

заседании д. г.-м. н. Брехунцов А.М. высказал озабоченность о своевременном расселении работников нефтегазового комплекса Сургута и Нижневартовска, в связи с предстоящим сокращением и ликвидацией Западно-Сибирского нефтяного центра. В свою очередь, акад. Конторович А.Э. дал прогноз последствий «декарбонизации», последствий, которые соизмеримы с горбачевской перестройкой. Позиция ученых и геологов Республики Татарстан сводится к интенсивному развитию карбоновых полигонов «Карбон-Поволжье» как центра сбора данных, которые в дальнейшем могут быть интегрированы в общую модель эмиссии и стоков парниковых газов [7]. В то же время ставится стратегическая задача на ближайшие 20-30 лет обеспечить страну конкурентными на мировом рынке углеводородами, которые необходимо добывать экономично, экологично, с низким углеродным «следом».

Литература

1. Алеева А.О., Исаев В.И., Лобова Г.А. Сравнительная геофизическая и петрофизическая характеристика юрских отложений как прогнозно-поисковый признак доюрских залежей углеводородов (Томская область). Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа – XXI век: Материалы Всерос. науч. конф. с участием иностранных ученых, посв. 150-летию акад. АН СССР И. М. Губкина и 110-летию акад. АН СССР и РАН А. А. Трофимука. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2021. С. 144-147.
2. Карташов И. Палеозой может стать брендом области. Недр и ТЭК^{плюс} Сибири. 2021. № 7. С. 14-16.
3. Крутенко Д.С. Распределение плотности теплового потока и вещественного состава палеозойского фундамента (запад Томской области) – настоящий сборник.
4. Меренкова А.С. Карта плотности теплового потока востока Томской области – настоящий сборник.
5. Надежды в тумане. Перспективы стабилизации нефтяной отрасли оценивают осторожнее, чем раньше. Недр и ТЭК^{плюс} Сибири. 2021. № 7. С. 11-13.
6. Новостная лента ИА Neftegaz.ru от 05 марта 2018 г. URL: <https://neftgaz.ru/news/view/169610> (обращение 28.05.2018).
7. Нурғалиев Д.К., Селивановская С.Ю., Кожевникова М.В., Галицкая П.Ю. Некоторые вызовы и возможности для России и регионов в плане глобального тренда декарбонизации // Георесурсы. – 2021. – 23(3). – С. 8–16.
8. Проектная революция. Интервью с генеральным директором ПАО «Газпром нефть» М.М. Хасановым. Газпром. 2018. № 3. С. 20-26.

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА НА ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА

Бейсекеев Е.Ш.

Научный руководитель профессор Язиков Е.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На урановородных месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа преобладающей технологией рудоизвлечения является подземное скважинное выщелачивание. Данная технология получила широкое распространение на территории стран СНГ благодаря ряду преимуществ, включая низкую себестоимость и экологическую безопасность, относительно традиционного, открытого способа добычи.

Однако, подземное скважинное выщелачивание имеет и определенные нюансы, к числу которых можно отнести необходимость оценки динамики растекания технологических растворов в рудовмещающей толще и изменения породы при определенных сложностях организации геофизических исследований скважин. Кроме того, специфика вскрытия руды и ее извлечения при подземно-скважинном выщелачивании усложняет получение керна, которое, как правило, возможно, произвести только на наблюдательных скважинах. А между тем, в условиях подземной добычи на пластово-инфильтрационных месторождениях, неверная оценка динамики и масштабов растекания технологических растворов чревата снижением коэффициента рудоизвлечения, и, как следствие – общей рентабельности производства [4].

Применение геофизических методов исследования скважин в условиях подземного скважинного выщелачивания, является наиболее полным источником информации для мониторинга движения жидкости в продуктивной толще. В числе данных методов, особенно эффективен метод индукционного каротажного зондирования. Данный метод, основанный на получении информации об электропроводности породы, имеет ряд неоспоримых преимуществ, и в первую очередь это возможность мониторинга изменения фильтрационных свойств, за счет изменения электропроводности пород, охваченных выщелачиванием [1].

В то же время, как и при применении любого другого геофизического метода, в данном случае важным является проведение индукционного каротажного зондирования с той периодичностью, которая позволяет получить достоверную картину динамики движения технологических растворов без существенного повышения эксплуатационных расходов.

Поэтому, организация оптимальной схемы мониторинга процесса выщелачивания с использованием индукционного каротажа имеет важное как промышленное, так и экономическое значение.

Нами был разработан алгоритм определения оптимальной рабочей частоты и периодичности проведения индукционного каротажа на месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа. Данный алгоритм позволяет упорядочить как процесс контроля растекания растворов, так и соответствующие эксплуатационные затраты за счет точечного и целенаправленного использования аппаратуры с необходимой периодичностью. Разработанный алгоритм опирается на анализ эмпирических данных о скорости выщелачивания на пластово-инфильтрационных месторождениях урана Шу-Сарысуйской урановородной

провинции – Инкай и Моинкум, которые характеризуются широким разбросом текстурно-структурных свойств рудовмещающих пород [2, 3].

Периодичность применения индукционного каротажа на данный момент оставляется на усмотрение управляющей компании, и существующие технические нормативы носят общий рекомендательный характер. Минимальная периодичность – до закисления, после закисления и на этапе ликвидации технологического блока. Рекомендуемая оптимальная периодичность – раз в три месяца, представляется достаточно сложно выполнимой и весьма затратной в условиях требуемой непрерывности процесса подземного выщелачивания [5].

При разработке алгоритма определения периодичности индукционного каротажа, мы опирались на потребности в отслеживании динамики техногенного изменения петрофизических, петрохимических и гидрологических характеристик вскрытого рудного тела. Следовательно, полагаем, что требуемая периодичность, определяется как исходными геофизическими, петрофизикохимическими и гидрогеологическими условиями, так и особенностями режима выщелачивания. Разработанный способ определения оптимальной периодичности опирается на следующие показатели:

- на петрохимические свойства продуктивной толщи, в частности – на исходный уровень РН, который оказывает непосредственное влияние на скорость перехода растворенного урана в сорбционную стадию;
- на параметры режима выщелачивания: скорость фильтрации, термобарический режим, концентрацию и вязкость раствора.

Рекомендуемая периодичность проведения индукционного каротажа опирается на скорость выщелачивания, которая пропорциональна концентрации раствора и скорости перехода минерала из твердой фазы в сорбционную при различных РН среды, охваченной выщелачиванием [7].

Следует отметить, что рекомендуемая периодичность применения индукционного каротажа может быть скорректирована в зависимости от стадии разработки месторождения. На поздней и зрелой стадии разработки скорость реакции будет падать, что особенно важно учитывать при невысокой концентрации раствора [6].

Алгоритм предполагает допущение о диффузном характере массопереноса и относительной стационарности давления и температур, поддерживаемых технологическим оборудованием в процессе рудоизвлечения. Кроме того, скорость выщелачивания определяется скоростью диффузного массопереноса в большей степени, нежели скоростью химической реакции, уравнение скорости выщелачивания имеет следующий вид:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{DFdc}{d} \quad (1)$$

где:

$\left(\frac{dN}{dt}\right)$ – количество продифундированного раствора;

D – коэффициент диффузии;

F – площадь фильтрации;

d – толщина диффузного слоя;

C – концентрация раствора.

Скорость выщелачивания прямо пропорциональна температуре и обратна пропорциональна вязкости раствора, а количество продифундированного раствора равно коэффициенту фильтрации [7, с.134-135]. Соответственно, уравнение скорости выщелачивания принимает вид:

$$v = \frac{DFdc}{d} \quad (2)$$

где:

v – скорость массопереноса.

На основании расчета по приведенным выше формулам, далее, согласно разработанному нами алгоритму, периодичность проведения индукционного каротажа определяется по представленной ниже схеме.

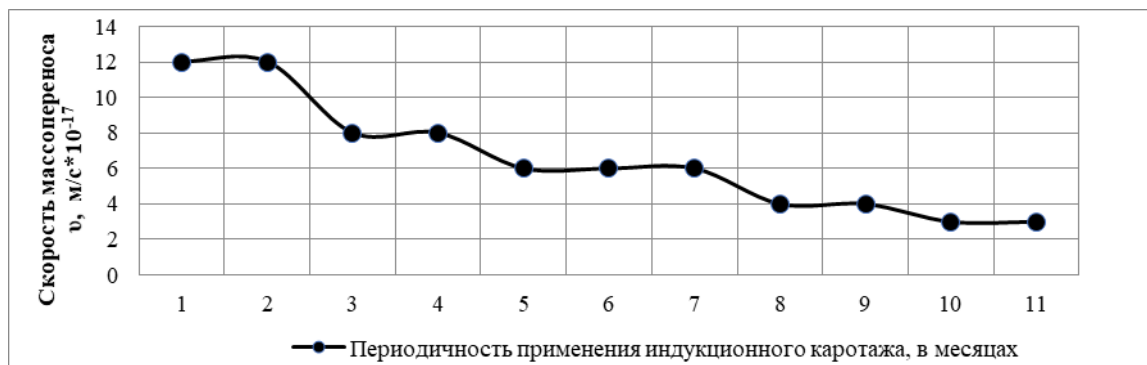


Рис. Определение периодичности применения индукционного каротажа в зависимости от скорости массопереноса в процессе выщелачивания урана

Таким образом, предложенный алгоритм определения периодичности применения индукционного каротажа для мониторинга движения технологических растворов позволяет учитывать специфические условия режима выщелачивания, обеспечивая возможность оптимизации данного процесса с точки зрения технико-экономической целесообразности.

Литература

1. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС [Текст]: учебное пособие / Пермский Государственный Технологический Университет; сост. В.Н. Косков; сост. Б.В. Косков – Пермь: Изд-во Перм. Гос.тех. ун-та, 2007. – 317 с.
2. Данные по комплексному геофизическому исследованию скважинного фонда месторождения Инкай [Текст] / КазАтомпром, 2019. – 76 с.
3. Данные по комплексному геофизическому исследованию скважинного фонда месторождения Моинкум [Текст] / КазАтомпром, 2019. – 84 с.
4. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания [Текст] / Северский Технологический Институт; сост. М.Д. Носков. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. – 83 с.
5. Об утверждении Правил стадийности геологоразведки [Электронный ресурс]: Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 18.05.2018 № 342. – Доступ из справ.-правовой системы «Әділет»
6. Технология урана и плутония [Текст] учебное пособие / Томский Политехнический университет; сост. А. А. Маслов, Г.В. Каляцкая, Г.Н. Амелина и др.; под ред. А. А. Маслова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 97 с.
7. Химия и технология урана [Текст]: учебное пособие для вузов / Центральный научно-исследовательский институт управления, экономики и информации Министерства атомной промышленности; сост. Н.С. Тураев; сост. И.И. Жерин. – М.: Изд – во ФГУП ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407с.

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ И ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ ПОРОД КАК ФАКТОР ПРЕИМУЩЕСТВА ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА НА ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА

Бейсекеев Е.Ш.

Научный руководитель профессор Язиков Е.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Добыча урана на пластово-инфильтрационных месторождениях стала возможна в конце 70-х годов благодаря разработке метода подземно-скважинного выщелачивания. Данный метод является одним из наиболее щадящих по отношению к окружающей среде, и, в то же время, отличается высоким показателем рудоизвлечения – в пределах 80-90 % [3].

Однако пластово-инфильтрационные месторождения урана представляют собой среды, достаточно сложные для применения геофизических исследований. Эпигенетический характер формирования месторождений предполагает наличие сложно дифференцированных по фильтрационным свойствам интервалов, что создает трудности как при литолого-фациальном картировании, так и в процессе контроля растекания технологических растворов [6]. Особую сложность представляют тонкослоистые среды, сложенные породами с участками глинистой цементации. Петрофизикохимические и литологические особенности высокодифференцированных по фильтрационным свойствам сред, предполагают ограничения в информативности таких методов геофизического исследования как гамма-каротаж, термометрия, а также каротаж потенциала собственной поляризации и другие электрические методы исследования. В частности, высокое удельное сопротивление – от 500 Ом*м, является фактором, ограничивающим применение каротажа сопротивлений и каротажа потенциала собственной поляризации. Кроме того, информативность перечисленных методов существенно снижается после закисления, в силу изменения породы под воздействием выщелачивающего раствора и искажения вследствие термобарического воздействия [1, 5].

Нивелировать недостатки вышеназванных методов возможно с применением индукционного каротажа как метода контроля растекания технологических растворов.

Применение индукционного каротажа, основано на замере кажущегося удельного сопротивления σ (величина, обратная кажущейся удельной электропроводности γ). Сущность эффективности индукционного каротажа как метода мониторинга растекания технологических растворов кроется в прямой корреляционной зависимости динамики геоэлектрических свойств породы и изменения ее фильтрационных свойств под воздействием выщелачивающего раствора [7].

Многолетний опыт применения индукционного каротажного зондирования в условиях отработки пластово-инфильтрационных месторождений Шу-Сарысуйской урановорудной провинции, в частности – на месторождении Инкай, дает возможность исследовать и наглядно продемонстрировать наличие сильной прямой линейной корреляционной зависимости между проницаемостью породы и ее электропроводностью. Причем наличие данной зависимости справедливо как для природных исходных параметров рудовмещающей толщи, так и для динамики ее изменения под воздействием выщелачивающего раствора. Рудовмещающие толщи на гидрогенных месторождениях Шу-Сарысуйской урановорудной провинции сложены преимущественно песчаными и песчано-алевролитными породами, с проницаемостью до 36 мД, с пропластками практически непроницаемых глинистых и илово-глинистых отложений, толщина которых может варьироваться от долей метра до двух метров. Отмечаются интервалы с высокодифференцированными тонкослоистыми породами,