому типу. Поверхностные проявления карста представлены в виде многочисленных карстовых воронок.

Участок изысканий относится к гидрогеологической области карстовых вод Уфимского плато. Подземные воды сульфатно-кальциевого состава с минерализацией до 3 г/л, приурочены к иренскому гипсово-ангидритовому водоносному комплексу.

В период изысканий (июнь – июль 2016 г.) подземные воды встречены в скважинах, расположенных в пойме и русле руч. Степановский. На остальных участках трасс и на исследуемой площадке выработками глубиной до 10,0 м подземные воды не обнаружены.

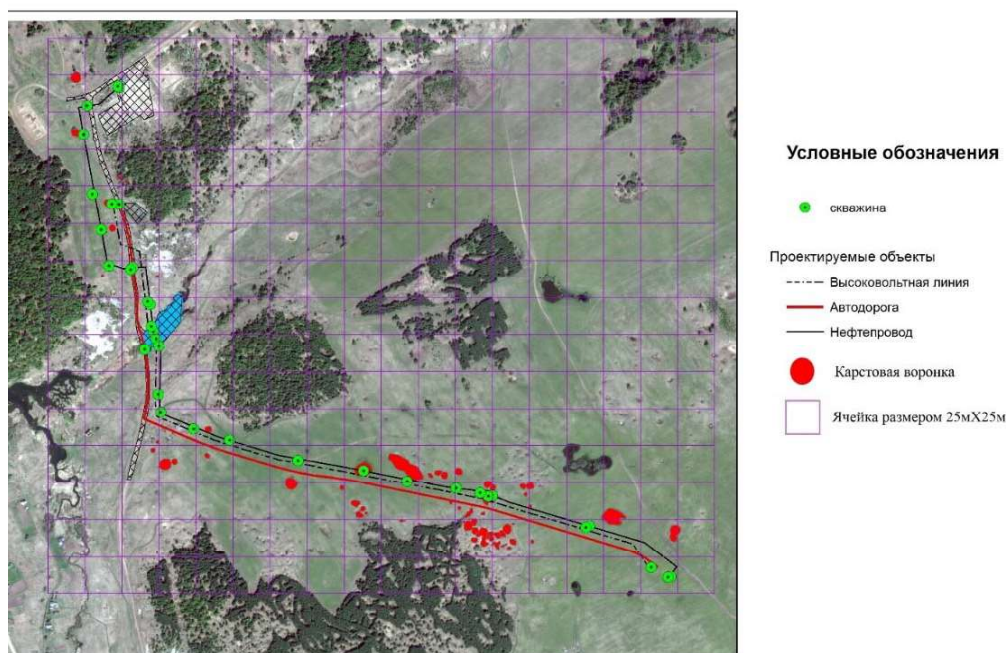


Рис. 1. Космоснимок территории исследования с проектируемыми объектами

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-кальциево-натриевые с минерализацией от 0,505 до 0,580 г/л; неагрессивны по HCO_3 , pH, SO_4 и CO_2 к бетону марки W₄, неагрессивны при периодическом смачивании и неагрессивны при постоянном погружении к арматуре железобетонных конструкций; среднеагрессивны к металлическим конструкциям при свободном доступе кислорода. По данным химического анализа воды агрессивны к карстующимся сульфатным породам (гипсы, ангидриты). В соответствии с геологическими и геоморфологическими условиями района изысканий в периоды весеннего снеготаяния и затяжных дождей возможно формирование вод типа «верховодка». Грунтовые воды питаются за счет таяния снега и инфильтрации атмосферных осадков, их разгрузка идет через водотоки и нижележащие горизонты. Режим вод сезонно-климатический; в поймах водотоков – сезонно-гидрологический, определяется положением уровня воды в водотоках.

Инженерно-геологические изыскания проводились с целью определения геологического строения, литологического состава, физико-механических свойств грунтов, гидрогеологических условий, химического состава и степени агрессивности подземных вод, выявления неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений.

Полевые инженерно-геологические работы выполнены в июне – июле 2016 г. В процессе полевых работ проведено инженерно-геологическое рекогносцировочное обследование местности с подробным описанием и бурение инженерно-геологических скважин глубиной до 10 м.

Кроме того, для оценки и изучения подземной закарстованности было пробурено несколько скважин глубиной 50,0 м.

В процессе бурения скважин велось порейсовое описание всех встреченных литологических разновидностей грунтов с отражением их текстурных и структурных особенностей, отмечались все встреченные водоносные горизонты. Из скважин отобраны пробы грунта нарушенной и ненарушенной структуры (монолиты) послойно или поинтервально для определения его номенклатурного вида, физико-механических харак-

теристик, гранулометрического состава, содержания органических веществ; отобраны пробы воды для стандартного химического анализа.

Инженерно-геологическое строение территории исследования

По трассам в местах пересечения с автомобильными дорогами встречены насыпные грунты мощностью от 0,4 до 2,0 м.

Практически повсеместно с поверхности развит почвенно-растительный слой толщиной от 0,1 до 0,2 м.

Геолого-литологический разрез до глубины 10,0 м следующий (сверху-вниз):

- четвертичная система (Q)
- техногенные грунты (tQ).

Насыпной суглинок темно-коричневый, тяжелый, песчанистый, полутвердый, с единичными включениями дресвы и щебня известняка и гипса, в скважине 2 с поверхности до глубины 0,1 м – щебень известняка низкой прочности выветрелого, трещиноватого. Грунт слежавшийся, отсыпан сухим способом, давность отсыпки более 5 лет. Встречен скважинами 2, 3, 4 и 7а на участках существующей автомобильной дороги. Мощность слоя от 0,4 до 2,0 м.

Аллювиально-биогенные отложения (abQ). Суглинок серый легкий, песчанистый, мягкопластичный, с высоким содержанием органического вещества. Имеет ограниченное распространение, встречен скважинами 6, 6а и 16, пройденными в пойме и русле руч. Степановский. Мощность слоя от 0,2 до 0,3 м.

Делювиальные отложения (dQ). Суглинок коричневый, светло-коричневый, тяжелый песчанистый, тяжелый пылеватый, полутвердый, тугопластичный, на отдельных участках с единичными включениями дресвы и щебня известняка и гипса. Вскрытая мощность слоя от 1,0 до 7,8 м.

Обвально-карстовые отложения (N-Q). Суглинок коричневый дресвяный, щебенистый, полутвердый, тугопластичный, содержание дресвы и щебня гипса и известняка до 30–45%. Мощность слоя от 2,6 до 6,2 м.

Дресвяный грунт средней степени водонасыщения, содержание дресвы и щебня

гипса серовато-белого, низкой прочности, сильно выветрелого, трещиноватого до 72-73%. Вскрытая мощность слоя от 0,6 до 5,7 м.

Пермская система (P). Нижнепермские отложения (P₁). Гипс серый, бело-серый, серовато-белый, светло-серый, пониженной прочности, слабыветрелый, неразмягчаемый, трещиноватый. Вскрытая мощность гипса от 1,0 до 6,2 м.

По результатам бурения скважины глубиной до 50,0 м в геологическом строении участка изысканий принимают участие породы нижнепермской системы, представленные ангидритами, аргиллитоподобными суглинками, известняками и гипсами (вскрыты на глубине 3,8 м), перекрытые обвальнo-карстовыми суглинками дресвяными (вскрыты на глубине 1,2 м) и глинистыми делювиальными отложениями.

Инженерно-геологические процессы

При инженерно-геологической оценке территории основное внимание уделяется геологическим процессам. Степень распространения и интенсивность проявления этих процессов во многом определяют устойчивость геологической среды к техногенным воздействиям. На территории исследуемого участка наиболее характерными процессами являются карст и подтопление.

Наиболее опасны для развития карстовых процессов участки трассы, где кровля гипсов, являющихся хорошо растворимыми породами, подходит очень близко к поверхности земли.

Во время снеготаяния и обильных продолжительных дождей сильноагрессивные поверхностные воды поглощаются карстово-эрозионными логами, воронками, растворяют обломочный материал карбонатно-сульфатных пород, находящихся близко к поверхности земли. На менее проницаемых породах образуется горизонт карстовых вод, создающих зону горизонтальной циркуляции. Все это формирует условия для развития подземного, а затем и поверхностного карста. В связи со строительным освоением территории гидрогеологическая обстановка меняется преимущественно в худшую сторону.

Карст. Поверхностные проявления карста, представленные в виде карстовых воронок, были встречены в коридоре проектируемой трассы. В период рекогносцировочных работ было зафиксировано 8 блюдцеобразных карстовых воронок, 25 конусообразных и 27 чашеобразных воронок овальной, округлой и сложной формы. Размеры воронок в плане от 4,1×4,0 до 111,0×25,9 м, глубина от 0,1 до 7,6 м. Дно и борта воронок задернованы, у отдельных воронок – залесены, а также встречены воронки, дно и борта которых поросли кустарником (ива) и камышом, дно сухое.

Подтопление. Отдельные участки территории исследования, согласно нормативной документации, относятся к подтопленным в естественных условиях, а по времени развития процесса являются постоянно подтопленными. Другие же относятся к неподтопленным в силу геологических, гидрогеологических, топографических и других естественных причин, во время развития процесса подтопление отсутствует и не прогнозируется в будущем.

Основными причинами возникновения и развития подтопления также могут являться техногенные утечки из водонесущих коммуникаций; нарушение естественного стока при проведении строительных работ; барражный эффект при строительстве заглубленных подземных сооружений; конденсация влаги под основаниями зданий и сооружений. Подтопление подземными водами ведет к водонасыщению грунтов оснований, ухудшению их деформационных характеристик и изменению напряженного состояния сжимаемой толщи основания. Водонасыщение грунтов при подъеме подземных вод может привести к дополнительным деформациям оснований, в том числе вследствие дополнительных осадок.

Проявления всех опасных процессов, протекающих в пределах территории исследования, необходимо выносить на картографическую основу для своевременного принятия соответствующих мероприятий. В качестве основного инструмента для подготовки картографического материала использовались геоинформационные системы, преимущества и популярность которых для

решения инженерно-геологических задач положительно оценивается многими специалистами. Кроме того, ГИС не только позволяют готовить графические приложения, но и обладают значительными инструментами пространственного анализа, дающими возможность напрямую подключиться к бесплатно распространяемым данным дистанционного зондирования Земли, таким как цифровые модели рельефа и космоснимки. Далее данные топогеодезических работ, созданных в AutoCAD, открывались в геоинформационной системе и средствами ArcGIS совмещались с космоснимками Google Earth.

Дальнейшая камеральная обработка данных позволила по материалам космоснимков зафиксировать дополнительные карстовые воронки, которые не были обнаружены полевой группой при проведении рекогносцировочных обследований.

Синтез данных средствами ГИС позволил подготовить ряд тематических карт на территории исследования: карту плотности карстовых провалов; карту распространения специфических грунтов, карстовых воронок, зон подтопления; карту инженерно-геологического районирования по методу

удаленности от ближайшего поверхностного карстопоявления (Середин и др., 2012).

Для составления карты плотности карстовых провалов вся территория исследования разбивалась на квадратные ячейки со стороной 25 м. Инструментарии ГИС позволили с минимальными трудозатратами подсчитать площади карстовых воронок, попадающих в оценочную ячейку, с занесением в атрибутивную таблицу соответствующей записи. Дальнейшая картографическая обработка полученных значений позволила получить карту плотности карстовых провалов (рис. 2). Далее в геоинформационном проекте оцифровывались территории распространения специфических грунтов, зон подтопления и местоположения карстовых воронок.

Составление карты инженерно-геологического районирования по методу удаленности от ближайшего поверхностного карстопоявления выполнялось в соответствии с территориальными строительными нормами.

Для этого вокруг выявленных и закартированных поверхностных карстовых форм строились буферные зоны со значениями, указанными в таблице. Этим зонам присваи-

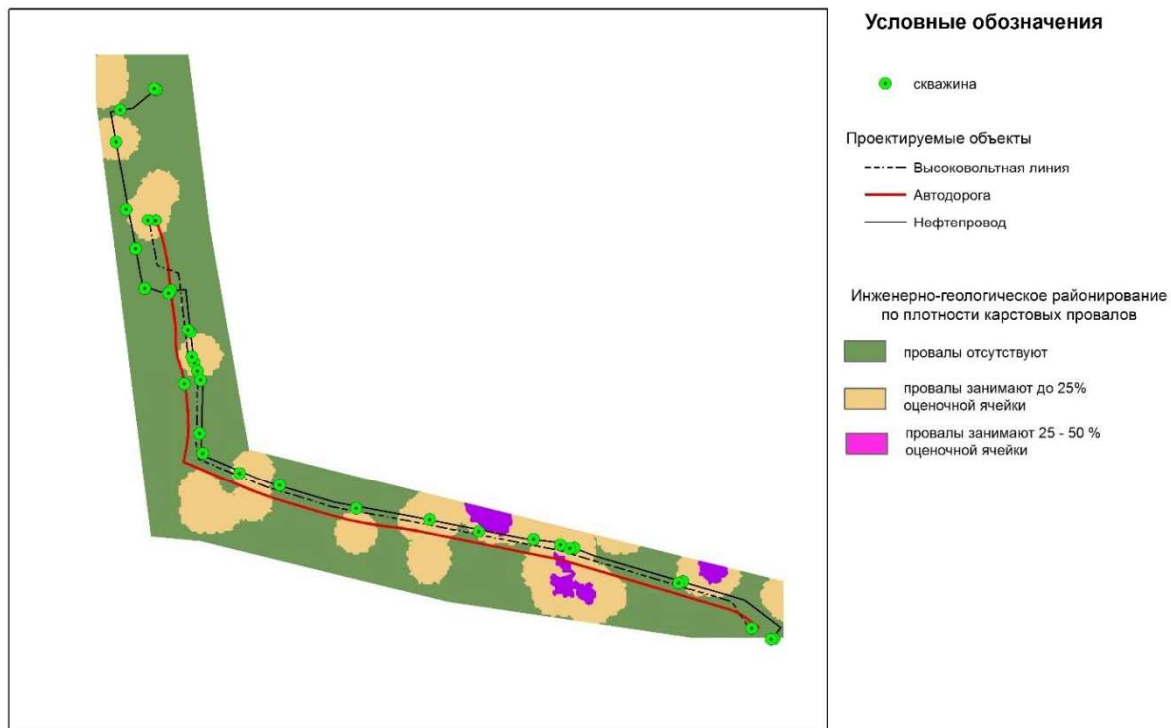


Рис. 2. Карта плотности карстовых провалов

влась соответствующая категория, и готовился результирующий картографический материал (рис.3).

При построении результирующей карты использовался метод скользящего окна. Для этого необходимо было определиться с элементарной оценочной ячейкой. Ячейка служит объектом, сохраняющим результирующие данные синтеза всех перечисленных выше значений. Ячейка может быть любой формы (круг, квадрат, прямоугольник) с перекрытием или без него. А может быть выбрана ячейка произвольной формы, отвечающая поставленной задаче и соответствующая

особенностям территории исследования (Барский и др., 2008).

В данном случае использовалась оценочная ячейка размером 25 x 25 м. Используя стандартные возможности геоинформационных систем, полученные полигоны преобразованы в центроиды и по ним построена регулярная сетка (GRID).

Далее, используя возможности оверлейного анализа в ГИС и осуществляя переклассификацию итогового грида, получена карта инженерно-геологического районирования территории, выраженная в балльной оценке (рис.4).

Таблица. Категории устойчивости по удалению от поверхностных карстовых форм (в соответствии с нормативными документами)

Признак	Категория устойчивости				
	I	II	III	IV	V
Удаленность от ближайшего поверхностного карстопроявления, м	Сам провал	Древние воронки, один диаметр от провала	<100	100 – 250	>250

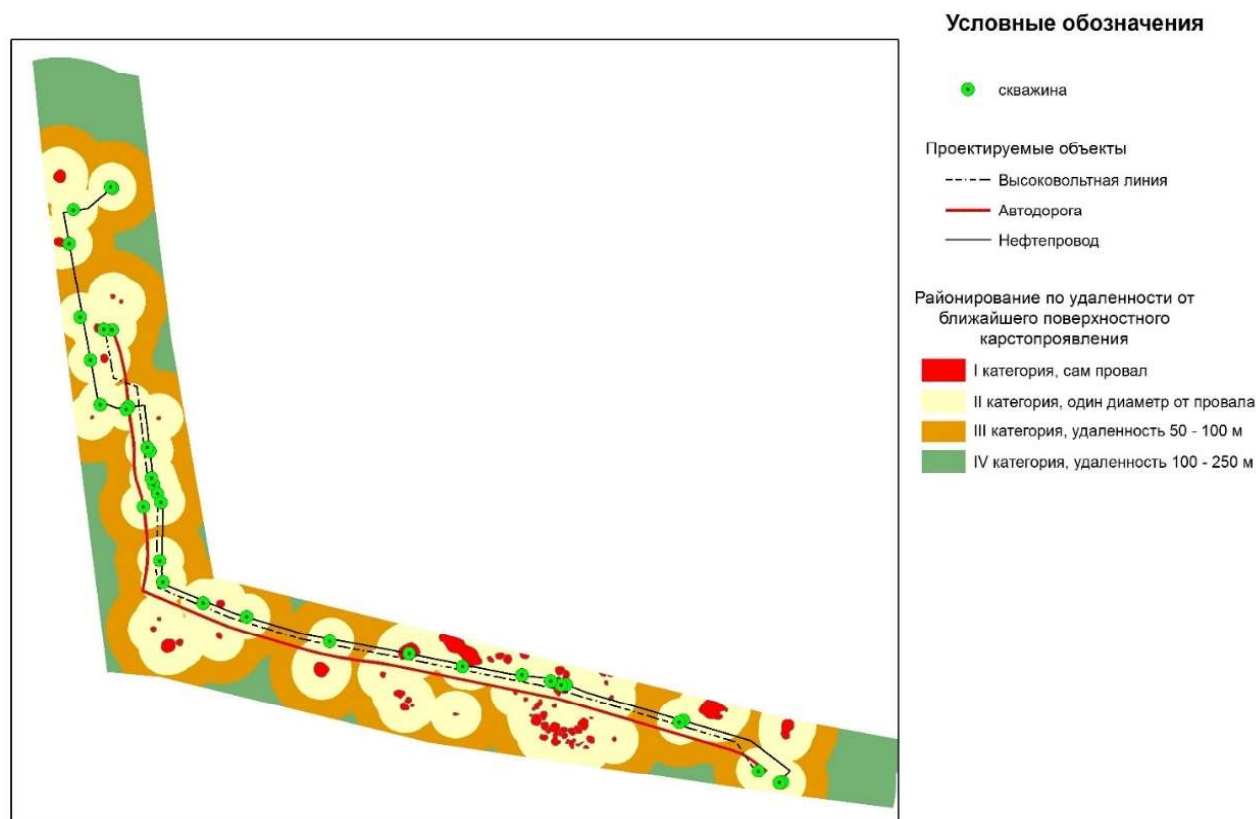


Рис. 3. Карта инженерно-геологического районирования по методу удаленности от ближайшего поверхностного карстопроявления



Рис. 4. Карта инженерно-геологического районирования территории

Заключение

Необходимо отметить, что подготовка и создание иллюстрирующего материала по инженерно-геологическому строению территории исследования, включающего карту фактографического материала, тематические карты инженерно-геологических условий и карту комплексного инженерно-геологического районирования, занимают много времени. Оформление и подготовка такого графического материала, требуемого для написания технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий, в среднестатистической организации занимает более 50% трудозатрат специалистов. Использование геоинформационных систем для решения этих задач позволит более эффективно организовать работу инженер-геолога. Возможность вовлечения в картопостроение данных с бесплатно распространяемых картографических сервисов, технологии использования которых также доступны в современных ГИС, позволяет оптимизировать ресурсы и выявлять упущенные в ходе рекогносцировочных исследова-

ований различные поверхностные объекты. На данном примере показано, что на их основе можно выделять и фиксировать карстовые провалы и проводить плотностной анализ карстовых форм на территории исследования.

Библиографический список

- Барский М.Г., Коноплев А.В., Хронусов В.В., Кривошеков С.Н. Новый инструмент пространственного анализа геолого-геофизической информации – Template Analyst // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 8. С. 17–20.
- Красильников П.А. Использование геоинформационных систем для решения прогнозных инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19, № 1. С. 65–72.
- Красильников П.А., Коноплев А.В., Кустов И.В., Красильникова С.А. Геоинформационное обеспечение инженерно-экологических изысканий // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–14. С. 3161–3165.
- Середин В.В., Галкин В.И., Растегаев А.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В. Прогнозирование

ние карстовой опасности при инженерно-геологическом районировании территорий // Инженерная геология. 2012. № 2. С. 40–45.

Середин В.В., Красильников П.А. Инженерно-геологическое районирование, основанное на

многомерной оценке классификационного показателя // Вестник Пермского университета. Геология. 2016. № 2 (31). С. 48–54.

Using GIS for Engineering and Geological Zoning for Wells Construction in the Churakovskoye Oil Field

Sh.Kh. Gaynanov^a, A.V. Konoplev^a, S.V. Kozlovskiy^b

^aPerm State University

15 Bukireva str., Perm 614990, Russia. E-mail: kono2003@gmail.com

^bJSC Mosingproekt

10 Khodynsky Blv., Moskva, Russia

In this work, the location of the karst sinkholes not recorded during field work was mapped using satellite imagery data. Based on GIS, engineering-geological zoning of the territory was carried out by the method of distance from the nearest surface karst occurrence. The results of the sinkholes density analysis of the territory conducted using the sliding window method are presented. The complex engineering-geological zonation of the territory was carried out according to the complexity of the engineering-geological situation.

Key words: *geographic information system; geotechnical conditions; regionalization*

References

Barskiy M.G., Konoplev A.V., Hronusov V.V., Krivoshechekov S.N. 2008. Novyy instrument prostranstvennogo analiza geologo-geofizicheskoy informatsii – Template Analyst [New instrumentation for spatial analysis of the geological geophysical information – Template Analyst]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*. 8:17-20. (in Russian)

Krasilnikov P.A. 2020. Ispolzovanie geoinformatsionnykh sistem dlya resheniya prognoznykh inzhenerno-geologicheskikh zadach pri razrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Geoinformation Technology of Engineering-Geological Forecasting in the Development of Mineral Deposits]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 19(1):65-72. (in Russian)

Krasilnikov P.A., Konoplev A.V., Kustov I.V., Krasilnikova S.A. 2013. Geoinformatsionnoe obe-

spechenie inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniy [Geoinformation support of the engineering-geological survey]. *Fundamentalnye issledovaniya*. 10-14:3161-3165. (in Russian)

Seredin V.V., Galkin V.I., Rastegaev A.V., Leybovich L.O., Pushkareva M.V. 2012. Prognozirovaniye karstovoy opasnosti pri inzhenerno-geologicheskom rayonirovaniy territoriy [Prediction of karst hazard in engineering-geological zoning of territory]. *Inzhenernaya geologiya*. 2:40-45. (in Russian)

Seredin V.V., Krasilnikov P.A. 2016. Inzhenerno-geologicheskoe rayonirovaniye, osnovannoe na mnogomernoy otsenke klassifika-tsionnogo pokazatelya [Methodology of geological engineering zonation based on a multidimensional assessment of classification index]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 2(31):48-54. (in Russian)