



УДК: 550.83:553.495:550.8.052

Исломбек И. ЯДГАРОВ,

Начальник отдела оценки запасов по стандарту JORC и внедрения геомоделирования, Государственное предприятие «Навоийуран», Навои, Навоийская область, Узбекистан, E-mail: I.Yadgarov@navoiyuran.uz, Orcid: 0009-0001-0041-2852

Нодирхон К. АБДУЛЛАЕВ,

Преподаватель факультета геологии и инженерной геологии, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан

E-mail: khon.abdullaev@gmail.com, Orcid: 0009-0003-0940-1097

Эркин У. МАХМУДОВ,

Заместитель главного геофизика, Государственное предприятие «Навоийуран», Навои, Навоийская область, Узбекистан

E-mail: e.mahmudov@navoiyuran.uz

Под рецензированием Начальника тематической службы Центра урановой геологии Государственного предприятия «Навоийуран», д.г.-м.н. Б. Мирходжаева

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПЕСЧАНИКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СУГРАЛИ

Аннотация

В статье рассмотрены геофизические методы исследования скважин при прогнозировании уранового оруденения песчаникового месторождения Суграла. Проведен анализ комплекса геофизических методов, включающих гамма-каротаж, метод мгновенных нейтронов деления, электрические методы каротажа и методы контроля технического состояния скважин. Показана роль геофизических данных при построении трехмерной геологической модели месторождения. Обоснована эффективность применения 3D моделирования при прогнозировании уранового оруденения и оптимизации размещения технологических скважин.

Ключевые слова: уран, геофизические исследования, гамма-каротаж, 3D моделирование, месторождение Суграла, песчаниковые месторождения.

GEOPHYSICAL WELL LOGGING FOR FORECASTING URANIUM MINERALIZATION OF THE SUGRALI SANDSTONE DEPOSIT

Annotation

The article discusses geophysical well logging methods for forecasting uranium mineralization in the Sugrali sandstone deposit. The complex of geophysical methods including gamma logging, prompt fission neutron method, electrical logging, and well condition monitoring is analyzed. The role of geophysical data in constructing a three-dimensional geological model is demonstrated.

Keywords: uranium, geophysical logging, gamma logging, 3D modeling, Sugrali deposit, sandstone uranium deposits.

SUGRALI KONINING QUMTOSH TIPIDAGI URAN RUDALANISHINI PROGNOZLASHDA QUDUQLARNI GEOFIZIK TADQIQOTLARI

Annotatsiya

Mazkur maqolada Sugrali qumtosh tipidagi uran konida rudalanishni prognozlashda quduqlarni geofizik tadqiqot usullari ko'rib chiqilgan. Gamma-karotaj, tezkor neytron usuli, elektr karotaj usullari hamda quduqlar texnik holatini nazorat qilish usullari tahlil qilingan. Geofizik ma'lumotlar asosida uch o'lehamli geologik model qurish samaradorligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: uran, geofizik tadqiqotlar, gamma-karotaj, 3D modellashirish, Sugrali koni, qumtosh konlari.

Введение. В настоящее время песчаниковые месторождения урана являются одним из основных источников добычи урана в мире. Разработка таких месторождений осуществляется преимущественно методом подземного выщелачивания, который отличается высокой экономической эффективностью и экологической безопасностью [1].

Эффективность разработки урановых месторождений во многом зависит от точности прогнозирования уранового оруденения и построения геологических моделей. В связи с этим особое значение приобретают геофизические исследования скважин, позволяющие получать оперативную информацию о геологическом строении разреза и параметрах уранового оруденения [2].

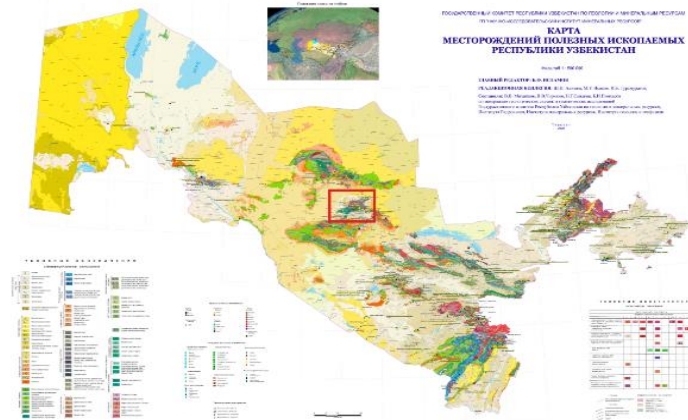
Песчаниковые месторождения характеризуются сложным геологическим строением, неоднородностью литологического состава и изменчивостью фильтрационных свойств пород. Эти особенности усложняют прогнозирование уранового оруденения и требуют применения современных методов обработки и интерпретации данных [3].

Одним из эффективных подходов является использование трехмерного геологического моделирования на основе данных геофизических исследований скважин. Применение 3D моделирования позволяет уточнить пространственное положение рудных тел и повысить эффективность разработки месторождений [4].

Целью данной работы является исследование возможностей геофизических методов при прогнозировании уранового оруденения песчаникового месторождения Суграла на основе 3D моделирования.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ геофизических методов исследования скважин
- изучение особенностей песчаникового месторождения Суграли
- разработка методики интерпретации геофизических данных
- построение трехмерной геологической модели
- прогнозирование уранового оруденения



Геологическая характеристика месторождения Суграли. Месторождение Суграли относится к песчаниковому типу урановых месторождений и характеризуется пластовым распределением уранового

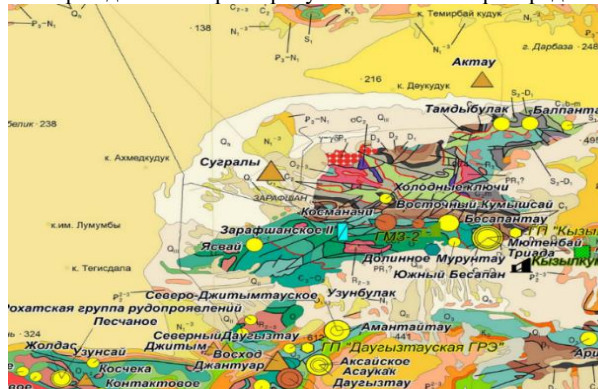


Схема расположения месторождения Суграли. (источник: https://www.geoportal-uz.org/wp-content/uploads/%D0%A5_%D0%92%D1%81%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD_%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF_%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BB_%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0.jpg).

оруденения. Рудоносные горизонты приурочены к песчаным отложениям, обладающим повышенными фильтрационными свойствами.

Геологический разрез месторождения представлен чередованием песчаников, алевролитов и глинистых пород. Основные рудные горизонты приурочены к проницаемым песчаным пластам, перекрытым водоупорными глинистыми породами.

Урановое оруденение формируется в зонах окислительно-восстановительных барьеров, связанных с изменением гидрогеохимических условий. Мощность рудных залежей варьируется от нескольких метров до десятков метров.

Основными параметрами уранового оруденения являются:

- мощность рудного интервала
- содержание урана
- глубина залегания
- фильтрационные свойства пород

Для изучения этих параметров широко применяются геофизические исследования скважин.

Методика геофизических исследований скважин. Геофизические исследования скважин являются основным источником информации при изучении песчаниковых месторождений урана. Комплекс геофизических методов позволяет определить литологическое строение разреза, выявить рудные интервалы и оценить содержание урана [5].

При исследовании месторождения Суграли применяется комплекс геофизических методов, включающий:

- гамма-каротаж
- метод мгновенных нейтронов деления
- электрические методы каротажа
- резистивиметрию
- токовый каротаж
- термометрию
- кавернометрию

- инклинометрию

Комплексное применение указанных методов позволяет получить достоверную информацию о параметрах уранового оруденения.

Гамма-каротаж. Гамма-каротаж является основным методом выявления уранового оруденения. Метод основан на регистрации естественного гамма-излучения пород, обусловленного присутствием радиоактивных элементов, в первую очередь урана [6].

Гамма-каротаж применяется для решения следующих задач:

- литологическое расчленение разреза
- выявление рудных интервалов
- определение мощности залежей
- оценка содержания урана
- расчет линейных запасов

Количественная интерпретация гамма-каротажа выполняется по следующей формуле:

$$C_u = K \cdot (I - I_{\phi})$$

где: C_u – содержание урана, K – коэффициент пересчета, I – интенсивность гамма-излучения, I_{ϕ} – фоновое значение.

Данная методика широко применяется при разведке урановых месторождений песчаникового типа [7].

Метод мгновенных нейтронов деления. Метод мгновенных нейтронов деления (КНДм) применяется для прямого определения содержания урана. Метод основан на регистрации мгновенных нейтронов деления, возникающих при взаимодействии нейтронов с ядрами урана [8].

Основными преимуществами метода являются:

- высокая точность
- возможность оперативной оценки
- независимость от литологии

Метод применяется при детальной разведке, эксплуатационном контроле и уточнении содержания урана.

Электрические методы каротажа. Электрические методы используются для определения фильтрационных свойств пород и гидрогеологических условий месторождения.

Основные методы:

1. Метод сопротивления (КС). Метод применяется для определения:

- литологии пород
- пористости
- проницаемости

Высокие значения сопротивления характерны для песчаных пород, являющихся коллектором уранового оруденения [9].

2. Метод потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС). Метод ПС используется для:

- выделения песчаных пластов
- определения границ пластов
- оценки фильтрационных свойств

Метод широко применяется при исследовании песчаниковых месторождений [10].

Резистивиметрия. Резистивиметрия применяется для изучения гидрогеологических условий и контроля процесса подземного выщелачивания. Метод позволяет определить движение растворов и изменение фильтрационных свойств пород.

Геофизические методы контроля эксплуатации. При эксплуатации месторождения применяются дополнительные методы:

1. Термометрия. Метод используется для контроля движения технологических растворов. Изменение температуры свидетельствует о перемещении растворов в продуктивных горизонтах [11].

2. Кавернометрия. Метод применяется для контроля состояния скважин и определения диаметра ствола.

3. Инклинометрия. Инклинометрия используется для контроля отклонения скважин от вертикали.

Методика интерпретации геофизических данных. Интерпретация геофизических данных выполняется в несколько этапов:

1. Первичная обработка данных
2. Коррекция показаний
3. Выделение рудных интервалов
4. Расчет содержания урана
5. Построение геологической модели

Расчет линейных запасов выполняется по формуле:

$$Q = C_u \cdot m$$

где: Q – линейный запас, C_u – содержание урана, m – мощность рудного интервала.

Использование 3D моделирования при прогнозировании уранового оруденения. Современные методы геологического моделирования позволяют существенно повысить точность прогнозирования уранового оруденения. Для построения трехмерной геологической модели месторождения Суграла используются данные геофизических исследований скважин, результаты интерпретации каротажных диаграмм и геологоразведочные материалы [12].

Трехмерное моделирование выполняется в несколько этапов:

1. Подготовка исходных данных
2. Корреляция геологических горизонтов
3. Построение структурной модели

4. Построение литологической модели
5. Построение модели уранового оруденения
6. Прогнозирование перспективных участков

На первом этапе производится сбор и подготовка геофизических данных. В качестве исходной информации используются:

- данные гамма-каротажа
- данные КНДм
- электрический каротаж
- координаты скважин
- геологические данные

На втором этапе выполняется корреляция геологических горизонтов. На основе анализа геофизических диаграмм выделяются продуктивные горизонты и водоупорные слои.

На третьем этапе строится структурная модель месторождения. Определяются:

- кровля продуктивного горизонта
- подошва продуктивного горизонта
- границы рудных тел

Далее выполняется построение литологической модели. При этом используются данные электрического каротажа и гамма-каротажа.

После построения литологической модели формируется модель уранового оруденения. В качестве параметров используются:

- содержание урана
- мощность рудных интервалов
- линейные запасы

Полученная модель позволяет прогнозировать распределение уранового оруденения в межскважинном пространстве [13].

Заключение. Геофизические исследования скважин являются эффективным инструментом прогнозирования уранового оруденения песчаных месторождений. Комплексное применение геофизических методов позволяет повысить точность геологических моделей и эффективность разработки месторождений.

Использование трехмерного моделирования позволяет уточнить пространственное распределение уранового оруденения и повысить эффективность разработки месторождения Суграли.

Результаты проведенных исследований подтверждают эффективность применения геофизических методов при прогнозировании уранового оруденения песчаных месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. МАГАТЭ. Руководство по разведке урановых месторождений. Вена, 2018.
2. Методика геофизических исследований урановых месторождений. Москва, Недра, 2016.
3. Бондаренко В.М. Геология урановых месторождений. Москва, 2015.
4. Методика трехмерного геологического моделирования месторождений. Москва, 2019.
5. Инструкция по геофизическим исследованиям скважин при разведке урановых месторождений, 2023.
6. Дахнов В.Н. Геофизические методы исследования скважин. Москва, Недра, 2014.
7. Добрынин В.М. Каротаж скважин. Москва, Недра, 2012.
8. Метод мгновенных нейтронов деления. Методические рекомендации. Москва, 2017.
9. Шарифов Р.Х. Геофизические методы разведки. Ташкент, 2018.
10. Методика электрического каротажа. Москва, Недра, 2016.
11. Геофизические методы контроля разработки месторождений. Москва, 2019.
12. Методика построения геологических моделей. Москва, 2020.
13. Трехмерное моделирование урановых месторождений. Москва, 2021.