

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ — ОСНОВА БЕЗОПАСНОГО ОСВОЕНИЯ ТЕХНОГЕННО НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ)

*Рассмотрены научные и прикладные проблемы, связанные с работами ВСЕГИНГЕО по составлению инженерно-геологических карт масштаба 1:1 000 000 нового поколения. Создание новой системы региональных инженерно-геологических исследований разного масштаба, базирующихся на современных ГИС-технологиях, обуславливает принципиально иной уровень и состав информации для обеспечения техноприродной безопасности при планировании и реализации техногенных нагрузок. Рассмотрены особенности инженерно-геологической карты масштаба 1:1 000 000 нового поколения листа N-37 (Москва). **Ключевые слова:** инженерно-геологические карты, инженерно-геологические условия, таксоны районирования, типизация инженерно-геологических обстановок, проявления опасных экзогенных и других современных процессов в естественных и нарушенных условиях.*

Molodykh Iv.I., Sirotkin D.V. (VSEGIN GEO)

ENGINEERING-GEOLOGICAL MAPS OF A NEW GENERATION — THE BASIS FOR RATIONAL DEVELOPMENT OF ANTHROPOGENICALLY LOADED TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF THE MOSCOW SYNECLOSE)

*Scientific and applied problems connected with the VSEGIN-GEO works on compilation of engineering-geological maps of scale 1:1 000 000 of a new generation are discussed. Creation of a new system of different-scaled regional engineering-geological investigations, based on modern GIS-technologies, ensures a principally new level and content of information to provide techno-natural safety while planning and realization of anthropogenic loads. There are described the peculiarities of the engineering-geological map of scale 1:1 000 000 of a new generation of Sheet N-37 (Moscow). **Key words:** engineering-geological maps, engineering-geological conditions, taxons of zoning, classification of engineering-geological situations, manifestations of hazardous exogenic and other current processes in natural and disturbed conditions.*

Создание системы современных инженерно-геологических карт масштаба 1:1 000 000 нового поколения в настоящее время приобретает исключительно важное значение. Это обусловлено наличием в России огромных территорий, где инженерно-геологические условия либо существенным образом изменены вследствие интенсивных техногенных трансформаций, либо изучены крайне слабо, но в связи с перспективами освоения минеральных ресурсов или планируемым крупным промышленным, гражданским и линейным строительством, возникает острая необходимость в инженерно-геологических обоснованиях безопасной реализации проектов. В первую очередь это относится к структурированным и актуализированным сведениям об инженерно-геологических условиях территорий —

составе и свойствах геологической среды, их изменении при строительном и хозяйственном освоении, устойчивости массивов горных пород, факторах и условиях распространения, активности опасных геологических процессов, интенсивности техногенных воздействий, а также о перспективах безопасного использования осваиваемых массивов. Создание мелкомасштабных инженерно-геологических карт территории Российской Федерации в границах листов международной разграфки является новым шагом в развитии современного инженерно-геологического картографирования в прикладном и научно-методическом аспектах. Создание карт инженерно-геологического содержания масштаба 1:1 000 000 территории листа N-37 (Москва), преимущественную часть которого занимает Московская синеклиза и ее обрамление, следует рассматривать в качестве начального этапа работ по современному инженерно-геологическому картографированию России. На основании имеющегося комплекса геологической и инженерно-геологической информации производится составление инженерно-геологических карт масштаба 1:1 000 000, которые впоследствии следует актуализировать посредством незначительного объема полевых, лабораторных и специальных работ.

Место, занимаемое полистным инженерно-геологическим картографированием масштаба 1:1 000 000 среди региональных инженерно-геологических работ, определяет круг решаемых задач, в числе которых выделяется оценка устойчивости геологической среды с учетом воздействия сложного комплекса техноприродных факторов и условий наличия и выявления перспективных для освоения участков.

Результаты работ следующие:

произведена оценка геологической изученности территории листа N-37 (Москва) и составлены соответствующие картограммы изученности;

составлен комплект карт инженерно-геологического содержания масштаба 1:1 000 000 по территории листа N-37 (Москва), включающий карту инженерно-геологических условий, карту общего инженерно-геологического районирования, карту развития экзогенных геологических процессов, карту районирования по пораженности экзогенными геологическими процессами;

разработана схема типизации разреза по инженерно-геологическим свойствам пород;

создан структурированный фонд фактографической и картографической инженерно-геологической информации с использованием современных ГИС-технологий;

разработаны рекомендации по оптимизации ведения мониторинга экзогенных геологических процессов;

на основе комплекса инженерно-геологических критериев выделены площади для проведения первоочередных среднемасштабных инженерно-геологических работ, отображенные на карте общего инженерно-геологического районирования с рекомендациями по их постановке.

Территория проведенных работ охватывает сложную как в природном, так и в техногенном отношении наиболее населенную и освоенную часть Центрального Федерального округа (ФО) Российской Федерации,

включая юг, запад и восток Московской городской агломерации. Она расположена в центральной части Русской платформы и имеет мощный осадочный чехол; полностью перекрыта с поверхности плащом четвертичных образований, за исключением локальных выходов дочетвертичных пород в склонах речных долин, балок, оврагов и карьеров по добыче полезных ископаемых. Преобладают обнажения пород четвертичного, неогенового и мезозойского возраста; по долинам рек Ока, Москва и другим склонам вскрыты толщи пород каменноугольного возраста, а на юго-западе территории (Среднерусская возвышенность) в эрозионных врезах на поверхность выходят породы девонского возраста. Таким образом, по комплексу критериев сложности геологической среды южную часть Московской синеклизы и ее обрамление следует отнести к категории площадей с весьма сложными инженерно-геологическими условиями, находящимися под воздействием мощных и разноплановых техногенных нагрузок.

Рассмотрим методические аспекты проведенного инженерно-геологического картографирования. Данные работы являются дальнейшим шагом в развитии современного инженерно-геологического картографирования территории России. При мелкомасштабном инженерно-геологическом картографировании развивается и совершенствуется идеология региональных инженерно-геологических исследований, обоснованная при создании современной инженерно-геологической карты Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 (В.С. Круподеров и др., 2010).

Созданные карты инженерно-геологической направленности листа N-37 (Москва) базируются на теоретических и методических подходах, разработанных

во ВСЕГИНГЕО и опираются на последние достижения наук о Земле. Принятые при их составлении методические подходы к инженерно-геологическому картографированию соответствуют современному уровню развития региональной инженерной геологии.

На основе составленной карты инженерно-геологических условий для выявления закономерностей их пространственного изменения выполнено инженерно-геологическое районирование (рис. 1). Таксономические единицы, использованные при составлении карты, позволили обособить территории однородные по приоритетным компонентам инженерно-геологических условий — составу и современному состоянию грунтов верхней части геологического разреза. Решающую роль в проведении работ в информационно-аналитическом и методико-технологическом отношении сыграло использование современных компьютерных технологий, адаптация которых выполнена в данном проекте для задач мелкомасштабного инженерно-геологического картографирования. ГИС-карты инженерно-геологических условий, инженерно-геологического районирования и других представляют собой общую цифровую модель инженерно-геологических условий и таксонов инженерно-геологического районирования части территории России.

Основой для организации дальнейших работ по инженерно-геологическому картографированию и оптимизации государственного мониторинга состояния недр являются выявленные в процессе составления карты природные и техноприродные факторы формирования инженерно-геологических условий и территории, проблемные по условиям использования, т.е. характеризующиеся сложными инженерно-геоло-

гическими условиями, интенсивно и глубоко трансформируемые техногенным воздействием, пораженные опасными экзогенными геологическими процессами и геологическими опасностями освоения.

Создание инженерно-геологической карты представляет, по сути, составление двух карт — карты инженерно-геологических условий и инженерно-геологического районирования. Информационной основой карт являются вспомогательные карты: геологическая, четвертичных отложений, неотектоническая, геоморфологическая, геоэкологическая, ландшафтная, гидрогеологическая, современных геологических процессов масштаба 1:1 000 000. Помимо основных и вспомогательных карт для составления

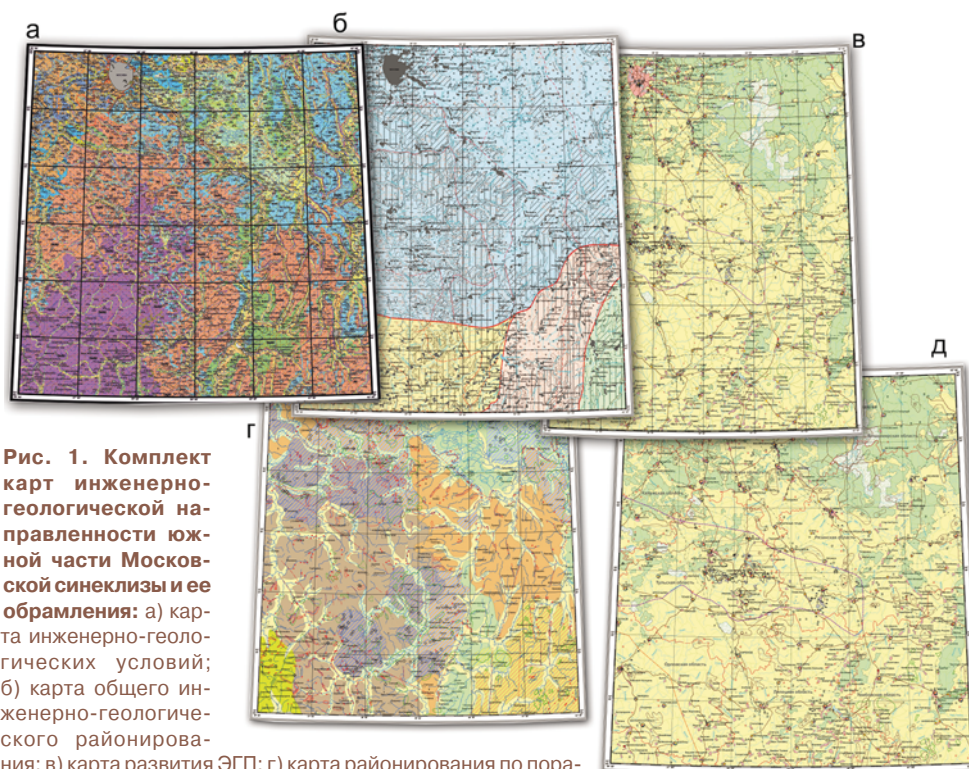


Рис. 1. Комплект карт инженерно-геологической направленности южной части Московской синеклизы и ее обрамления: а) карта инженерно-геологических условий; б) карта общего инженерно-геологического районирования; в) карта развития ЭГП; г) карта районирования по пораженности ЭГП; д) карта техногенной нагруженности

инженерно-геологической карты использованы многие региональные мелкомасштабные карты, имеющиеся в фондах ФГУП «ВСЕГИНГЕО» и Росгеолфонде.

Для детализации инженерно-геологической информации использовались также карты четвертичных отложений и геологические карты масштаба 1:1 000 000 (из комплектов Государственной геологической карты Российской Федерации нового поколения, комплектов ГОСГЕОЛКАРТА — 200 и пояснительных записок к ним), а также из фондовых и опубликованных инженерно-геологических источников. Составление карт в форме ГИС осуществлено путем послойного наполнения карт характеристиками картографируемых объектов с одновременным заполнением атрибутивных таблиц.

Создаваемая карта имеет цифровой вариант в виде геоинформационной системы, включающей фонд структурированной фактографической и картографической информации. На основании карты инженерно-геологических условий уточнены границы инженерно-геологических таксонов карты инженерно-геологического районирования.

На конечной стадии проведения работ выполнена окончательная редакция информационной структуры картографической модели инженерно-геологической карты, в том числе легенд к картам. Выполнена окончательная редакция геологической и инженерно-геологических электронных карт с учетом общей системы знаков. Сформированы макеты печати, зарамочное оформление и условные обозначения к картам. Выполнены формальные требования, предъявляемые к ГИС в геологической отрасли.

Методика составления карты развития экзогенных геологических процессов листа N-37 (Москва) масштаба 1:1 000 000 состоит в следующем.

За основу взяты границы парагенетических комплексов экзогенных геологических процессов (ЭГП), выделенные на карте экзогенных геологических процессов Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 (ВСЕГИНГЕО, 2000). В основе выделения данных парагенетических комплексов лежат факторы и условия развития ЭГП.

Выделяемые парагенетические комплексы ЭГП в зависимости от условий развития характеризуются составом процессов, относительным положением процессов в комплексах и интенсивностью проявления ведущего процесса в границах распространения этих комплексов. На территории листа N-37 всего выделено девять парагенетических комплексов, размещенных в матричной таблице, в которой приведены ЭГП, расположенные в иерархической последовательности по их относительной роли. Первые места в списке отводятся процессам, наиболее распространенным на территории комплекса, а последующие — второстепенным или возможным. Комплексы ЭГП обозначены цветом и определенным номером. При этом положение комплексов в матричной таблице отражает их принадлежность к определенной группе пород, а также геоморфологическую обусловленность развития комплексов.

Для детализации границ парагенетических комплексов при их переносе на масштаб 1:1 000 000 использовались Государственная геологическая карта РФ мас-

штаба 1:1 000 000 и Карта экзогенных геологических процессов Центрального ФО РФ масштаба 1:1 000 000 (Геоцентр-Москва, 2007), как базового источника актуальной информации о площадных и локальных проявлениях экзогенных геологических процессов.

Подверженность той или иной территории экзогенным геологическим процессам обуславливается разнообразием факторов, среди которых выделяют:

литологические (генезис и состав горных пород, характеризующихся определенными физико-механическими свойствами);

морфологические (принадлежность территории к определенным морфоструктурам и высотным поясам — высокогорье, среднегорье, низкогорье, межгорные и предгорные впадины, платформенные поднятия, высокие равнины, низкие равнины, крупные долины рек, каждая из которых характеризуется определенной крутизной склонов и изрезанностью);

тектонические (принадлежность территории к крупным геоструктурам — платформенным или горно-складчатым регионам, сейсмичность, современные вертикальные движения земной коры);

климатические (степень увлажненности и температурный режим территории);

геокриологические (распространение и свойства многолетнемерзлых пород в активной зоне под фундаментами сооружений).

Данные факторы определяют не только проявление соответствующих процессов, но и интенсивность их развития, которая обуславливает пораженность территории.

В качестве информационного базиса оценок пораженности ЭГП использовалась Карта экзогенных геологических процессов России масштаба 1:2 500 000 (ВСЕГИНГЕО, 2010), при составлении которой с помощью экспертных оценок была проведена следующая градация величины пораженности территории экзогенными геологическими процессами: низкая — менее 5 %; средняя — 5–25 %; высокая — более 25 %. На исследуемой территории расположены участки с низкой и средней степенью пораженности ЭГП.

Основным источником актуальной информации о площадных и локальных проявлениях экзогенных геологических процессов являлась Карта экзогенных геологических процессов Центрального ФО РФ масштаба 1:1 000 000 (Геоцентр-Москва, 2007). На основании информации о распространении процессов с указанной карты была проведена коррекция границ ранее выделенных участков пораженности. Изменения коснулись участка Мещерской низменности, которая охватывает восток Московской, запад Владимирской и север Рязанской областей. Согласно актуальным данным о проявлениях ЭГП на этом участке широко распространены процессы заболачивания, пораженность которыми охватывает значительно более 5 % территории, достигая и 25 %, однако точный расчет провести в настоящее время не представляется возможным. Помимо этого, на данной территории расположены участки карстопроявлений, приуроченные к отложениям верхнего отдела каменноугольной системы и нижнего отдела пермской системы. На основании этого пораженность описываемого участка карты была изменена

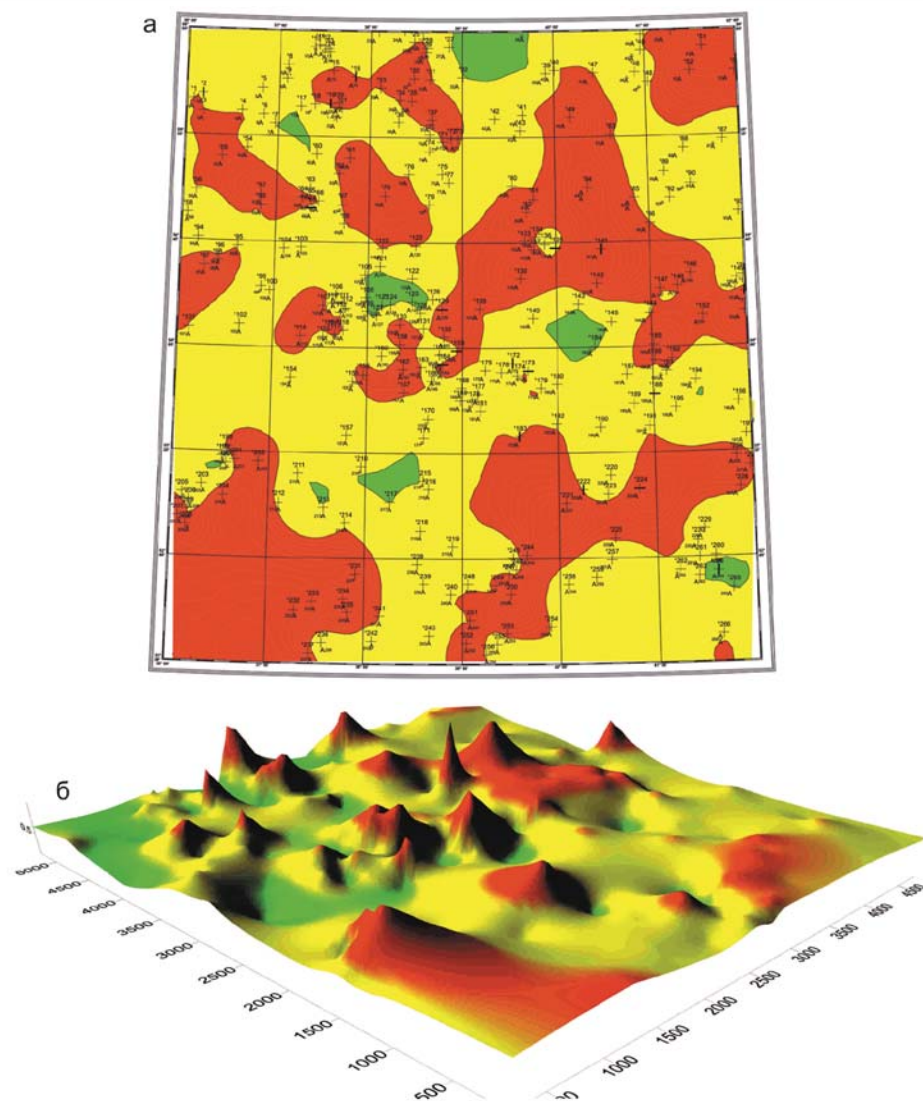


Рис. 2. Схема типизации разреза по инженерно-геологическим свойствам пород: а) схематическая карта типизации разреза по сложности инженерно-геологических условий; б) 3D модель пространственного распределения грунтов с различными деформационными характеристиками в пределах верхней части разреза

со слабой на среднюю. Более детализированная актуализация границ пораженности листа N-37 по имеющимся данным затруднена.

В качестве тектонического фактора развития экзогенных геологических процессов на карту вынесены линеаменты. К зонам разрывных нарушений приурочены области повышенной трещиноватости пород, что является причиной интенсификации развития экзогенных геологических процессов. На территории листа N-37 и вблизи него отсутствуют сейсмоочаги, возможны только редкие незначительные отголоски сейсмособытий Карпатского региона, поэтому обозначение степени сейсмичности территории на данной карте не представляется целесообразным.

Схема типизации разреза по инженерно-геологическим свойствам пород предназначена для характеристики пространственных изменений основных картируемых показателей (рис. 2).

В состав работ входит: анализ и оценка территории листа по факторам, определяющим сложность

ИГУ; структурирование информации по характеристикам каждого компонента ИГУ; выявление критических в плане существующих и/или возможных нарушений устойчивости территорий; обоснование мероприятий по предупреждению негативных ситуаций, связанных с ухудшением ИГУ.

В результате составлены: схематическая карта типизации территории листа с учетом прочностных и деформационных свойств (рис. 2а), где по светофорному принципу выделены площади в разной степени благоприятные для освоения и использования; серия объемных моделей по отдельным показателям. На рис. 2б в качестве примера приведена одна из таких моделей. В целом представленная схема позволяет даже на исходных этапах реализации проектов выделить так называемые зоны «повышенного риска», для которых следует детализировать исследования и укрупнить масштабы работ.

Схема типизации разреза по инженерно-геологическим свойствам пород позволила определить пространственное расположение участков с различной степенью сложности ИГУ и соответственно спланировать состав и объемы инженерно-геологических исследований, а также обосновать необходимость проведения комплекса инженерно-геологических исследований для поддержания устойчивого состояния массивов горных пород при существующей и планируемой техногенной нагрузке.

© Молодых Ив.И., Сироткин Д.В., 2015

Молодых Иван Иннокентьевич // vsegingeo@rambler.ru
Сироткин Дмитрий Валерьевич // dsirotkin@mail.ru

УДК 551.377 (477) 583

Мальнева И.В. (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»), Кононова Н.К. (Институт географии РАН)

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА ПРИ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ

Собраны и проанализированы данные о проявлении селей на территории Крыма в XX — XXI вв. Анализ проводился по разработанной авторами методике, позволяющей дать оценку активности селей на основании конкретных