



Дадыкин В.С.
д.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», профессор кафедры «Цифровая экономика»
dadykin88@bk.ru



Дадыкина О.В.
к.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», доцент кафедры «Цифровая экономика»
atamanova_281287@mail.ru



Язвенко Н.А.
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», ассистент кафедры «Цифровая экономика»
nikolayyazvenko@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Жизненный цикл воспроизводственного процесса геологической продукции состоит из ряда этапов, имеющие разную временную продолжительность и свою специфику. Специфика геологической отрасли в данном случае состоит в том, что геологические организации, как правило, не являются субъектами предпринимательской деятельности, выполняющими геологоразведочные работы, принимая на себя все риски. Завершающим этапом в составе геологоразведочного процесса является сдача полученной геологической продукции в соответствующие фонды геологической информации, что предполагает дальнейшее использование геологической продукции в последующих работах. Следует учитывать значительный объем геологических данных, которые были накоплены за прошедшее время в части приращения геологической и других видов изученности. Для того, чтобы было возможным рассматривать ресурсы недр как минерально-сырьевые активы необходимо на регулярной основе обладать информацией об уровне геологической изученности, а также создать информационную систему и реализовать в ней возможности поиска рентабельных объектов по имеющимся данным. Целью данной работы является исследование методических аспектов планирования воспроизводственного цикла геологической продукции на основе онтологического моделирования, определение основных этапов (классов) стадии планирования геологоразведочного процесса в части воспроизводства минерально-сырьевых активов.

Ключевые слова: воспроизводство, минерально-сырьевые активы, геологическая продукция, онтологическая модель.

Рост объемов геологической изученности в действующих информационных системах приводит к необходимости построения базы знаний, содержащей набор базовых сущностей, позволяющих стыковать родственные понятия для обеспечения поддержки принятия управленческих решений по вопросам недропользования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Данная проблематика актуальна как для лиц, принимающих решения по вопросам недропользования в профильных департаментах регионального и федерального уровня, так и для предприятий – недропользователей.

К имеющимся данным по изученности добавился в настоящее время значительный объем геолого-экономической информации, содержащей количественные и качественные параметры объектов, содержащих минерально-сырьевые активы.

Первым этапом в рамках онтологической модели воспроизводства минерально-сырьевых активов является расчет обеспеченности горнодобывающих предприятий (рис. 1).

Необходимо понимать, какие виды сырья нуждаются в пополнении, прежде всего по стратегическим видам. Для расчета обеспеченности необходимо, согласно методике, заложенной в онтологическую модель, рассчитать значения параметров:

- количество месторождений;
- балансовые запасы категории A+B+C1;
- балансовые запасы категории C2;
- забалансовые запасы.

Если принимать во внимание специфику воспроизводственного процесса минерально-сырьевой базы, следует отметить, что необходимость в постановке и проведении геологоразведочных работ напрямую зависит от наличия потребности у предприятий в рамках ежегодных программ геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Потребность определяется стратегическими документами, включая программы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевых активов [1].

С целью выполнения расчетов в рамках вышерассмотренных этапов воспроизводственного цикла минерально-сырьевых активов нами предлагается ввести в онтологическую модель показатели (рис. 2).

Взаимодействие классов и показателей определяется набором свойств, которые вводятся в онтологическую модель в качестве связующего звена (рис. 3).

В данной работе онтологический подход предполагает создание базы знаний, сформированной на базе понятия триады. В результате каждый их экземпляров в одной из структур онтологии, который представлен классом, связывается с экземплярами других структур через набор свойств, рассмотренных выше. Пример полученной структуры показан на рисунке 4.

Введение в модель онтографа дополнительных классов приводит к появлению новых типов связей, например, между двумя классами: Объемы поисковых и геологоразведочных работ и «Затраты по стадиям геологоразведочных работ» (рис. 5).

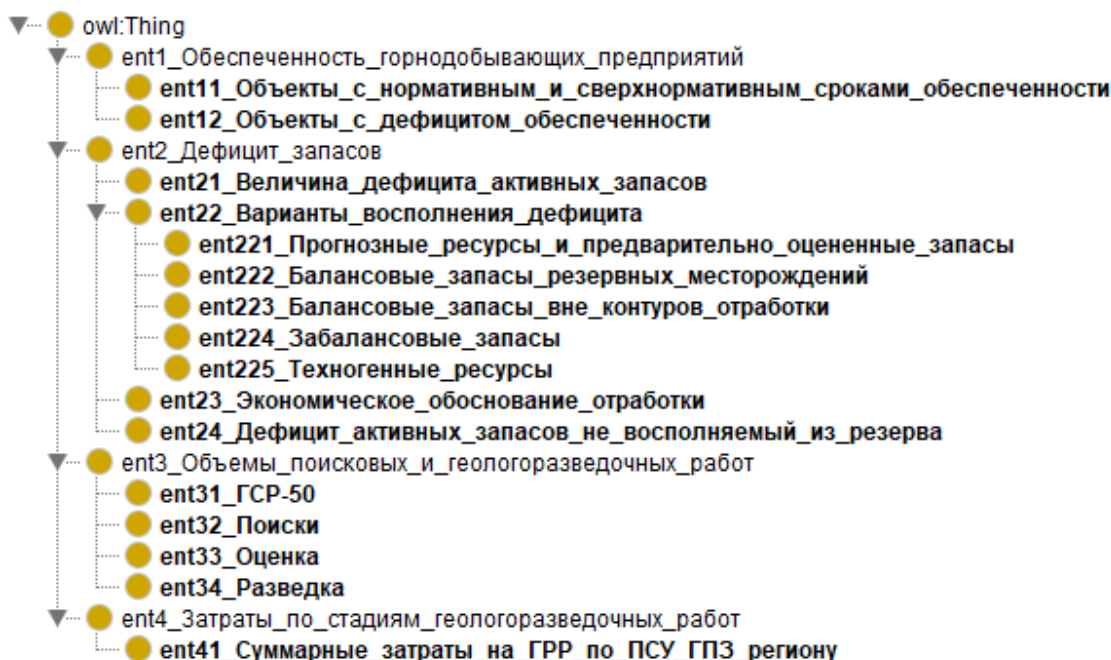


Рис. 1. Маркетинговая стадия жизненного цикла геологической продукции

- ◆ ind111_Количество_месторождений
- ◆ ind112_Балансовые_запасы_кат._A+B+C1
- ◆ ind113_Балансовые_запасы_кат._C2
- ◆ ind114_Забалансовые_запасы
- ◆ ind11_Стратегические_виды_сырья
- ◆ ind121_Количество_месторождений
- ◆ ind122_Балансовые_запасы_категорий_A+B+C1
- ◆ ind123_Балансовые_запасы_категории_C2
- ◆ ind124_Забалансовые_запасы
- ◆ ind12_Острodefицитные_виды_сырья
- ◆ ind131_Количество_месторождений
- ◆ ind132_Балансовые_запасы_категорий_C2
- ◆ ind132_Балансовые_запасы_категорий_A+B+C1
- ◆ ind134_Забалансовые_запасы
- ◆ ind13_Прочие_виды_полезных_ископаемых
- ◆ ind14_Количество_месторождений_с_активными_запасами_–_распределенный_фонд_недр
- ◆ ind151_Минимальное_промышленное_содержание_полезного_компонента
- ◆ ind152_Полные_эксплуатационные_затраты_на_добычу_и_обогащение_1_т_руды_с_учетом_налогов_вх
- ◆ ind153_Налоги_и_платежи_не_входящие_в_структуру_эксплуатационных_затрат
- ◆ ind154_Цена_1т_полезного_компонента_в_концентрате_без_НДС
- ◆ ind155_Кoэффициент_извлечения_при_обогащении
- ◆ ind156_Показатель_разубоживания_при_добыче
- ◆ ind157_Показатель_потерь_при_добыче
- ◆ ind15_Количество_активных_запасов_руды_категорий_A+B+C1_(распределенный_фонд_недр)
- ◆ ind161_Количество_месторождений
- ◆ ind162_Балансовые_запасы_категорий_A+B+C1
- ◆ ind163_Балансовые_запасы_категории_C2
- ◆ ind16_Распределенный_фонд_недр
- ◆ ind21_Дефицит_обеспеченности_разведанными_запасами
- ◆ ind221_Среднегодовой_объем_добычи_предусмотренный_проектом_отработки_месторождения
- ◆ ind222_Среднегодовой_объем_погашения_предусмотренный_проектом_отработки_месторождения
- ◆ ind22_Обеспеченность_активными_запасами_(проектный_уровень_погашения)
- ◆ ind23_Обеспеченность_нормативная
- ◆ ind24_Прирост_разведанных_запасов_кат._A+B+C1_необходимый_для_восполнения_дефицита_запасов
- ◆ ind25_Дефицит_активных_запасов
- ◆ ind26_Время_реализации_минерально-сырьевого_объекта

Рис. 2. Показатели в составе онтологической модели

В онтологии также содержатся результаты оценки состояния каждого из параметров – показателей k_i , где i – код показателя, т.е. коэффициентов перехода к запасам промышленных категорий A+B+C1 в результате «отхода» минерально-сырьевых объектов на поисках и оценке и «отхода» отдельных рудных тел на стадии разведки. Расчетным путем определены значения коэффициентов по онтологии для различных стадий геологоразведочных работ (**таблица 1**).

Для автоматизации расчета данных показателей по горнопромышленным зонам (ГПЗ), промышленно-сырьевым узлам (ПСУ), промышленно-сырьевым объектам (ПСО) в рамках онтологии разработана **таблица 2**.

По тематике формирования онтологических моделей, применительно к узкоспециализированным предметным областям, смежным по

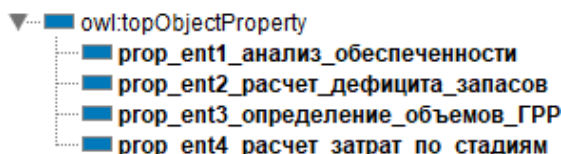


Рис. 3. Свойства в составе онтологической модели

отношению к объекту исследования, следует отметить следующие работы, используемые в процессе анализа [2-3].

Так, в работе [2] предлагается сформировать GeoCore Ontology, как монолитную онтологию для геологической базы знаний. Проблема семантической совместимости связана со сложностью интеграции ресурсов, разработанных с использованием разных словарей и разных точек зрения на организацию данных в структуре онтологии. В [3] авторы утверждают, что данные и информацию агрегируют в контексте конкретных приложений, что затрудняет их повторное использование в

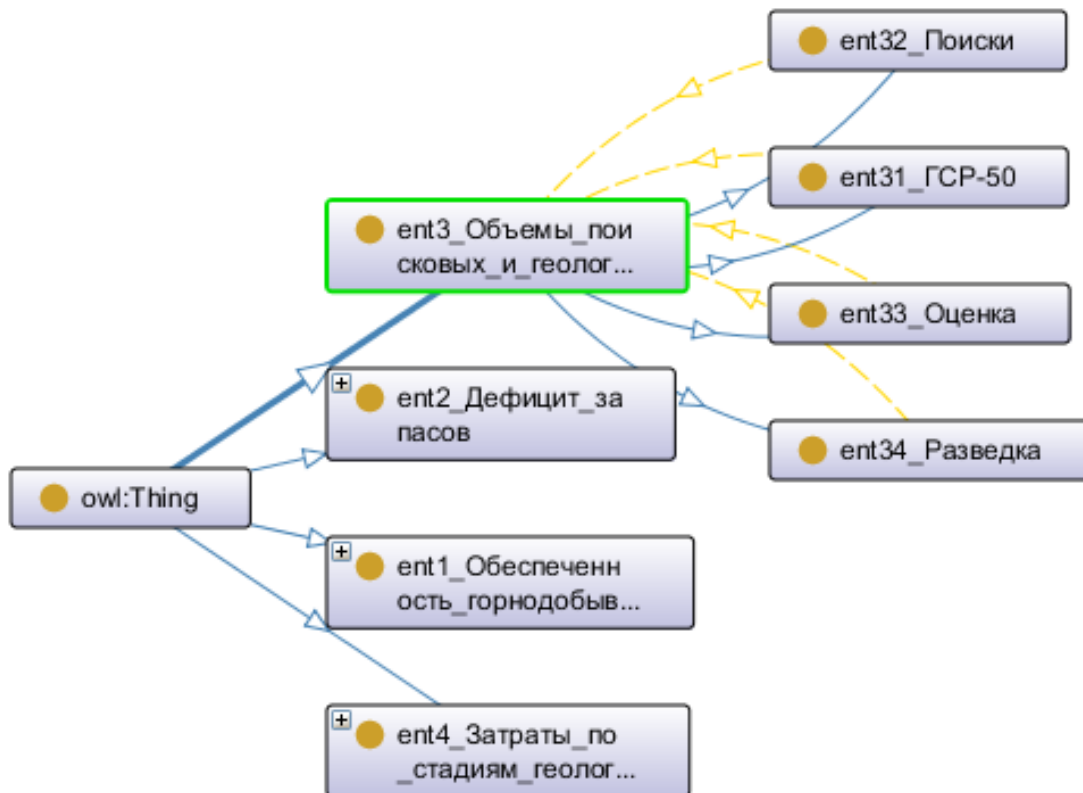


Рис. 4. Модель онтографа данных по воспроизводству минерально-сырьевых активов по классу «Объемы поисковых и геологоразведочных работ»

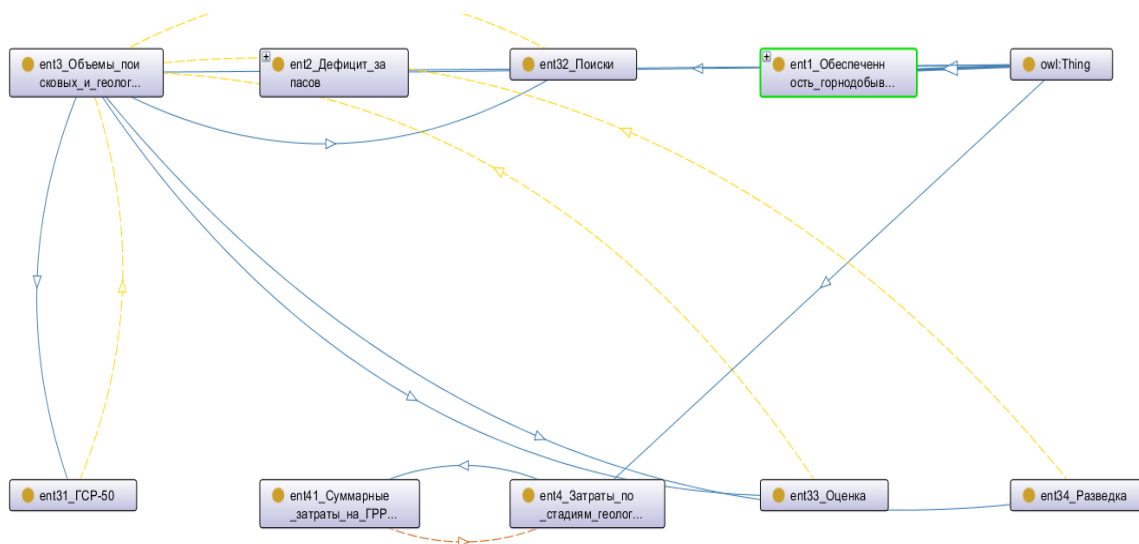


Рис. 5. Модель онтографа по связям классов «Объемы поисковых и геологоразведочных работ» и «ent4_Затраты_по_стадиям_геологоразведочных_работ»

Таблица 1
Коэффициенты перехода к запасам промышленных категорий

Коэффициент	Диапазон значений, согласно расчетам в онтологической модели	Стадия геологоразведочных работ
k_1	0,03-0,2	ГСР-50
k_2	0,36-0,5	Поиски
k_3	0,7-0,8	Оценки
k_4	0,9-0,95	Разведка

Таблица 2
Параметры восстановления дефицита минерально-сырьевых активов посредством воспроизводственных процессов

Федеральный округ, субъект РФ, ГПЗ, ПСУ, ПСО (участок недр)	Дефицит разведанных (активных) запасов кат. $A+B+C_1$	Прогнозируемый конечный результат ГРП – прирост разведанных (активных) запасов кат. $A+B+C_1$ в результате реализации прогнозных ресурсов при проведении ГРП стадий:				Итого (- дефицит; + профицит; 0 - компенсация)	Экспертная оценка надежности получения результата (высокая, средняя, низкая)
		разведки $(C_2+P_1) \times k_4$	оценки $(P_1+P_2) \times k_3$	поисков $(P_2+P_3) \times k_2$	ГС-50 $P_3 \times k_1$		
1	2	3	4	5	6	7	8

новых предметных областях. Кроме того, различные наборы данных не суммируются, и, таким образом, теряются возможные преимущества интеграции данных. В этом контексте семантически совместимые системы должны быть способны обмениваться данными там, где точное значение данных легко доступно, и любая система может перевести сами данные в понятную ей форму. В геологической области задача интеграции данных и обеспечения совместимости систем ранее рассматривалась. Интеграция на уровне онтологической модели имеет важнейшее значение для предоставления необходимой информации для поддержки принятия управленческих решений.

В работе [3] отмечаются следующие наиболее комплексные предпосылки внедрения онтологических моделей в предметную область:

- 1) значительные объемы данных;
- 2) хранение информации в гетерогенных базах данных;
- 3) несовместимость форматов данных в различных информационных ресурсах.

В то же время проблема интероперабельности в геологии по-прежнему, не теряет своей актуальности [4,5]. Напротив, цифровая трансформация на местах, то есть замена нецифровой или ручной деятельности цифровыми бизнес-процессами, только усилила масштабы проблемы [3]. Геологическая информация оцифро-

вуется, но простой перевод ее в электронный вид не позволяет полноценно задействовать оцифрованные данные в процессе принятия управленческих решений без соответствующих семантических моделей.

Таким образом, ключевые особенности рассмотренных в данной работе методических аспектов состоят в следующем:

1. в узкой специализации, рассматривается процесс формирования онтологии применительно к региональной специфике планирования и прогнозирования результатов геологоразведочных работ, направленных на геологическое изучение недр и воспроизводство минерально-сырьевых активов с возможностью масштабирования полученных результатов;

2. в комплексности предлагаемых проектных решений: от онтологической модели к созданию геоинформационной аналитической системы планирования и прогнозирования геологоразведочных работ на основе интеграции информационных ресурсов посредством онтологического инжиниринга;

3. предложенная система оценки показателей позволяет определить в количественном выражении прогнозируемый результат геологоразведочных работ с учетом вероятности определения запасов промышленных категорий. ^{XXI}

Литература

1. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.03.2021 № 515) режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_programmy/gosudarstvennaya_programma_rossiyskoy_federatsii_vosproizvodstvo_i_ispolzovanie_prirodnokh_resursov2/, дата обращения: 10.10.2022 г.
2. GARCIA, L. F. et al. A conceptual framework for rock data integration in reservoir models based on ontologies. *International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research (IJMSTR)*, IGI Global, v. 5, n. 1, p. 71–82, 2017.
3. ABEL, M. et al. Ontologies and data models: essential properties and data modeling for petroleum exploration. *Foundations, the Journal of the Professional Petroleum Data Management Association - Volume 3, Issue 1*, 2016.
4. Kuznetsova, E. Analysis of an Industrial and Raw Material Facility as a Socio-Economic System / E. Kuznetsova, V. Dadykin // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – Vladivostok, 2020. – P. 9271435. – DOI 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271435. – EDN YUYRUS.
5. Дадыкин, В. С. Анализ и оценка обеспеченности предприятий железной рудой на основе геоэкономического мониторинга / В. С. Дадыкин // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2017. – № 11(157). – С. 35-39. – EDN YTFEHM.
6. Дадыкин, В. С. Формирование механизма взаимодействия в системе управления фондом недр общераспространенных полезных ископаемых / В. С. Дадыкин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2017. – № 4. – С. 86-91. – DOI 10.24143/2073-5537-2017-4-86-91. – EDN ZXFFLF.
7. Дадыкин, В. С. Снижение воспроизводства минерально-сырьевой базы как угроза экономической безопасности / В. С. Дадыкин, О. В. Дадыкина // Социально-экономические и гуманитарные исследования: проблемы, тенденции и перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Брянск, 27–28 апреля 2016 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2016. – С. 24-27. – EDN XDITIN.

UDC 332.14:004.9

V.S. Dadykin, Doctor of Economics, Associate Professor, Bryansk State Technical University, Professor of the Department of Digital Economy, dadykin88@bk.ru

O.V. Dadykina, Candidate of Economics, Associate Professor, Bryansk State Technical University, Associate Professor of the Department of Digital Economy, atamanova_281287@mail.ru

N.F. Yazvenko, Bryansk State Technical University, Assistant of the Department of «Digital Economy», nikolayyazvenko@mail.ru

METHODOLOGICAL ASPECTS OF PLANNING THE REPRODUCTION CYCLE OF GEOLOGICAL PRODUCTS BASED ON ONTOLOGICAL MODELING

Abstract: The life cycle of the reproduction process of geological products consists of a number of stages that have different time duration and their own specifics. The specifics of the geological industry in this case is that geological organizations, as a rule, are not business entities performing geological exploration, taking on all the risks. The final stage in the geological exploration process is the delivery of the received geological products to the appropriate funds of geological information, which implies the further use of geological products in subsequent work. It is necessary to take into account the significant amount of geological data that has been accumulated over the past time in terms of the increment of geological and other types of study. In order to be able to consider subsurface resources as mineral resources, it is necessary to have information on the level of geological knowledge on a regular basis, as well as to create an information system and implement in it the possibilities of searching for profitable objects based on available data. The purpose of this work is to study the methodological aspects of planning the reproduction cycle of geological products based on ontological modeling, to determine the main stages (classes) of the planning stage of the exploration process in terms of reproduction of mineral resources.

Keywords: reproduction, mineral resources, geological production, ontological model.