

Научная статья
УДК 622.276.6

ИНДЕКСЫ СТАБИЛЬНОСТИ ВОДЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ РИСКОВ КОРРОЗИИ И ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ

Анастасия Ивановна Афонина¹, Афанасий Андреевич Протазанов²

^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

² ООО «Бантер Групп», Екатеринбург, Россия

¹ Nastya.afonina.00@inbox.ru

² Protazanov.A@yandex.ru

Аннотация. В статье исследуются физико-химические характеристики пластовой воды для оценки рисков коррозии и образования минеральных отложений в условиях нефтегазового месторождения. С использованием индексов Ланжелье и Ризнера оценивается стабильность воды и ее склонность к образованию карбонатных отложений.

Ключевые слова: пластовая вода, коррозия, минеральные отложения, индекс Ланжелье, индекс Ризнера, стабильность воды, нефтегазовое месторождение

Для цитирования: Афонина А. И., Протазанов А. А. Индексы стабильности воды как инструмент оценки рисков коррозии и образования отложений // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 871–874.

Original article

WATER STABILITY INDICES AS A TOOL FOR ASSESSING CORROSION AND MINERAL DEPOSITS FORMATION RISKS

Anastasia I. Afonina¹, Afanasy A. Protazanov²

¹ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia,

² LLC «Banter Group», Ekaterinburg, Russia

¹ Nastya.afonina.00@inbox.ru

² Protazanov.A@yandex.ru

Abstract. This paper studies the physicochemical characteristics of formation water to assess corrosion risks and mineral deposits formation in an oil and gas field.

Using the Langelier and Ryznar indices, the study evaluates water stability and its potential for calcium carbonate deposition, offering preventive measures.

Keywords: formation water, corrosion, mineral deposits, Langelier index, Ryznar index, water stability, oil and gas field

For citation: Afonina A. I., Protazanov A. A. (2025) Indeksy stabilnosti vody kak instrument otsenki riskov korrozii i obrazovaniya otlozhenii [Water stability indices as a tool for assessing corrosion and mineral deposits formation risks]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 871–874. (In Russ).

Экономия водных и энергетических ресурсов – важнейший приоритет для промышленных предприятий с учетом как экологических, так и экономических аспектов. Одной из основных проблем технологических систем является зарастание их внутренних поверхностей минеральными отложениями. Это приводит к снижению эффективности работы систем, ухудшению теплопередачи (в системах охлаждения и отопления), увеличению гидравлического сопротивления и коррозионному износу материалов.

В связи с этим особую значимость приобретает изучение физико-химических характеристик воды для предотвращения образования отложений и коррозии металлов, используемых в промышленных системах при различных условиях эксплуатации. Стабильность воды – это свойство, определяющее ее способность предотвращать коррозию оборудования и образование отложений карбоната кальция. Для оценки этих процессов используют методы физико-химического контроля, которые включают определение температуры, водородного показателя (pH), концентрации кальция, щелочности и общего солесодержания.

Цель данной работы – определение критериев стабильности воды для прогнозирования минеральных отложений с использованием индексов Ланжелье (LSI) и Ризнера (RSI).

Индекс LSI , предложенный В. Ф. Ланжелье в 1936 г. [1], позволяет определить степень насыщенности раствора карбонатом кальция. Формула для расчета LSI

$$LSI = pH - pH_s, \quad (1)$$

где pH_s – значение, соответствующее равновесному содержанию в растворе CO_2 .

Значение pH_s вычисляется по формуле

$$pH_s = (9,3 + A + B) - (C + D), \quad (2)$$

где A – коэффициент минерализации;

B – температурный коэффициент;
 C – коэффициент жесткости по CaCO_3 ;
 D – коэффициент щелочности по CaCO_3 .

Эти коэффициенты определяются по формулам

$$A = \frac{(\lg [\text{Ca}^{2+}] - 1)}{10}, \quad (3)$$

$$B = -13,1 \cdot \lg(t + 273) + 34,55, \quad (4)$$

$$C = \lg [\text{Ca}^{2+}] - 0,4, \quad (5)$$

$$D = \lg[\text{Щ}], \quad (6)$$

где t – температура воды ($^{\circ}\text{C}$);
 $[\text{Ca}^{2+}]$ – концентрация кальция (мг/л);
 $[\text{Щ}]$ – концентрация щелочных веществ (мг/л).

Для оценки стабильности воды была проведена серия анализов пластовой воды (таблица), отобранной с нефтегазового месторождения, точное месторасположение которого не раскрывается. Исследование направлено на определение ее физико-химических характеристик, необходимых для прогнозирования коррозии оборудования и риска образования минеральных отложений.

Экспериментальные данные

Показатель	Значение	Единицы измерения
pH при 25 $^{\circ}\text{C}$	$3,5 \pm 0,1$	–
Температура	25	$^{\circ}\text{C}$
Проводимость	21200 ± 21	мСм/м
Кальциевая жесткость	41625 ± 15	мг/л
Щелочность	1334 ± 12	мг/л

На основе экспериментальных данных, представленных в таблице, были вычислены вспомогательные коэффициенты для определения индекса насыщения (LSI) [2]. После преобразования данных и подстановки значений получено

$$A = 0,3326; B = 2,1286; C = 4,2194; D = 4,2193.$$

Значение pH_s , соответствующее равновесному содержанию CO_2 в растворе:

$$pH_s = (9,3 + 0,3326 + 2,1286) - (4,2194 + 4,2193) = 4,42.$$

Индекс насыщения воды

$$LSI = pH - pH_s = 3,58 - 4,42 = -0,84$$

Индекс стабильности Ризнера рассчитывается по формуле [3]

$$RSI = 2 pH_s - pH = 2 \cdot 4,42 - 3,58 = 5,26$$

Из полученных экспериментальных данных видно, что $LSI = -0,84$: вода агрессивна по отношению к карбонату кальция, что способствует растворению защитной карбонатной пленки и увеличивает риск коррозии. $RSI = 5,26$: вода находится в диапазоне, где возможны средние процессы осаждения, но незначительно преобладает агрессивное воздействие на металл.

Таким образом, экспериментальные данные показывают, что пластовая вода с данного месторождения имеет значительный коррозионный потенциал, связанный с ее физико-химическими характеристиками. Для предотвращения коррозии оборудования и минимизации образования минеральных отложений рекомендуется проведение мероприятий по регулированию состава воды, например, дозирование ингибиторов коррозии и отложений.

Список источников

1. Атанов Н. А. Обратное водоснабжение нефтеперерабатывающего завода : учебное пособие // СамГАСА. Самара. 2002. 362 с.
2. Смирнова А. М., Атанов Н. А. Анализ индекса стабильности рек Волги и Самары // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. 2017. С. 186–192.
3. Двойченкова Г. П. Формирование минеральных образований на поверхности природных алмазов и метод их деструкции на основе электрохимически модифицированных минерализованных вод // Физико-химические проблемы разработки полезных ископаемых. 2014. № 4. С. 159–171.