

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья
УДК 553:005

Методика геолого-экономического мониторинга в недропользовании на основе онтологической модели данных

Валерий Сергеевич Дадыкин¹, Ольга Викторовна Дадыкина²

^{1,2} Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

¹ Dadykin88@bk.ru

² Atamanova_281287@mail.ru

Аннотация. В настоящее время большинство исследователей при выборе инструментария решения прикладной задачи все большее внимание уделяет вопросам использования онтологических моделей в процессе проектирования систем поддержки принятия управленческих решений. Не стала исключением и сфера недропользования. При проектировании комплексной системы анализа результатов недропользования основная задача состоит в своевременном определении отклонений от выполнения заданных индикаторов, например, при выполнении долгосрочных программ воспроизводства минерально-сырьевой базы. Такой подход позволяет своевременно проанализировать ситуацию и скорректировать управляющее воздействие. Основная сложность в построении единой информационной системы в недропользовании состоит в том, что для принятия управленческих решений требуется интегрировать 3 взаимосвязанных и взаимодействующих блока в рамках единой системы – минерально-сырьевая база, минерально-сырьевой комплекс и минерально-сырьевой потенциал. По сути, первый компонент триады представляет собой ретроспективные результаты проведенных геолого-разведочных работ. Второй компонент – текущее состояние добычи минерально-сырьевых ресурсов. Третий компонент – перспектива развития минерально-сырьевой базы, а именно – минерально-сырьевой потенциал. Создать подобную конвергенцию с учетом разнородности систем хранения данных возможно на базе онтологической модели. Преимущество использования онтологии состоит в высоком уровне гибкости данного инструмента, выражающейся в интеграции разнородных данных в рамках единой системы хранения. В настоящей работе предпринята попытка использовать аппарат онтологических моделей и искусственного интеллекта к геологической предметной области в части твердых полезных ископаемых, в частности общераспространенных, и подземных вод.

Ключевые слова: геолого-экономический мониторинг, недропользование, онтологическая модель данных, оценка экономической эффективности

Основные положения:

- ♦ онтологическая модель данных необходима при проектировании системы геолого-экономического мониторинга как способ определения взаимосвязей между показателями;
- ♦ компонент Reasoner в составе онтологической модели позволяет определить неявные взаимосвязи между элементами;
- ♦ онтологическая модель позволяет провести факторный анализ одного из базовых элементов геолого-экономического мониторинга – минерально-сырьевого потенциала.

Для цитирования: Дадыкин В.С., Дадыкина О.В. Методика геолого-экономического мониторинга в недропользовании на основе онтологической модели данных // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024. № 2 (232). С. 18–26.

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Original article

Methodology of geological and economic monitoring in subsurface use based on an ontological data model

Valery S. Dadykin¹, Olga V. Dadykina²

^{1,2} Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

¹ Dadykin88@bk.ru

² Atamanova_281287@mail.ru

Abstract. Currently, most researchers, when choosing tools for solving an applied problem, pay more and more attention to the application of ontological models in the design of management decision support systems. The sphere of subsurface use is no exception. When designing a comprehensive system for analyzing the results of subsurface use, the main task is to timely identify deviations from the fulfillment of specified indicators, for example, when implementing long-term programs for the reproduction of the mineral resource base. This approach allows you to analyze the situation in a timely manner and adjust the control effect. The main difficulty in building a unified information system in subsurface use is that in order to make management decisions, it is necessary to integrate 3 interconnected and interacting blocks within a single system – the mineral resource base, the mineral resource complex and the mineral resource potential. In fact, the first component of the triad represents the retrospective results of the exploration work carried out. The second component is the current state of mining of mineral resources. The third component is the prospect of developing the mineral resource base, namely, the mineral resource potential. It is possible to create such a convergence, taking into account the heterogeneity of data storage systems, on the basis of an ontological model. The advantage of using ontology is the high level of flexibility of this tool, expressed in the integration of heterogeneous data within a single storage system. This article attempts to use the apparatus of ontological models and artificial intelligence for the geological subject area in terms of solid minerals, in particular widespread, and groundwater.

Keywords: geological and economic monitoring, subsurface use, ontological data model, economic efficiency assessment

Highlights:

- ◆ an ontological data model is necessary when designing a geological and economic monitoring system as a way to determine the relationships between indicators;
- ◆ the Reasoner component in the ontological model allows you to define implicit relationships between elements;
- ◆ the ontological model allows a factor analysis of one of the basic elements of geological and economic monitoring - the mineral resource potential.

For citation: Dadykin V.S., Dadykina O.V. Methodology of geological and economic monitoring in subsurface use based on an ontological data model // Vestnik of Samara State University of Economics. 2024. No. 2 (232). Pp. 18–26. (In Russ.).

Введение

Объект исследования, система недропользования в части твердых полезных иско-

паемых, в том числе общераспространенных, представляется весьма специфическим прежде всего в силу существования такого

понятия, как стадийность геолого-разведочных работ и вероятностный характер их результатов.

Для того чтобы выявить на территории полезные ископаемые, требуется проведение большого количества исследований, результат которых заранее предсказать весьма непросто. При этом в результате обследования достаточно большой территории доля ценных для дальнейших исследований прогнозных ресурсов весьма небольшая [1].

Затем в процессе геолого-экономического анализа и эта небольшая часть привлекательных для дальнейшего изучения и разработки недр сокращается ввиду наличия более рентабельных участков. Вводится понятие ранжирования недр по перспективности с учетом текущего уровня развития материально-технической базы для решения задач недропользования, оценки инфраструктурной обеспеченности, кадрового потенциала будущего горного предприятия и т.д. [2].

В конечном итоге объем информации о недрах значительно возрастает, а единой системы, которая могла бы обработать получающиеся в результате геолого-разведочных работ большие данные, пока не разработано. При этом исследования в области применения

систем искусственного интеллекта в геологии весьма распространены, но касаются они в основном нефтегазового сектора [3].

В то же время по твердым полезным ископаемым, в особенности по общераспространенным, подобных исследований практически не проводилось [4, 5]. Возможно, ввиду их относительно низкой инвестиционной привлекательности. Однако данный объект исследования представляет, несомненно, научно-практический интерес ввиду большого количества факторов, которые необходимо включить в состав системы для проведения комплексного анализа.

Методы

В состав онтологической модели мониторинга недропользования необходимо включить следующие элементы:

- 1) минерально-сырьевой актив (1_Mineral_resources);
- 2) геологические предприятия (2_Mineral_enterprises);
- 3) потенциал недр (3_Mineral_potential).

Каждый из вышеназванных элементов, в свою очередь, состоит из компонентов.

Так, блок «Минерально-сырьевой актив» (МСА) содержит следующие блоки:

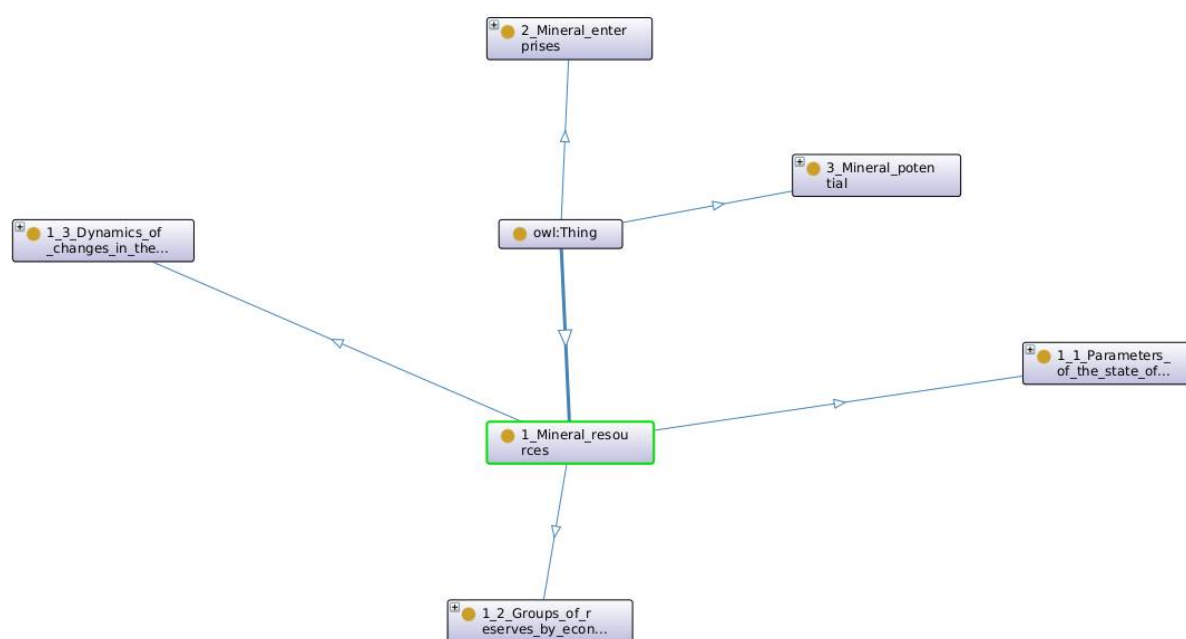


Рис. 1. Декомпозиция онтологического графа по блоку «Минерально-сырьевой актив»

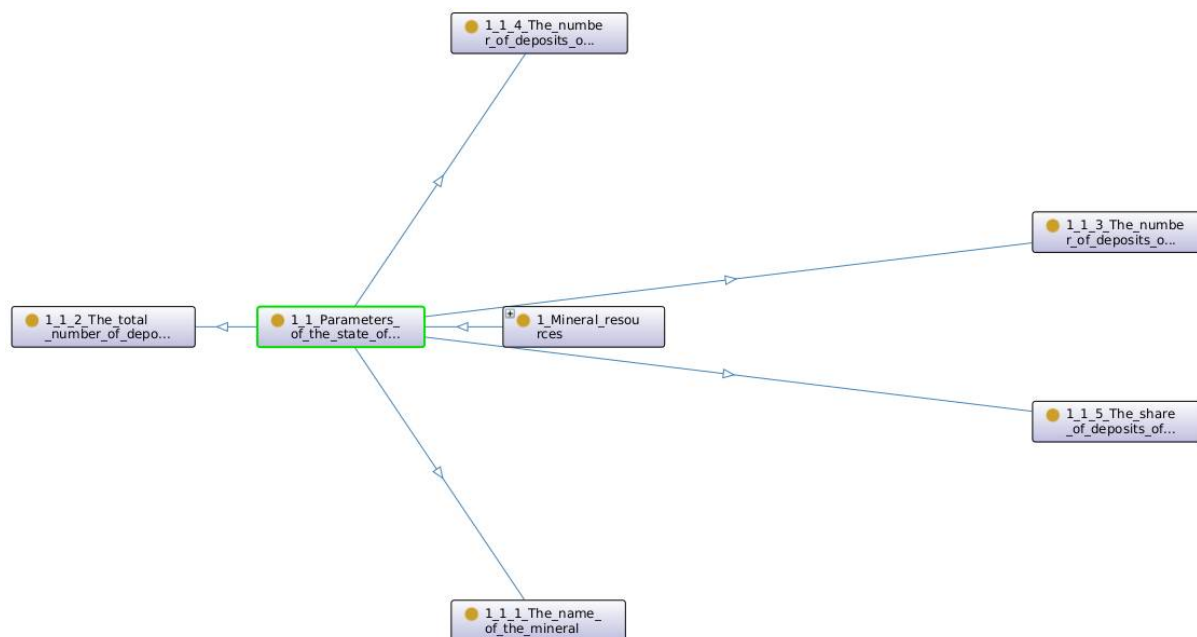


Рис. 2. Декомпозиция онтологического графа по блоку «Показатели состояния минерально-сырьевых активов»

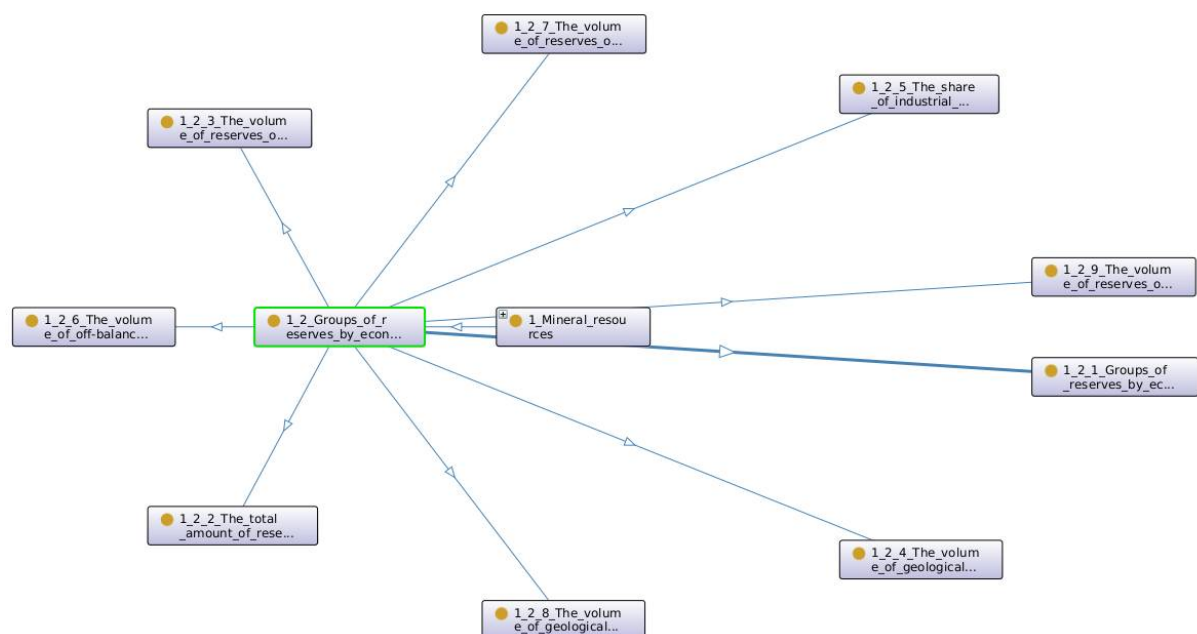


Рис. 3. Декомпозиция онтологического графа по блоку «Группы МСА по уровню изученности и рентабельности»

1) показатели состояния минерально-сырьевых активов (1_1_Parameters_of_the_state_of_the_mineral_resource_base);

2) группы МСА по уровню изученности и рентабельности (1_2_Groups_of_reserves_by_economic_significance_and_degree_of_geological_study);

3) показатели движения МСА (1_1_3_The_number_of_deposits_of_the_undistributed_fund_listed_on_the_state_balance_sheet) (рис. 1).

В свою очередь, каждый из блоков включает в себя еще ряд определяющих для него параметров. Для блока «Показатели состояния минерально-сырьевых активов»:

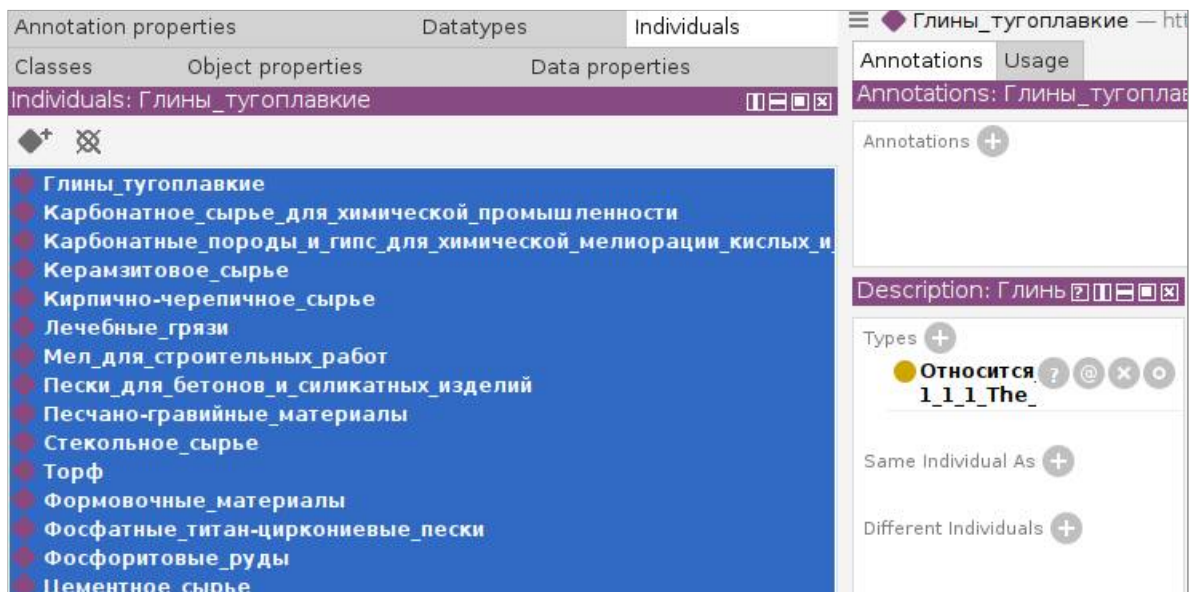


Рис. 4. Состав объектов для показателя 1_1_1

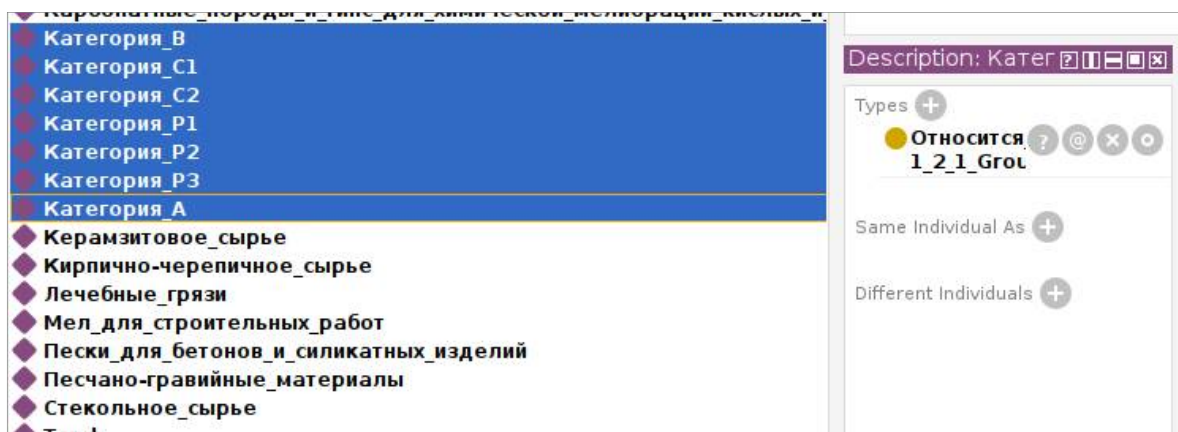


Рис. 5. Состав объектов для показателя 1_2_1

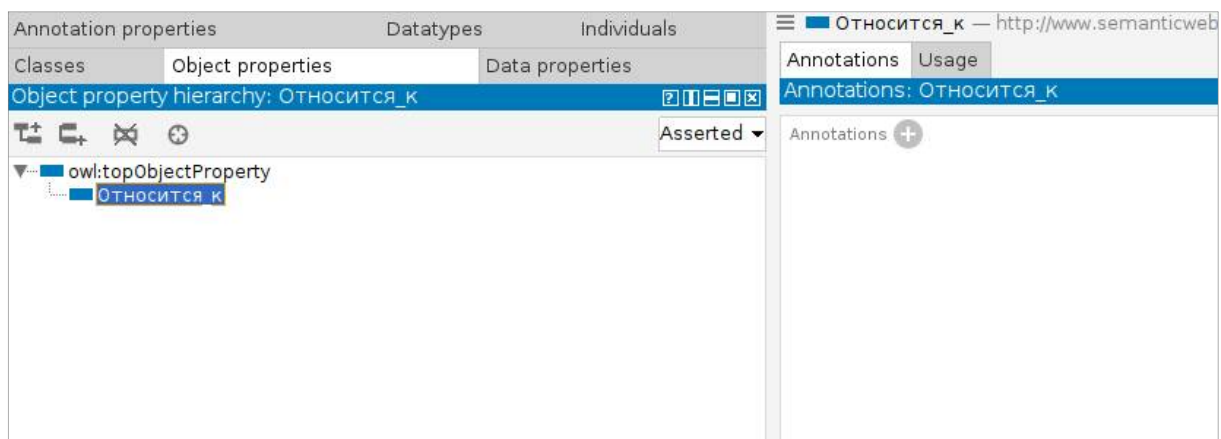


Рис. 6. Свойства объектов

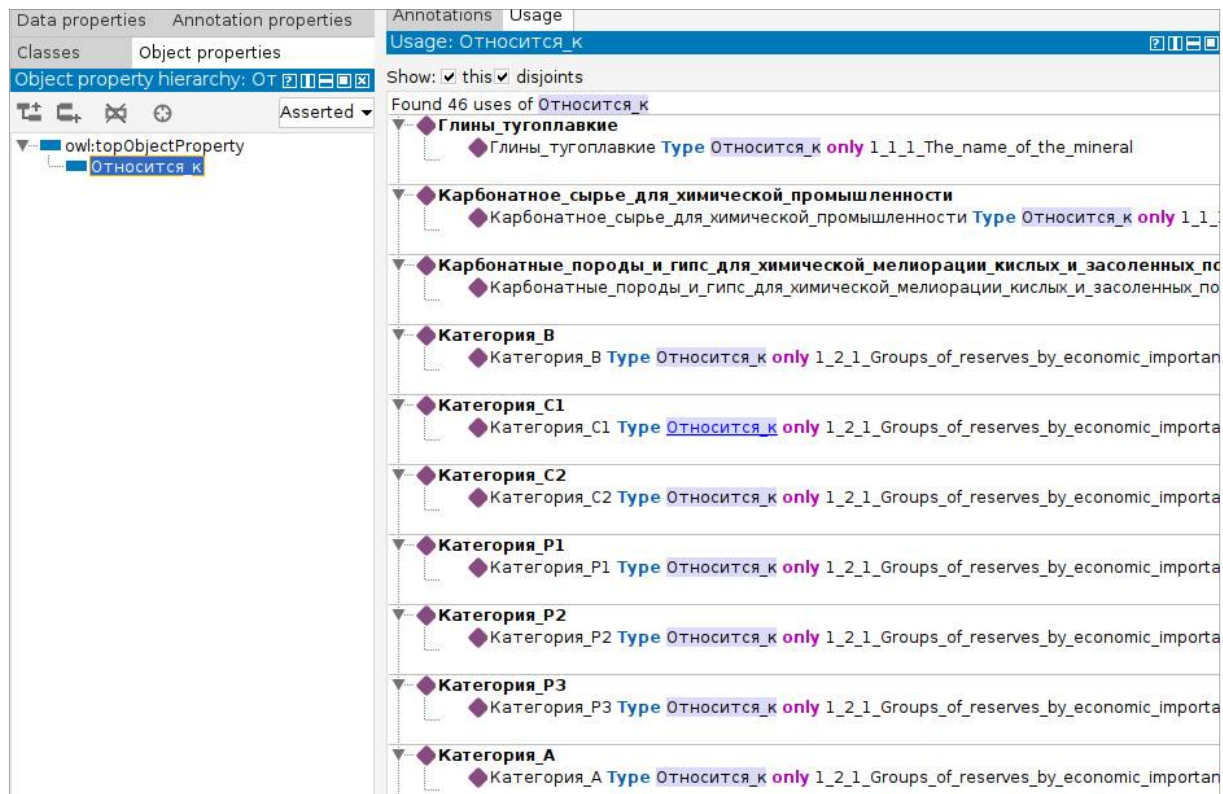


Рис. 7. Связь классов и объектов в онтологической модели

1) наименование МСА (1_1_1_The_name_of_the_mineral);

2) объем МСА общий (1_1_2_The_total_number_of_deposits_listed_on_the_state_balance_sheet);

3) объем МСА распределенного фонда (1_1_3_The_number_of_deposits_of_the_undistributed_fund_listed_on_the_state_balance_sheet);

4) объем МСА нераспределенного фонда (1_1_4_The_number_of_deposits_of_the_distributed_fund_listed_on_the_state_balance_sheet);

5) доля МСА распределенного фонда (1_1_5_The_share_of_deposits_of_the_distributed_fund) (рис. 2).

Для блока «Группы МСА по уровню изученности и рентабельности»:

1) группы МСА по инвестиционной привлекательности (1_2_1_Groups_of_reserves_by_economic_importance_and_degree_of_geological_study);

2) общие балансовые МСА (1_2_2_The_total_amount_of_reserves_on_the_state_balance_sheet);

3) объем МСА промышленных категорий на государственном балансе (1_2_3_The_volu

me_of_reserves_of_industrial_categories_listed_on_the_state_balance_sheet);

4) объем МСА категории С2 на государственном балансе (1_2_4_The_volume_of_geological_reserves_listed_on_the_state_balance_sheet);

5) доля МСА промышленных категорий в общем объеме запасов (1_2_5_The_share_of_industrial_stocks_in_the_total_volume_of_stocks);

6) объем забалансовых МСА (1_2_6_The_volume_of_off-balance_sheet_stocks);

7) объем МСА промышленных категорий в распределенном фонде недр (1_2_7_The_volume_of_reserves_of_industrial_categories_as_part_of_the_distributed_subsoil_fund);

8) объем МСА категории С2 в распределенном фонде недр (1_2_8_The_volume_of_geological_reserves_as_part_of_the_distributed_subsoil_fund);

9) объем общераспространенных МСА в распределенном фонде недр (1_2_9_The_volume_of_reserves_of_common_PI_as_part_of_the_distributed_subsoil_fund) (рис. 3).

В составе онтологической модели, наряду с классами, представлены также и объекты (в

терминах системы Individuals). Объекты представляют собой экземпляры класса, к которому они относятся (рис. 4, 5).

Помимо классов и объектов в составе онтологической модели существуют «Свойства объектов» (рис. 6).

С помощью свойств объектов возможно соотнести между собой классы и объекты в рамках онтологической модели (рис. 7).

Таким образом, в рамках онтологической модели реализовано описание базовых сущностей и их дочерних (подчиненных) экземпляров.

Результаты

Полученная онтологическая модель с предлагаемой авторами структурой и взаимосвязями показателей позволяет реализовать поиск зависимостей в геолого-экономических данных. По сути, становится возможным отследить причинно-следственную цепочку и взаимосвязи показателей. С помощью автоматического анализатора зависимостей в программе Protege – Reasoner становится возможным

определять взаимосвязи показателей. Так, например, для показателя минерально-сырьевого потенциала территории существуют онтологические зависимости, которые влияют на его величину. С учетом загрузки в онтологическую модель данных о стоимостных оценках минерально-сырьевых ресурсов была скорректирована геолого-экономическая карта Брянской области по прогнозируемому минерально-сырьевому потенциалу территории (рис. 8).

Обсуждение

Применительно к тематике исследования существуют и другие подходы к построению причинно-следственных связей между элементами, в результате чего на выходе образуется массив релевантных запросу геолого-экономических данных. Примером такого подхода является применение нейросетевого программирования [6].

Однако в данном подходе существует весьма существенный недостаток. Для обучения нейронной сети требуется использовать

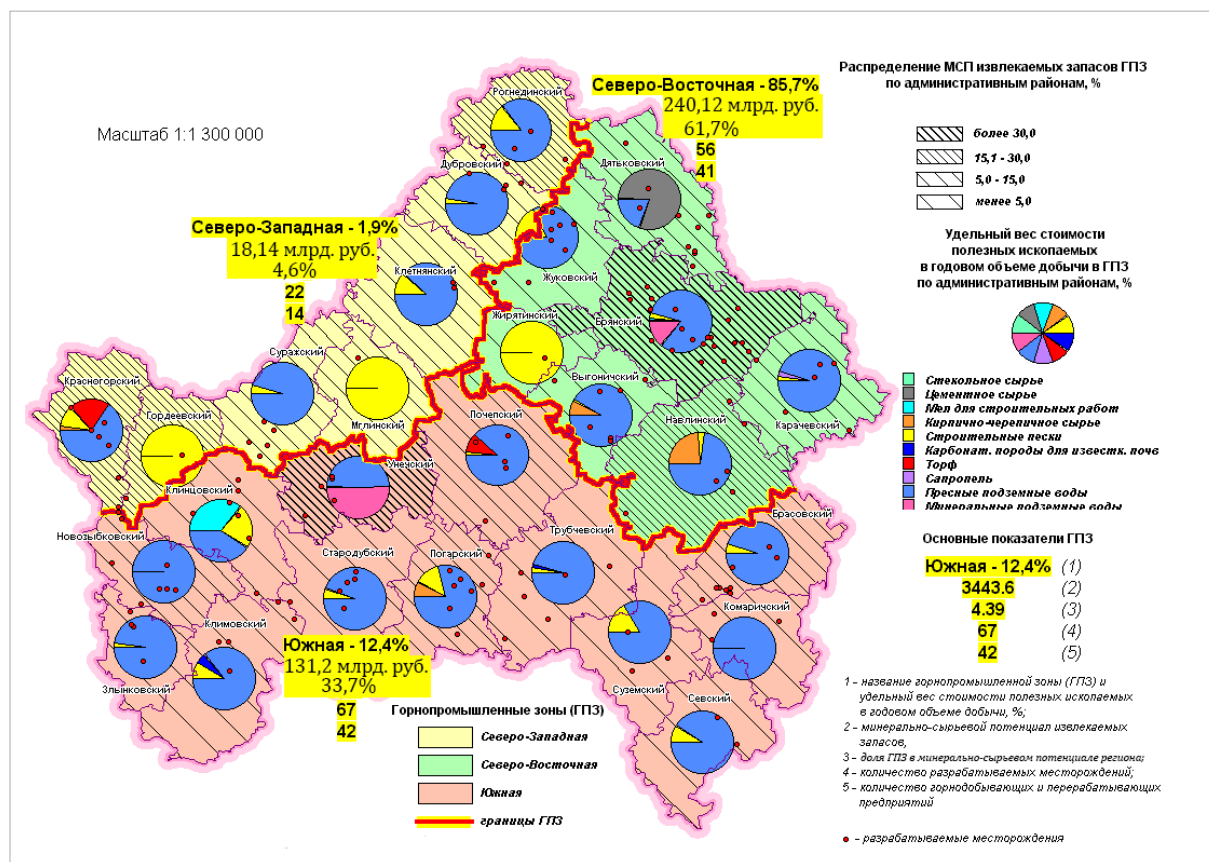


Рис. 8. Состояние минерально-сырьевого потенциала по Брянской области

достаточно большой массив геологических данных, собранный в ретроспективе по ряду аналогичных объектов и по самому объекту анализа. Собрать подобного рода «большие» данные не всегда представляет возможным, так как за определенный период их, возможно, не удастся найти.

Соответственно, в случае попытки восполнить пробелы в имеющихся данных их экстраполяцией или интерполяцией существует вероятность получения некорректных результатов обучения нейронной сети и некорректных результатов прогнозирования.

Заключение

Минерально-сырьевой сектор во всем своем многообразии представить в рамках единой информационной системы является весьма непростой задачей. Особенность данной задачи состоит в необходимости учета большого количества разнообразных параметров по разнородным видам сырья.

Для анализа полученных больших данных в настоящее время возможно использовать

язык программирования python с подключаемыми библиотеками на предмет проведения анализа геологических данных и их последующей интерпретации. В то же время сформировать необходимый датасет возможно с использованием онтологической модели, позволяющей обеспечить подключение всех необходимых взаимосвязей.

В данной работе была рассмотрена онтологическая модель минерально-сырьевой базы, сочетающая данные по ее состоянию в ретроспективе, по текущему состоянию функционирования минерально-сырьевого комплекса (добычи) и по перспективному минерально-сырьевому потенциалу недр. Понимание перспективы развития и изменения минерально-сырьевых запасов особенно необходимо при планировании геолого-разведочных работ и оценке деятельности минерально-сырьевого комплекса.

В перспективе планируется использовать для анализа математический аппарат нейронных сетей с точки зрения предикативной аналитики по вопросам недропользования.

Список источников

1. The geocore ontology: A core ontology for general use in Geology / L. Garcia, M. Abel, M. Perrin, R. Alvarengarenata // Computers & Geosciences. 2019. Vol. 135. doi:10.1016/j.cageo.2019.104387.
2. Guarino N., Welty C. Evaluating ontological decisions with ontoclean // Communications of the ACM. 2002. Vol. 45. Pp. 61–65.
3. Zhong J., Aydin A., Mcguinness D. Ontology of fractures // Journal of Structural Geology. 2009. Vol. 31. Pp. 251–259. doi:10.1016/j.jsg.2009.01.008.
4. Kuznetsova E., Dadykin V. Analysis of an Industrial and Raw Material Facility as a Socio-Economic System // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, Vladivostok, Oct. 6–9, 2020. Vladivostok, 2020. P. 9271435. doi:10.1109/FarEastCon50210.2020.9271435.
5. Дадыкин В.С. Формирование механизма взаимодействия в системе управления фондом недр общераспространенных полезных ископаемых // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2017. № 4. С. 86–91. doi:10.24143/2073-5537-2017-4-86-91.
6. Степина О.М., Дадыкин В.С. Применение ГИС-технологий в управлении промышленным предприятием // Инновационно-промышленный потенциал развития экономики регионов : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 31 марта 2017 г. Брянск, 2017. С. 285–290.

References

1. The geocore ontology: A core ontology for general use in Geology / L. Garcia, M. Abel, M. Perrin, R. Alvarengarenata // Computers & Geosciences. 2019. Vol. 135. doi:10.1016/j.cageo.2019.104387.
2. Guarino N., Welty C. Evaluating ontological decisions with ontoclean // Communications of the ACM. 2002. Vol. 45. Pp. 61–65.
3. Zhong J., Aydin A., Mcguinness D. Ontology of fractures // Journal of Structural Geology. 2009. Vol. 31. Pp. 251–259. doi:10.1016/j.jsg.2009.01.008.

4. Kuznetsova E., Dadykin V. Analysis of an Industrial and Raw Material Facility as a Socio-Economic System // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, Vladivostok, Oct. 6–9, 2020. Vladivostok, 2020. P. 9271435. doi:10.1109/FarEastCon50210.2020.9271435.

5. Dadykin V.S. Formation of the mechanism of interaction in the management system of the subsoil fund of widespread minerals // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Ser.: Economics. 2017. No. 4. Pp. 86–91. doi:10.24143/2073-5537-2017-4-86-91.

6. Stepina O.M., Dadykin V.S. Application of GIS technologies in industrial enterprise management // Innovative and industrial potential of regional economic development : materials of the IV International Scientific and Practical Conference, Bryansk, March 31, 2017, Bryansk, 2017. Pp. 285–290.

Информация об авторах

В.С. Дадыкин – доктор экономических наук, доцент, декан факультета отраслевой и цифровой экономики, профессор кафедры «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета;

О.В. Дадыкина – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета.

Information about the authors

V.S. Dadykin – Doctor of Economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Industrial and Digital Economics, Professor of the Department of Digital Economics at Bryansk State Technical University;

O.V. Dadykina – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Digital Economics, Bryansk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 29.01.2024; одобрена после рецензирования 30.01.2024; принята к публикации 28.02.2024.

The article was submitted 29.01.2024; approved after reviewing 30.01.2024; accepted for publication 28.02.2024.