

Научная статья

УДК: 004.9:550.8:528(470)

doi.org/10.52349/0869-7892_2025_103_39-50

Ключевые слова: мониторинг, Государственная геологическая карта, база данных, Единая геолого-картографическая модель, информационный ресурс, публикация данных

Благодарности: работы выполнены в рамках Государственного задания Федерального агентства по недропользованию № 049-00004-25-00.

Для цитирования: Ланг Е. И., Коваленко Е. А. Технологическое обеспечение Мониторинга государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа в рамках Единой геолого-картографической модели // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 3. С. 39–50. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_103_39-50

Original article

UDC 004.9:550.8:528(470)

doi.org/10.52349/0869-7892_2025_103_39-50

Keywords: monitoring, State Geological Map, database, Unified geological-cartographic model, data resource, data publication



© Е. И. Ланг, Е. А. Коваленко, 2025

Технологическое обеспечение Мониторинга государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа в рамках Единой геолого-картографической модели

Е. И. Ланг[✉], Е. А. Коваленко

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия, Ekaterina_Lang@karpinskyinstitute.ru[✉]

Аннотация. Статья посвящена описанию технологического обеспечения работ по Мониторингу государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения (ГК-1000/3) территории Российской Федерации и ее континентального шельфа. Используемые в работе данные получены в период с 2002 по 2025 г. при проведении ГК-1000/3. В статье описаны ключевые информационные ресурсы, применяемые при проведении мониторинга. Информационный ресурс «Серийные легенды» создавался для актуализации легенд серий листов ГК-1000/3, однако в настоящее время он включен в работу по мониторингу: его функционал существенно расширен для работы с полистными легендами, а также добавлена возможность генерации условных обозначений для публикации данных Единой геолого-картографической модели. Веб-приложение gdkmon-webmap позволяет обращаться к данным базы модели посредством сети Интернет. Программа-загрузчик в базу Единой геолого-картографической модели и программа автоматической проверки MapInspector позволяют не только загружать данные комплектов, но и проверять их на соответствие нормативным документам. Кроме того, в статье представлены сведения о составе данных, технологии их проверки и загрузки, публикации, а также о работе с информационными ресурсами при обращении к данным.

Technological support for Monitoring the State Geological Map of the Russian Federation and its continental shelf at a scale of 1 : 1,000,000 within the Unified geological-cartographic model

Е. I. Lang[✉], E. A. Kovalenko

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia, Ekaterina_Lang@karpinskyinstitute.ru[✉]

Abstract. The paper describes technological support for Monitoring the State Geological Map of the Russian Federation and its continental shelf at a scale of 1 : 1,000,000, third generation (SGM-1000/3). Monitoring the SGM-1000/3 from 2002 to 2025 provided data for the paper. The article describes key data resources for the SGM-1000/3 monitoring activities. The *Serial Legends* data resource was originally

Acknowledgments: the Federal Subsoil Resources Management Agency supported the research (state geological study no. 049-00004-25-00).

For citation: Lang E. I., Kovalenko E. A. Technological support for Monitoring the State Geological Map of the Russian Federation and its continental shelf at a scale of 1 : 1,000,000 within the Unified geological-cartographic model. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (3): 39–50. https://doi.org/10.52349/086-9-7892_2025_103_39-50

created to update series legends of the SGM-1000/3 sheets, although it is currently integrated into the monitoring activity and significantly expanded to work with sheet legends, allowing for generating symbols in the data publication application of the Unified geological-cartographic model. The web application *ggkmon-webmap* enables access to the Model database via the Internet. The data loader program for the Unified geological-cartographic model database and the automated data verification program *MapInspector* not only facilitate map sets data upload but also validate against regulatory documents. Additionally, the article provides an overview of data content, verification and loading technologies, data publication, and procedures to work with data resources when accessing data.

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа — это работы, которые ведутся Всероссийским научно-исследовательским геологическим институтом им. А. П. Карпинского (далее — Институт Карпинского) и другими организациями с 2021 г. Основная идея мониторинга — создание постоянно актуализируемого покрытия территории страны картами и схемами комплекта Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 (далее — ГК-1000), основанного на данных листов третьего поколения в рамках Единой геолого-картографической модели (далее — ЕГКМ) [1; 2]. Данные предоставляют информацию о геологическом и тектоническом строении территории, включая тектоническое районирование; о ее минерагеническом потенциале, включая прогноз на нефть и газ; о четвертичных образованиях, включая геоморфологическое строение и районирование, а также о литологическом составе поверхности дна акватории. В будущем в базу ЕГКМ войдут еще и данные о гидрогеологическом строении территории Российской Федерации [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения мониторинга ГК-1000 были созданы база данных, архитектура которой опирается на документ «Единые требования к составу, структуре и форматам представления в НРС Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных геологических карт масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000» [3]; загрузчик данных и сервис публикации данных базы ЕГКМ. В рамках работ также используется информационный ресурс «Серийные легенды», ежегодно актуализируемая Эталонная база знаков [4] и программа автоматической проверки *MapInspector* [5] (рис. 1). Все эти компоненты были созданы в рамках работ, проводимых Центром информационных технологий по региональной геологии и металлогении Института Карпинского, интегрированы в методологическую цепочку и, кроме обеспечения собственно мониторинга данных Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения (далее — ГК-1000/3), решают две важные задачи: предотвращение дублирования источника данных и их унификацию, а также контроль качества.

Технология разрабатывалась с учетом импортозамещения. Блок просмотра полностью работает на импортнезависимых компонентах: для базы данных используется система *PostgresPro*, серверная часть запускается на ОС *Linux*, веб-приложение, включая картографический блок, разработано отечественной компанией (ООО «Минерал-Инфо»). Инструменты просмотра сделаны в виде веб-приложения, что позволяет использовать их на любой платформе. Единственное, блок редактирования пока зависит от ОС *Windows*, блок редактирования время проводится замещение и по этой части — будет создан инструментарий, позволяющий редактировать данные непосредственно в приложении публикации.

Предоставляемые данные загружаются в основную базу ЕГКМ. При загрузке они проходят проверку научно-редакционным советом Института Карпинского на соответствие цифровой модели принятым требованиям (для этих целей используется программа *MapInspector* [5]) и валидацию — более жесткую проверку на соответствие архитектуре базы. Обе проверки необходимы для обеспечения надлежащего качества данных, которые впоследствии будут актуализироваться. Данные, прошедшие техническую проверку, публикуются на ресурсе, предназначенном для служебного использования — например, для оценки результата авторами или экспертизы научно-редакционным советом содержательной части. После утверждения советом материалы публикуются в открытом доступе (рис. 2).

После прохождения проверки, загрузки в базу и публикации пользователь получает доступ ко всем материалам комплекта в Интернет-ресурсе *ggkmon-webmap*. Информация собрана в привычном виде, а именно по макетам основных карт. Например, в блок геологического строения, помимо геологической карты, входят тектонический блок, схемы структурно-формационного районирования и схема использованных материалов для геологической карты. Карта и схемы собраны из слоев, перечень которых опирается на нормативные документы [3; 6]. Для удобства навигации слои сгруппированы по списку и сопровождаются понятными внешнему пользователю псевдонимами (рис. 3). Формирование карт и схем, а также их группировка происходят автоматически, без участия авторов данных, и базируются на содержании нормативного документа «Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской



Рис. 1. Схема работы с картографическими данными
Fig. 1. Cartographic data flow chart

Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третьего поколения). Версия 1.4» [6].

Кроме основных карт и схем комплекта, в ЕГКМ включены все нормативные элементы зарамочного оформления: разрезы, таблицы полезных ископаемых, схемы соотношения, схемы корреляции, классификационные треугольники, стратиграфические колонки к блоку прогноза на нефть, а также газ и условные обозначения ко всем картам и схемам (рис. 4). Состав этих элементов для каждой карты регламентирован [6].

Все элементы зарамочного оформления с точки зрения формата и функционала аналогичны картографическим данным — картам и схемам геологического содержания. Для них можно просмотреть атрибутивную информацию и провести перекрестную идентификацию.

На рис. 5 представлены условные обозначения к геологической карте, которые включают в себя

линейную легенду всех подразделений, прочие условные обозначения и схему корреляции. Хотелось бы отдельно отметить, что условные обозначения и таблицы полезных ископаемых ко всем картам и схемам формируются автоматически при публикации в соответствии с Эталонной базой знаков [4] и информационным ресурсом «Серийные легенды» для базовых подразделений.

Ресурс «Серийные легенды» создавался как отдельный инструмент для ведения и актуализации серийных легенд. В настоящее время его функционал существенно расширен: теперь он позволяет не только редактировать серийные легенды, но и создавать на их основе полистные легенды, которые применяются для автоматической сборки блока базовых подразделений условных обозначений к основным картам комплекта — геологической карте, карте закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых и карте четвертичных образований.

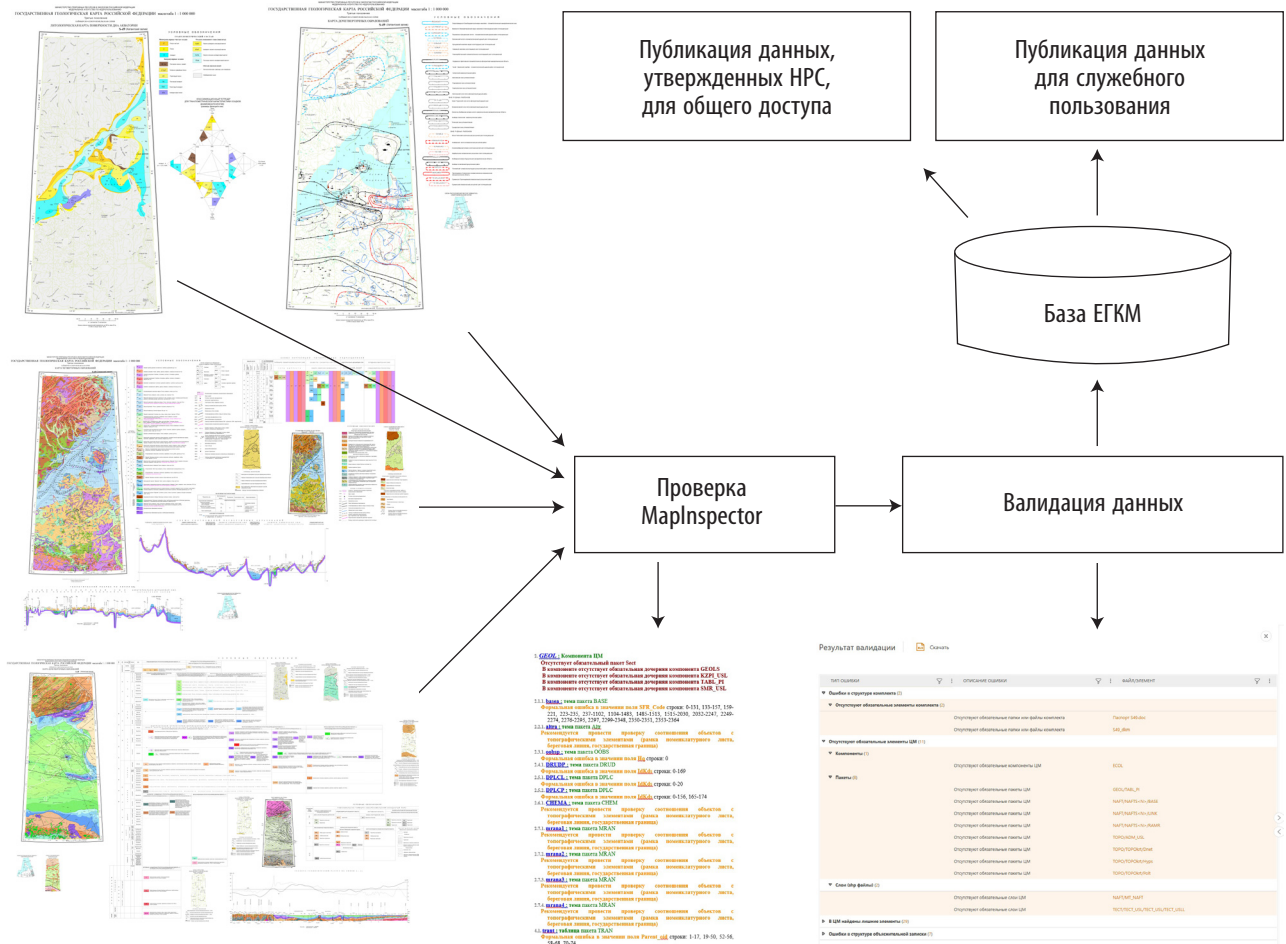


Рис. 2. Процесс проверки, загрузки и последующей публикации данных

Fig. 2. Process of data verification, upload, and subsequent publication

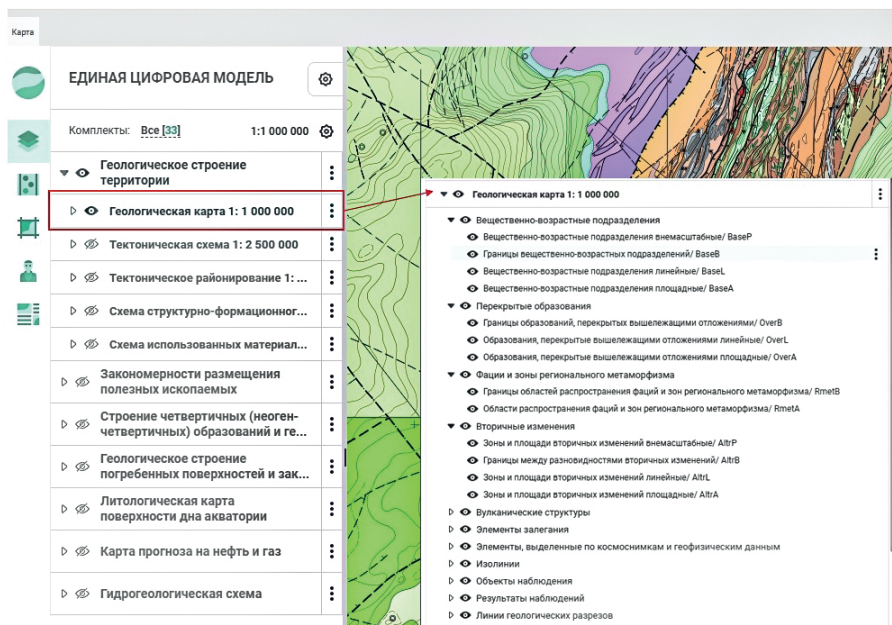


Рис. 3. Группировка слоев в ресурсе публикации данных Единой геолого-картографической модели

Fig. 3. Layer grouping in the data publication resource of the Unified geological-cartographic model

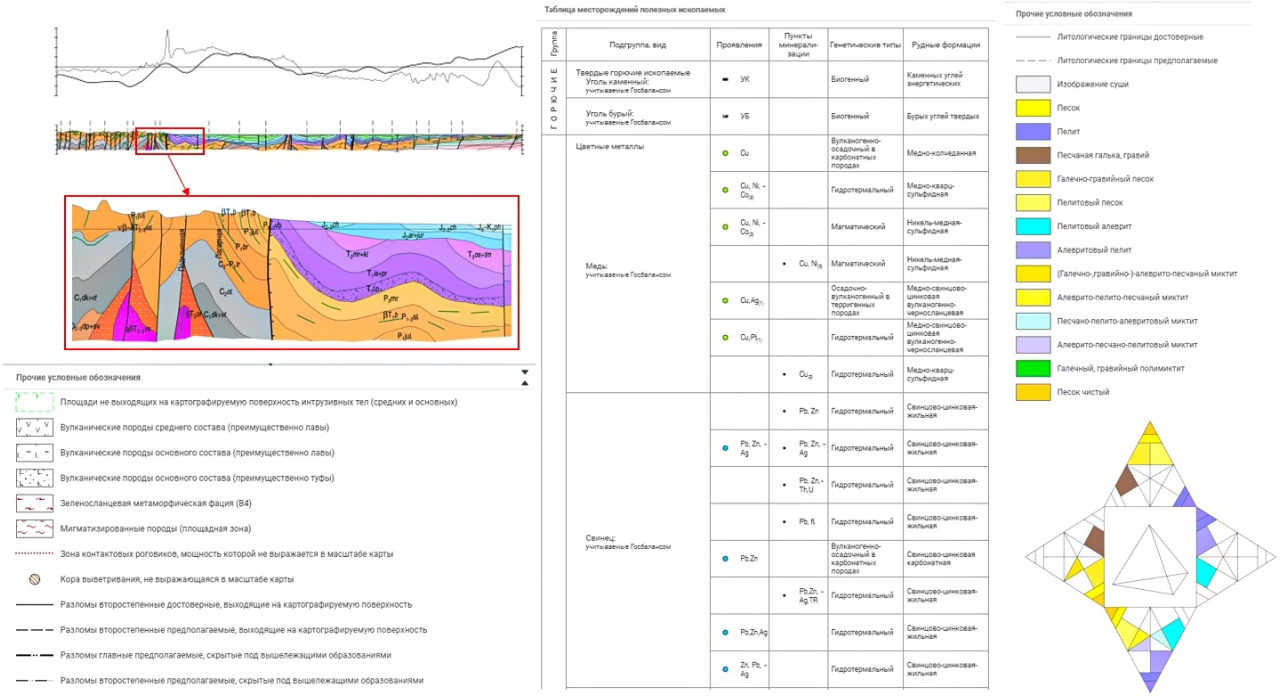


Рис. 4. Элементы зарамочного оформления, отображаемые в ресурсе публикации данных Единой геолого-картографической модели

Fig. 4. Marginal elements from the data publication resource of the Unified geological-cartographic model

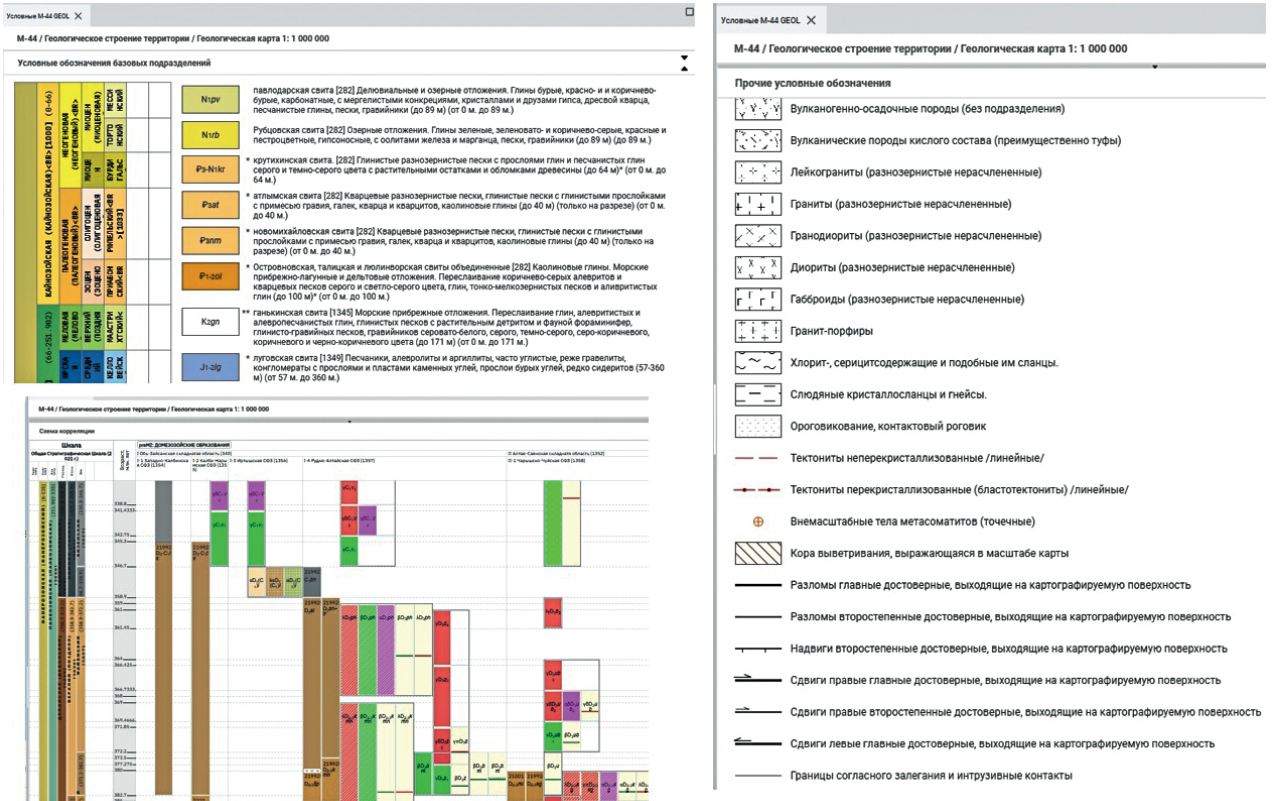


Рис. 5. Условные обозначения к геологической карте

Fig. 5. Geological map symbols

В информационном ресурсе «Серийные легенды» стратиграфические подразделения привязываются к Общим стратиграфическим шкалам (1 на рис. 6), к которым, в свою очередь, по вертикали привязаны региональные шкалы (2 на рис. 6), а по горизонтали — таксоны структурно-формационного районирования (3 на рис. 6). Для удобства навигации можно отображать региональную шкалу,

рекомендованную для работы в определенном возрастном срезе. Одновременно можно подключить столько шкал, сколько требуется для увязки подразделений.

Нестратиграфические подразделения — магматические и метаморфические комплексы, трубки взрыва — привязываются к относительной возрастной шкале (4 на рис. 6), введенной внутри ресурса.

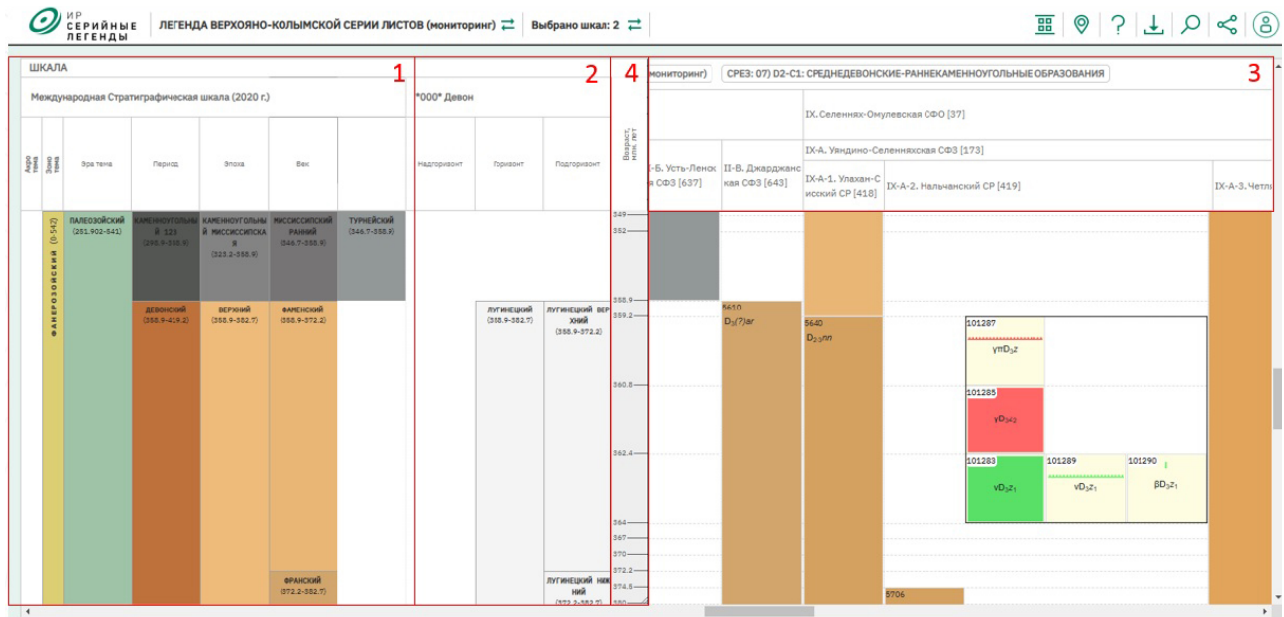


Рис. 6. Окно информационного ресурса «Серийные легенды»

Fig. 6. Window of the *Serial Legends* data resource

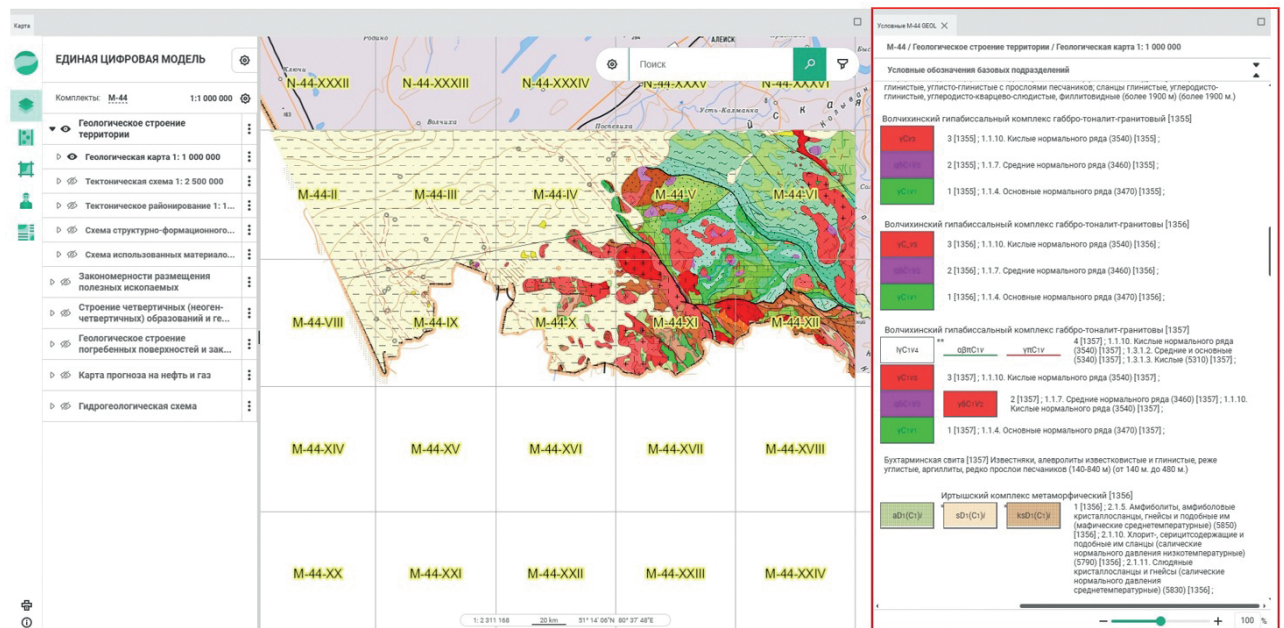


Рис. 7. Условные обозначения базовых подразделений к геологической карте опубликованного листа М-44

Fig. 7. Symbols of basic units in the published sheet M-44 of the geological map

Таким образом, они располагаются относительно стратиграфических подразделений так же, как в традиционных зональных легендах.

Для более удобной навигации в ресурсе организован поиск элементов шкалы, таксонов районирования, а также подразделений по названию и коду.

Из подразделений, введенных в серийную легенду, формируется полистная легенда путем клонирования подразделений серийной легенды с последующей детализацией свойств подразделения, таких как описание породного состава, информация о минерагенической нагрузке, мощность подразделения и прочее. Далее полистная легенда используется для формирования условных обозначений в ресурсе публикации данных ЕГКМ. На рис. 7 показаны условные обозначения базовых подразделений к геологической карте опубликованного листа М-44.

На следующем рисунке (рис. 8) показана полистная легенда в информационном ресурсе «Серийные легенды», которая послужила источником для формирования условных обозначений к этому листу.

При таком подходе решается важнейшая задача актуализации серийной легенды, так как из полистной легенды собираются условные обозначения при публикации комплекта, а полистная легенда формируется только из серийной. Таким образом, серийная легенда поэтапно актуализируется в процессе обновления данных комплектов ГК-1000/3.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При разработке ресурса публикации базы ЕГКМ мы старались придерживаться подходов, принятых в широко используемых в отрасли геоинформационных системах (далее — ГИС), насколько это воз-

можно. В первую очередь речь идет о программах ArcGIS и QGIS. Сделано это для того, чтобы интерфейс ресурса был интуитивно понятен большинству пользователей. Карты, схемы и слои, которые их составляют, размещены в левой части страницы. Здесь же есть возможность переключения по листам или крупным геологическим объектам, если есть необходимость сфокусироваться на конкретной территории. Из этого же окна организован выход к элементам зарамочного оформления, регламентированному для каждой карты [6]. Например, для геологической карты это условные обозначения, разрез и объяснительная записка; для карты полезных ископаемых условные обозначения будут представлены таблицей полезных ископаемых, а для карты закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых — таблицей полезных ископаемых, перечнем таксонов минерагенического районирования, а также условными обозначениями, сформированными из информационного ресурса «Серийные легенды» и дополненными информацией по металлотектам.

Как и в ГИС, информацию по каждому объекту можно получить либо через окно идентификации при выделении объекта на карте/схеме, либо через атрибутивную таблицу слоя. Причем данные в атрибутивной таблице включают как атрибуты объектов самого слоя, так и информацию дополнительных таблиц, если таковые должны быть связаны со слоем. Таблица dbf-легенды подключена для всех слоев по умолчанию (рис. 9).

Наряду с похожим функционалом, ресурс публикации данных ЕГКМ имеет ряд преимуществ над традиционными ГИС-проектами. Помимо автоматической сборки условных обозначений, к ним относится перекрестная идентификация объектов:

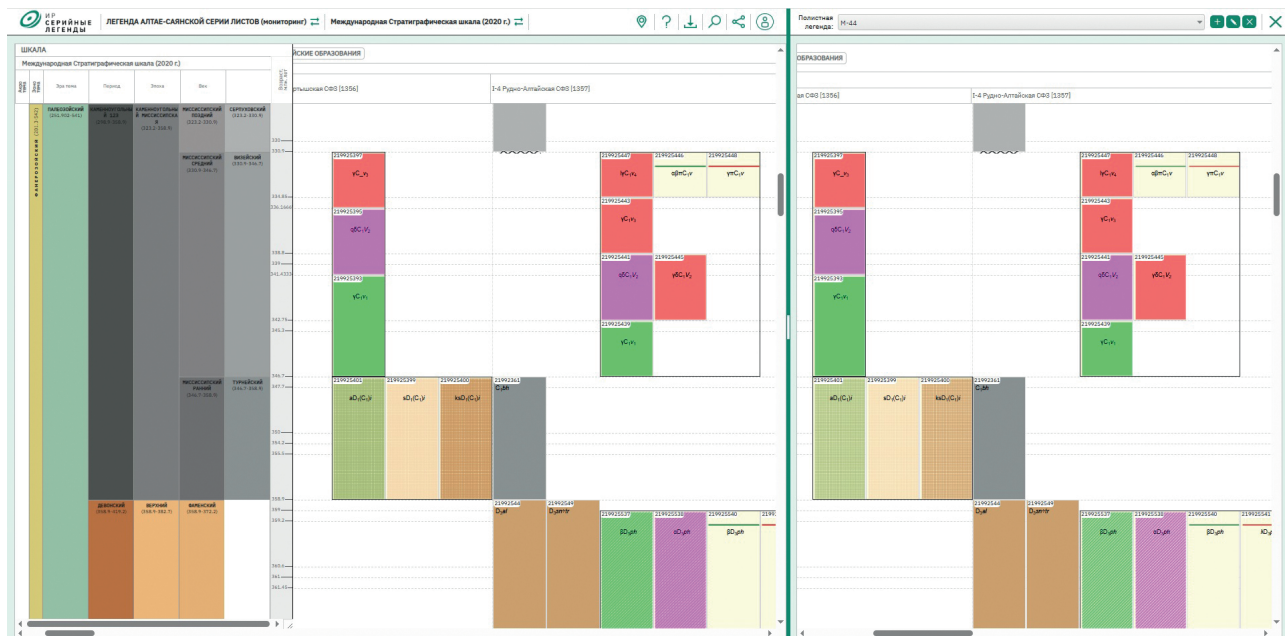


Рис. 8. Полистная легенда листа М-44 в информационном ресурсе «Серийные легенды»

Fig. 8. M-44 sheet legend in the *Serial Legends* data resource

выделив объект на карте, можно перейти к этому же объекту в условных обозначениях (рис. 10), на разрезе к геологической карте (рис. 11) или в объяснительной записке (рис. 12).

Объект на карте можно выделить и спозиционировать в центр экрана из любого перечисленного выше представления. На рис. 13 показан переход к объекту карты из условных обозначений.

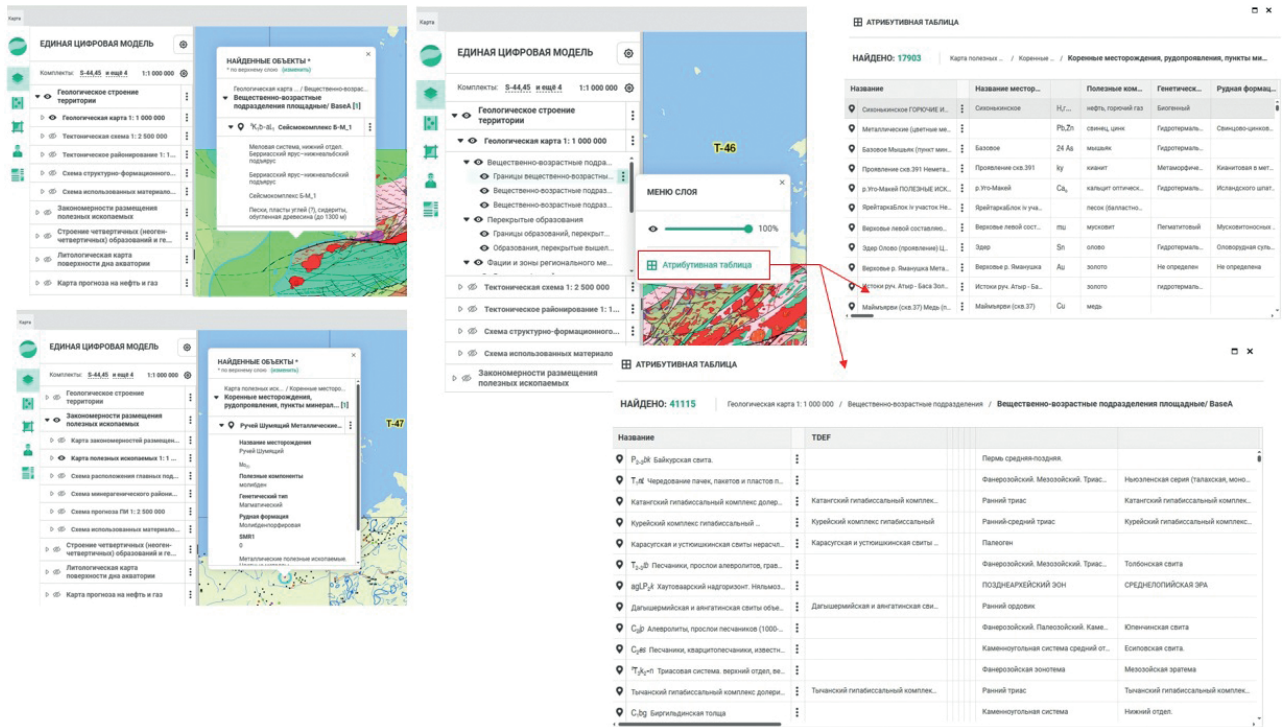


Рис. 9. Выход на атрибутивные таблицы слоев в ресурсе публикации данных Единой геолого-картографической модели

Fig. 9. Access to layer attribute tables in the data publication resource of the Unified geological-cartographic model

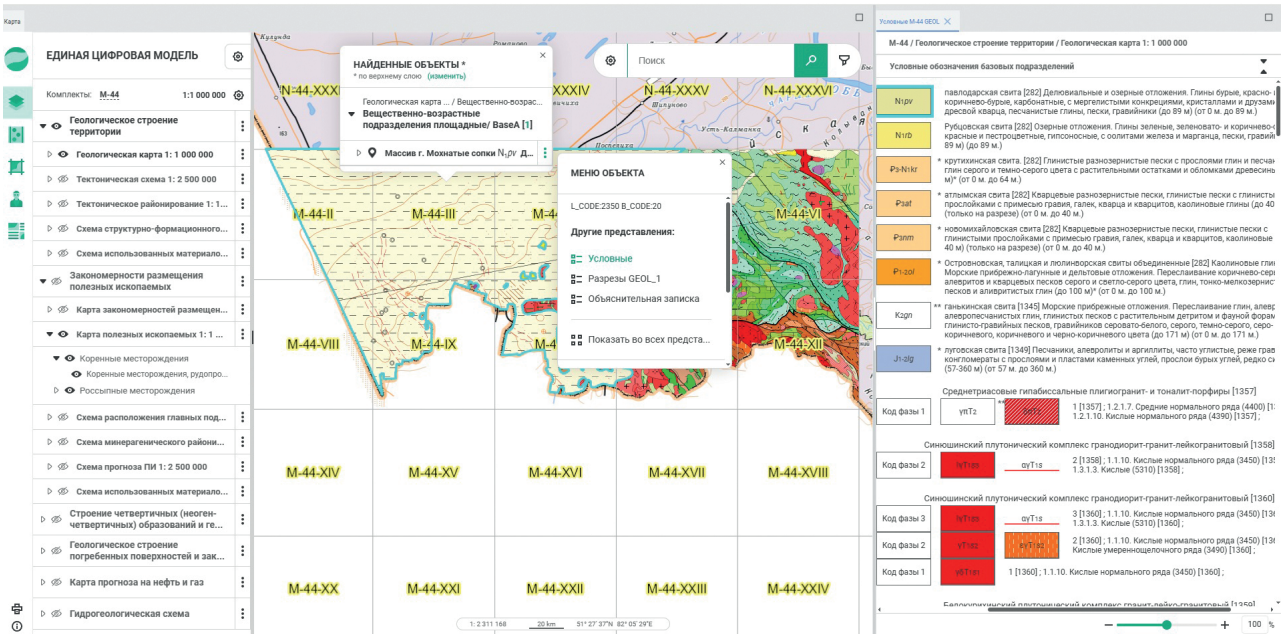


Рис. 10. Переход от объекта на карте к соответствующему подразделению в условных обозначениях

Fig. 10. Transition from a map object to the corresponding unit in the symbols

При выделении названия подразделения или комплекса в записке соответствующий объект можно отобразить на разрезе, карте или в условных обозначениях. Этот же объект можно одновременно показать во всех вышеперечисленных представлениях, где он присутствует — автоматически откроются

соответствующие окна. Во всех открывшихся окнах объект будет подсвечен бирюзовым цветом.

Кроме данных самой базы ЕГКМ, ресурс предоставляет доступ к другим информационным ресурсам, разработанным в Институте Карпинского. Пользователи могут просматривать данные карт

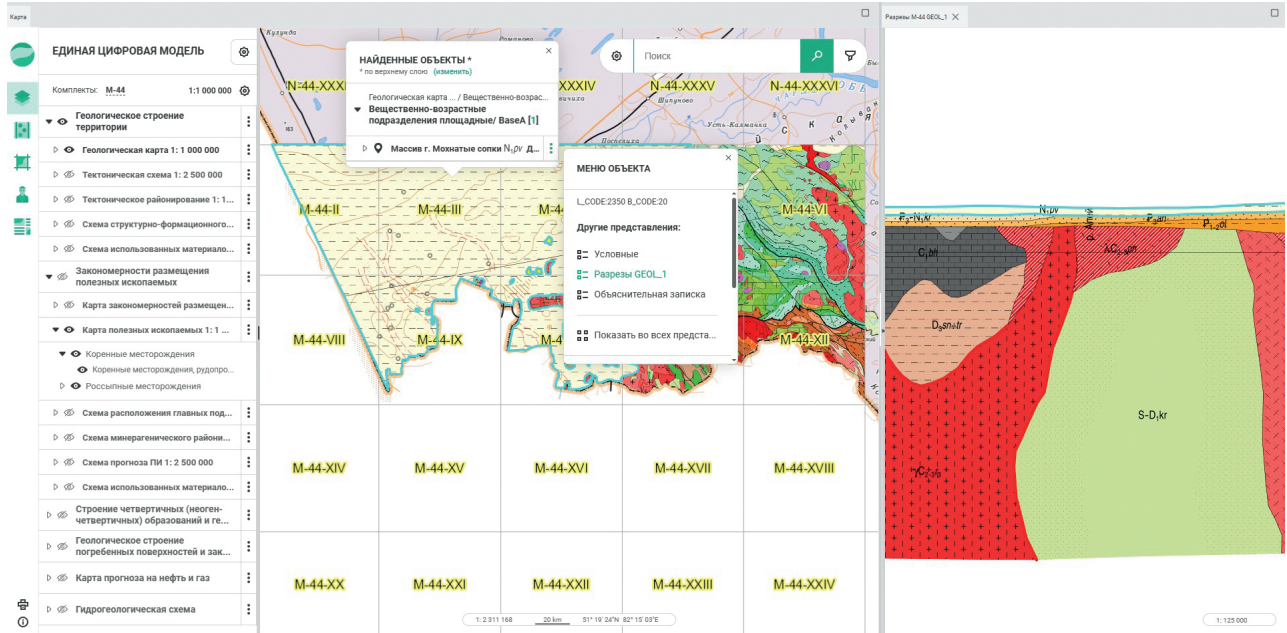


Рис. 11. Переход от объекта на карте к соответствующему подразделению на разрезе

Fig. 11. Transition from a map object to the corresponding unit in the cross-section

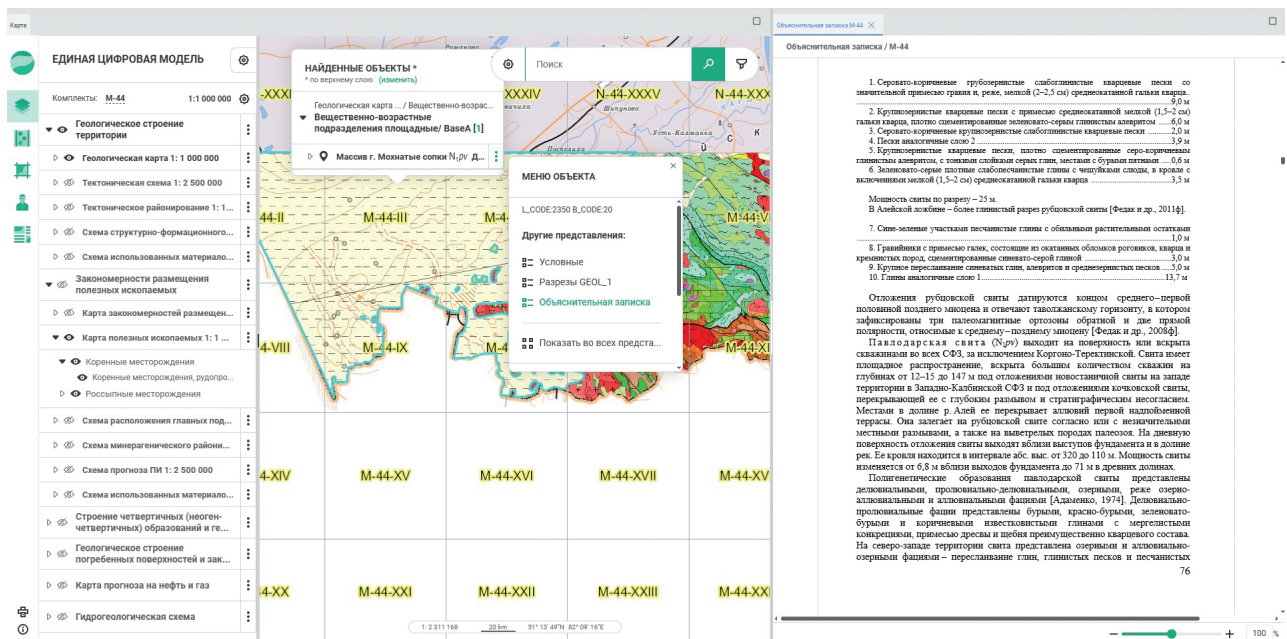


Рис. 12. Переход от объекта на карте к соответствующему подразделению в объяснительной записке

Fig. 12. Transition from a map object to the corresponding unit in the explanatory note

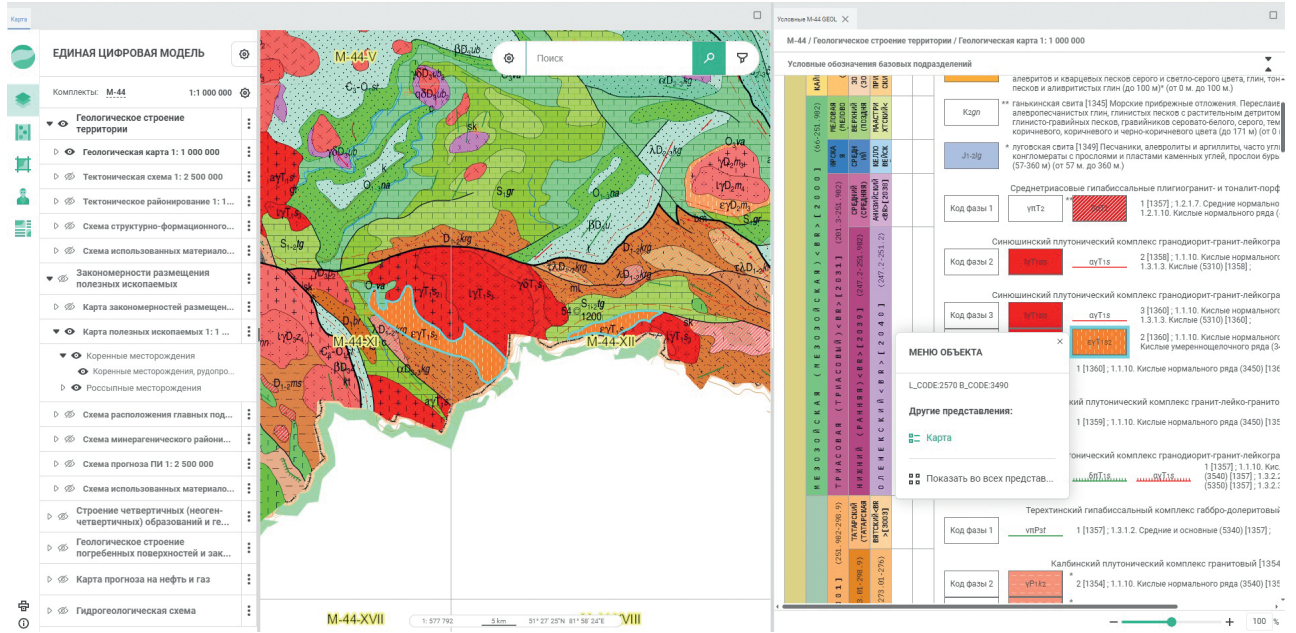


Рис. 13. Переход от подразделения к соответствующему объекту на карте

Fig. 13. Transition from a unit to the corresponding map object

фактического материала; геохронологический атлас-справочник основных структурно-вещественных комплексов; стратотипы и петротипы, выделенные на территории Российской Федерации; месторождения и проявления полезных ископаемых, а также подключать Георастры Госгеолкарт на интересующую территорию. Вышеперечисленные внешние ресурсы доступны не только в режиме просмотра — для них также организованы пообъектные ссылки, позволяющие перейти к исходному ресурсу для получения более подробной информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несомненные преимущества описанной выше технологии:

1. Все карты доступны через Интернет — нет необходимости скачивать данные, устанавливать, а следовательно, и обновлять дополнительное программное обеспечение.

2. Появляется единый источник актуальных данных.

3. Материалы комплексов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 третьего поколения весьма неоднородны с точки зрения качества данных, поскольку работы велись в течение длительного периода времени, и нормативная база создавалась почти одновременно с проведением этих работ. Однако данные, не приведенные в соответствии с современными требованиями [2; 6], невозможно загрузить в базу. Таким образом, цифровые модели загруженных и опубликованных комплексов строго соответствуют актуальным нормативным документам.

4. Несколько листов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 третьего поколения (или все 250) можно одновременно отобразить на одном экране. Можно провести выборку не по номенклатурной разграфке, а по крупным геологическим регионам — например, только Уральские горы или Балтийский щит. Технологических ограничений для компьютера, с которого осуществляется просмотр, не существует, так как данные хранятся на сервере.

5. В процессе работ актуализируются и серийные легенды. Более того, скорее всего, обострится проблема межсерийной корреляции, которую придется решить в рамках проводимых работ.

6. Решается проблема несбивки соседних листов, поскольку данные хранятся в одном месте и все «нестыковки» по рамке становятся сразу заметны.

7. Составляется единая база данных полезных ископаемых, содержащая данные не только Института, но и Государственного кадастра месторождений полезных ископаемых. Причем данные комплексов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 третьего поколения сопоставляются с данными кадастра.

8. В процессе работы производится увязка картографических материалов с объяснительной запиской. Это делалось всегда, однако использование доступной в ресурсе публикации данных Единой геолого-картографической модели перекрестной идентификации позволяет проще выявлять несоответствия между картой и запиской.

Таким образом, после загрузки данных всех листов в базу Единой геолого-картографической модели мы получим ресурс, содержащий наиболее полные сведения о геологическом строении территории Российской Федерации и ее континентального

шельфа. Данные будут апробированы и представлены для пользователя в удобном формате. Кроме того, на основном этапе мониторинга предусмотрено их постоянное обновление. В процессе загрузки данных будут актуализированы серийные легенды и сбиты между собой соседние листы миллионного масштаба не только по части основных карт, но и по полотнам всех дополнительных схем, включая структурно-формационное районирование. Иными словами, мы получим покрытие по всем компонентам Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 на всю территорию страны, соответствующее современной нормативной базе, с возможностью постоянной актуализации и выходом на все информационные ресурсы Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Итоги государственного геологического картографирования масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение) территории Российской Федерации и ее континентального шельфа / Б. И. Королев [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2024. Т. 31, № 4. С. 7–22. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_7-22.
2. Единая геолого-картографическая модель территории Российской Федерации и ее континентального шельфа / В. В. Снежко [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2024. Т. 31, № 4. С. 23–35. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_23-35.
3. Единые требования к составу, структуре и форматам представления в НРС Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных геологических карт масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000. Версия 1.7. Ред. 2. СПб. : Картогр. ф-ка ин-та им. А. П. Карпинского, 2024. 182 с.
4. Инсталляция Эталонной базы изобразительных средств Госгеолкарты-1000/3. Версия X01.09.01 от 03.06.2025. URL: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/normdocs/ggk1000/ebz_1000_X01.09.01_03062025.zip (дата обращения: 28.07.2025).

docs/ggk1000/ebz_1000_X01.09.01_03062025.zip (дата обращения: 28.07.2025).

5. Программа автоматической проверки цифровых моделей комплектов Государственных геологических карт (MapInspector 2.5). URL: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/normdocs/prog_ggk200-ggk1000/MapInspector%202.5.7z (дата обращения: 28.07.2025).

6. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третьего поколения). Версия 1.4. СПб. : Картогр. ф-ка ВСЕГЕИ, 2021. 187 с.

REFERENCES

1. Results of the state geological mapping at a scale of 1 : 1,000,000 (third generation) of the Russian Federation and its continental shelf / B. I. Korolev [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2024; 31 (4): 7–22. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_7-22. (In Russ.).
2. Unified geological-cartographic model of the Russian Federation and its continental shelf / V. V. Snezhko [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2024; 31 (4): 23–35. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_23-35. (In Russ.).
3. Standard requirements for the content, structure, and formats of submitting digital sheets sets of the State Geological Maps at scales of 1 : 1,000,000 and 1 : 200,000 to Rosnedra Scientific Editorial Board. Version 1.7. Ed. 2. St. Petersburg: Karpinsky Institute Cartographic Factory; 2024. 182 p. (In Russ.).
4. Installation of the reference database of graphic means for Goskgeolcarta-1000. Version X01.09.01 dated 03.06.2025. URL: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/normdocs/ggk1000/ebz_1000_X01.09.01_03062025.zip (accessed 28.07.2025). (In Russ.).
5. Automated verification program for digital models of State Geological Maps sets (MapInspector 2.5). URL: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/normdocs/prog_ggk200-ggk1000/MapInspector%202.5.7z (accessed 28.07.2025). (In Russ.).
6. Methodological guide for compiling and editing sheets of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1 : 1,000,000 (third generation). Version 1.4. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory; 2021. 187 p. (In Russ.).

Екатерина Игоревна Ланг

Ведущий специалист,
отдел отраслевых информационных систем и банков данных,
Центр информационных технологий
по региональной геологии и металлогении;
эксперт Научно-редакционного совета Роснедра
по оценке качества цифровых моделей
Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000
третьего поколения и комплектов, входящих в мониторинг

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0002-0132-0252>
Ekaterina_Lang@karpinskyinstitute.ru

Ekaterina I. Lang

Leading Specialist,
Department of Branch Information Systems and Data Banks,
Center of Information Technologies
on Regional Geology and Metallogeny;
expert of Rosnedra Scientific Editorial Board
to assess quality of digital models
of the State Geological Map at a scale of 1 : 1,000,000
(third generation) and sets included in monitoring

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0002-0132-0252>
Ekaterina_Lang@karpinskyinstitute.ru

Евгений Александрович Коваленко

Начальник отдела
программно-технологического обеспечения,
Центр информационных технологий
по региональной геологии и металлогении

Всероссийский научно-исследовательский геологический
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

kiji@karpinskyinstitute.ru

Evgeniy A. Kovalenko

Head, Department of Software
and Hardware Support,
Center of Information Technologies
on Regional Geology and Metallogeny

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia

kiji@karpinskyinstitute.ru

Вклад авторов: *Ланг Е. И.* — написание исходного текста, итоговые выводы, подготовка иллюстраций.
Коваленко Е. А. — консультирование по техническим вопросам.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contributions of the authors: *Lang E. I.* — writing the draft, final conclusions, preparing figures.
Kovalenko E. A. — consulting on technical issues.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 27.06.2025
Одобрена после рецензирования 15.08.2025
Принята к публикации 25.09.2025

Submitted 27.06.2025
Approved after reviewing 15.08.2025
Accepted for publication 25.09.2025