

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ХИМИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
г. Владивосток



Усовершенствование методологических принципов прогнозирования процессов солеосаждения в нефтепромысловом оборудовании

к.х.н. Трухин Иван Сергеевич
truhin.ivan.91@gmail.com

к.х.н. Суховерхов Святослав Валерьевич
svs28@ich.dvo.ru

к.б.н. Задорожный Павел Анатольевич
zadorozhny@rambler.ru

к.т.н. Маркин Андрей Николаевич
Andrey.N.Markine@gmail.com



Цель работы: усовершенствование методологических принципов оценки и прогнозирования физико-химических процессов солеосаждения в системах добычи и подготовки нефти на основе комплексного изучения состава попутно добываемых вод и отложений из узлов нефтепромыслового оборудования на примере двух морских нефтедобывающих платформ одного из месторождений шельфа о. Сахалин.

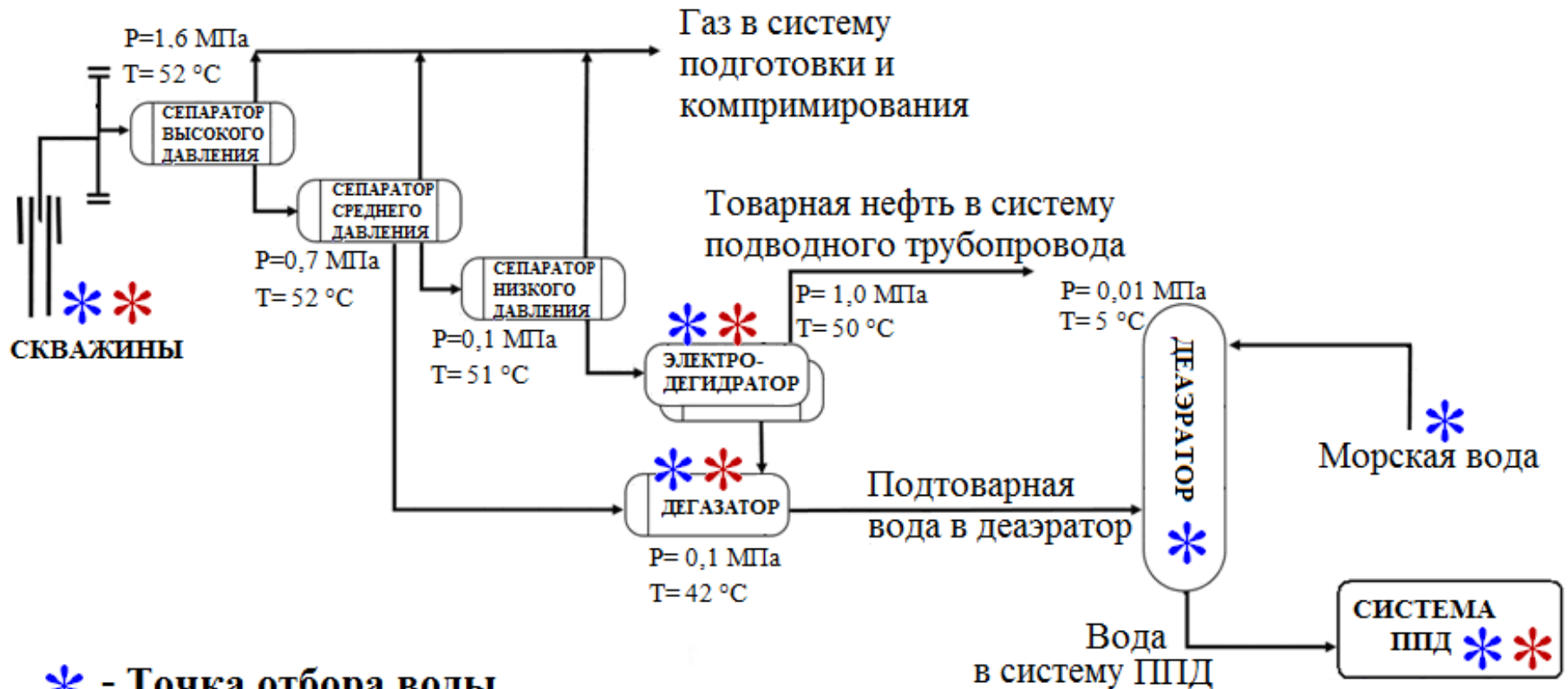


Образец пластовой воды

Схема работы



Технологическая схема подготовки нефти на платформе № 1



* - Точка отбора воды

* - Точка отбора отложений

Определяемые показатели

Вода

1. Физико-химические параметры

(плотность, удельная электропроводность, общая минерализация, содержание механических примесей).

2. Анионный состав

- методом ионообменной ВЭЖХ: F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} ;

- методом потенциометрического титрования в атмосфере смеси углекислого газа и азота: HCO_3^- .

3. Катионный состав

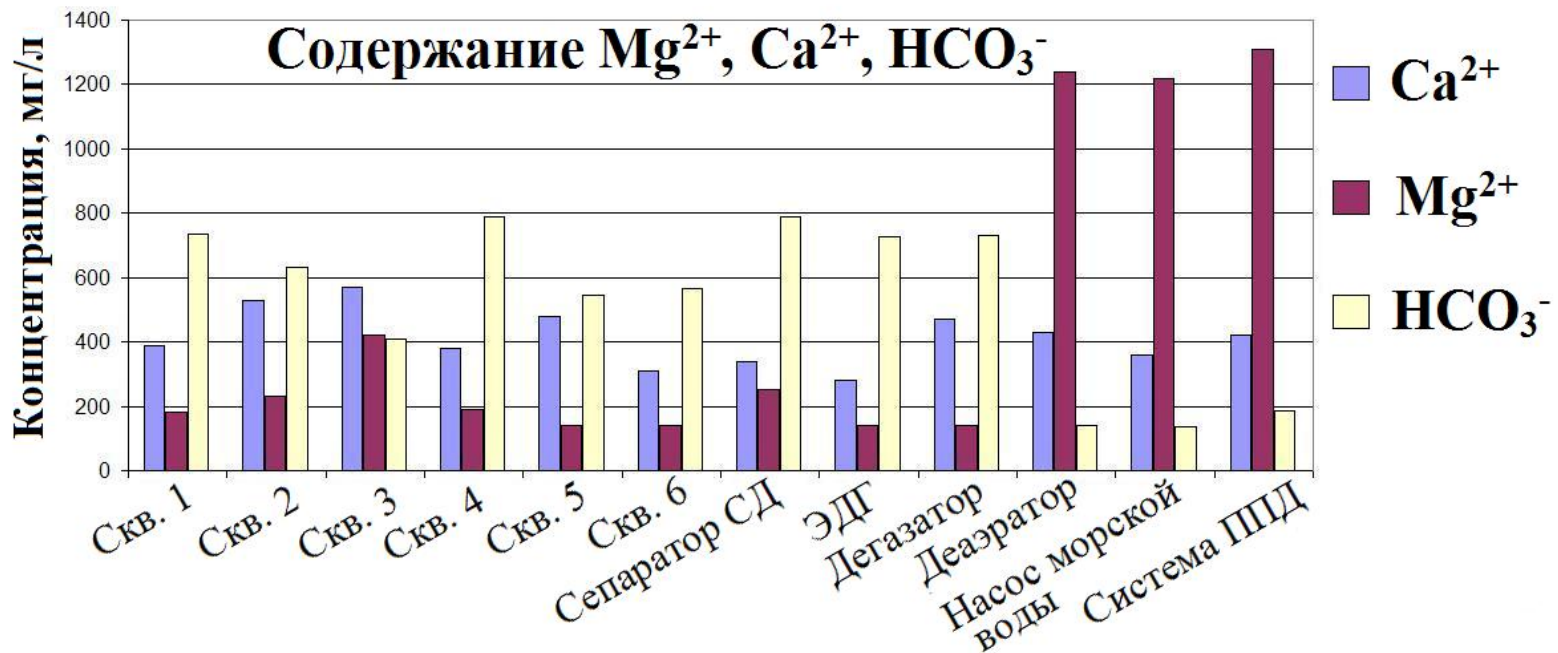
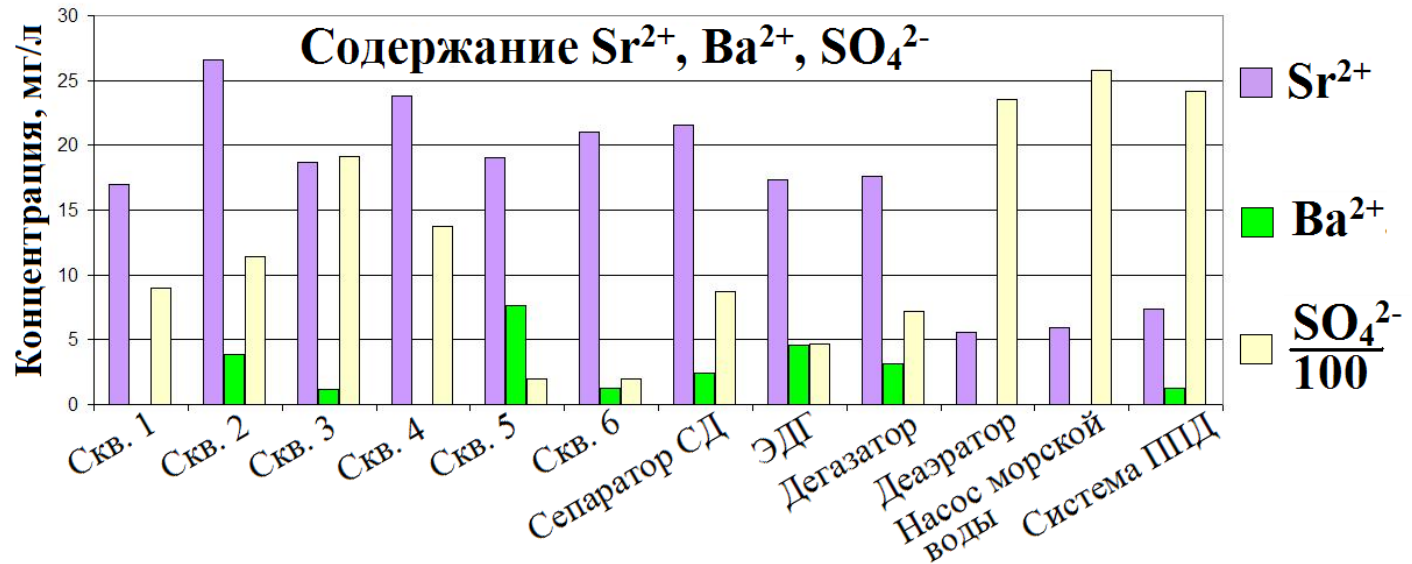
- методом ААС: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{3+} .

4. Содержание низших карбоновых кислот

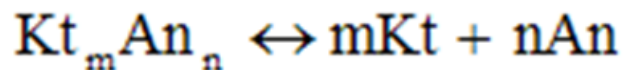
- методом ГХ C2 – C6.

Содержание ионов в воде (платформа № 1)

TDS = 28 г/л



SI (Saturation Index) - индекс насыщения раствора солью



$$SI = \lg \Pi$$

Π - Величина пересыщения р-ра

$$\Pi = \frac{[a_{Kt}]^m \cdot [a_{An}]^n}{\Pi P_{Kt_m An_n}}$$

a_i — активность i -го иона

$SI \leq 0$ - осадок не выпадает

$SI > 0$ - осадкообразование возможно



Вводимые данные:

C_{Kat} , мг/мл³

C_{An} , мг/мл³

t , °C

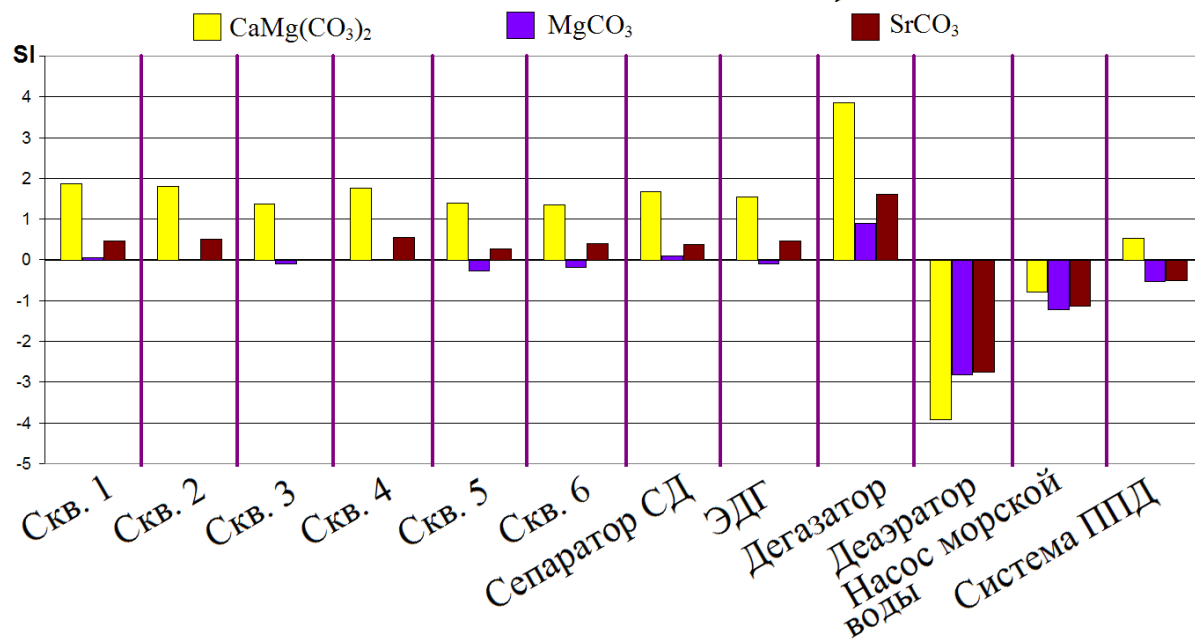
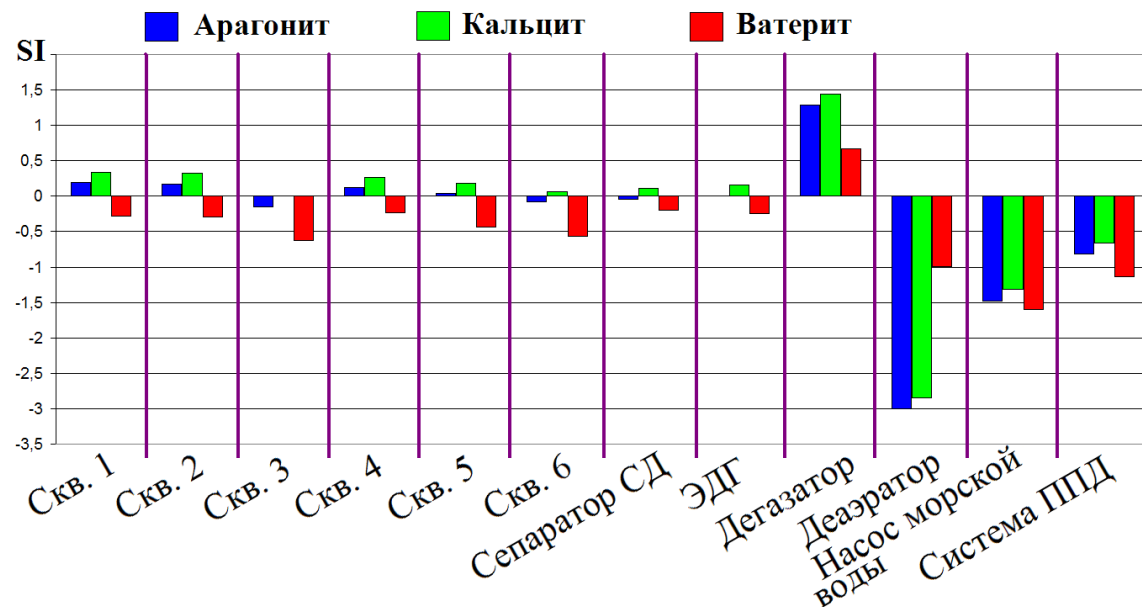
pH

ρ , кг/м³

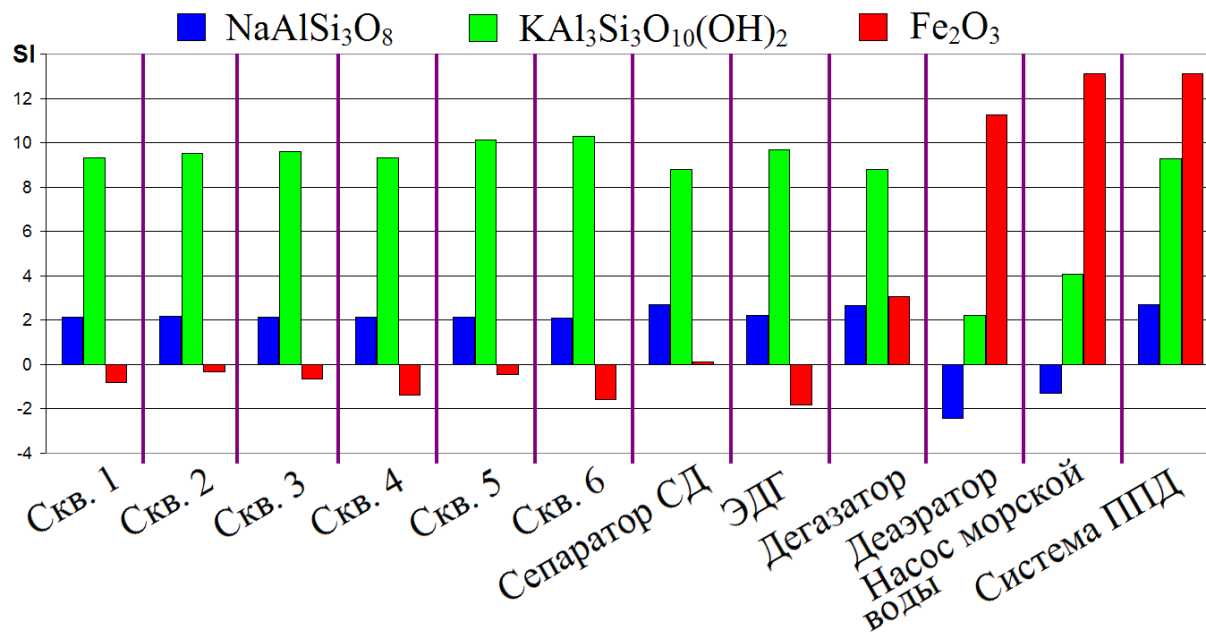
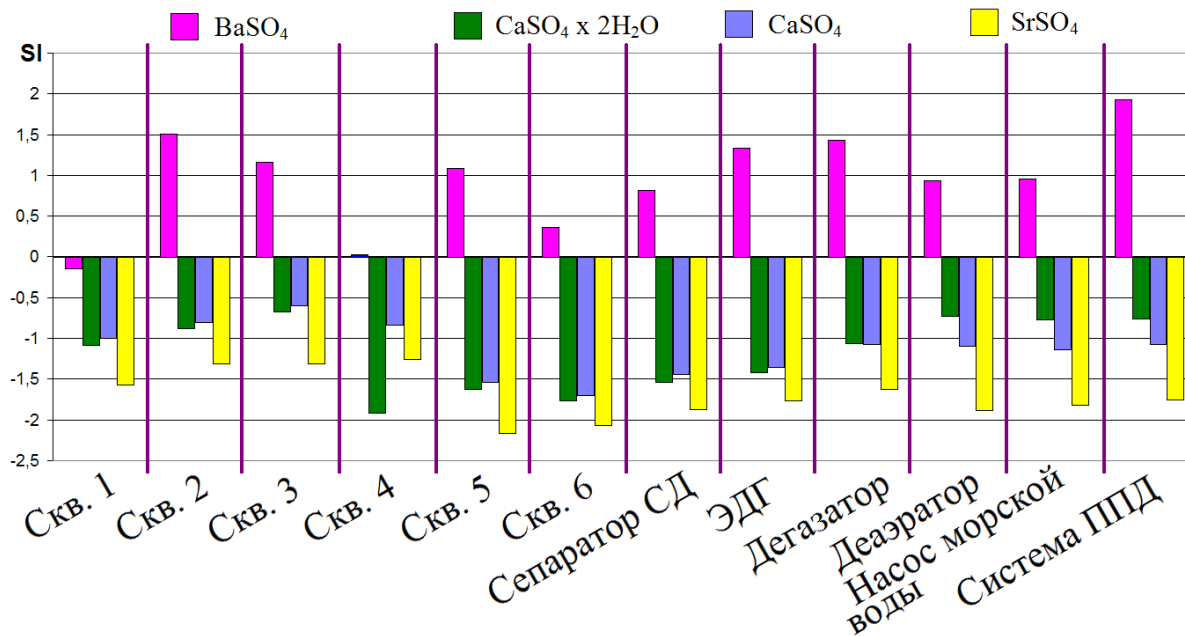
P , атм.

P_{CO_2} , атм.

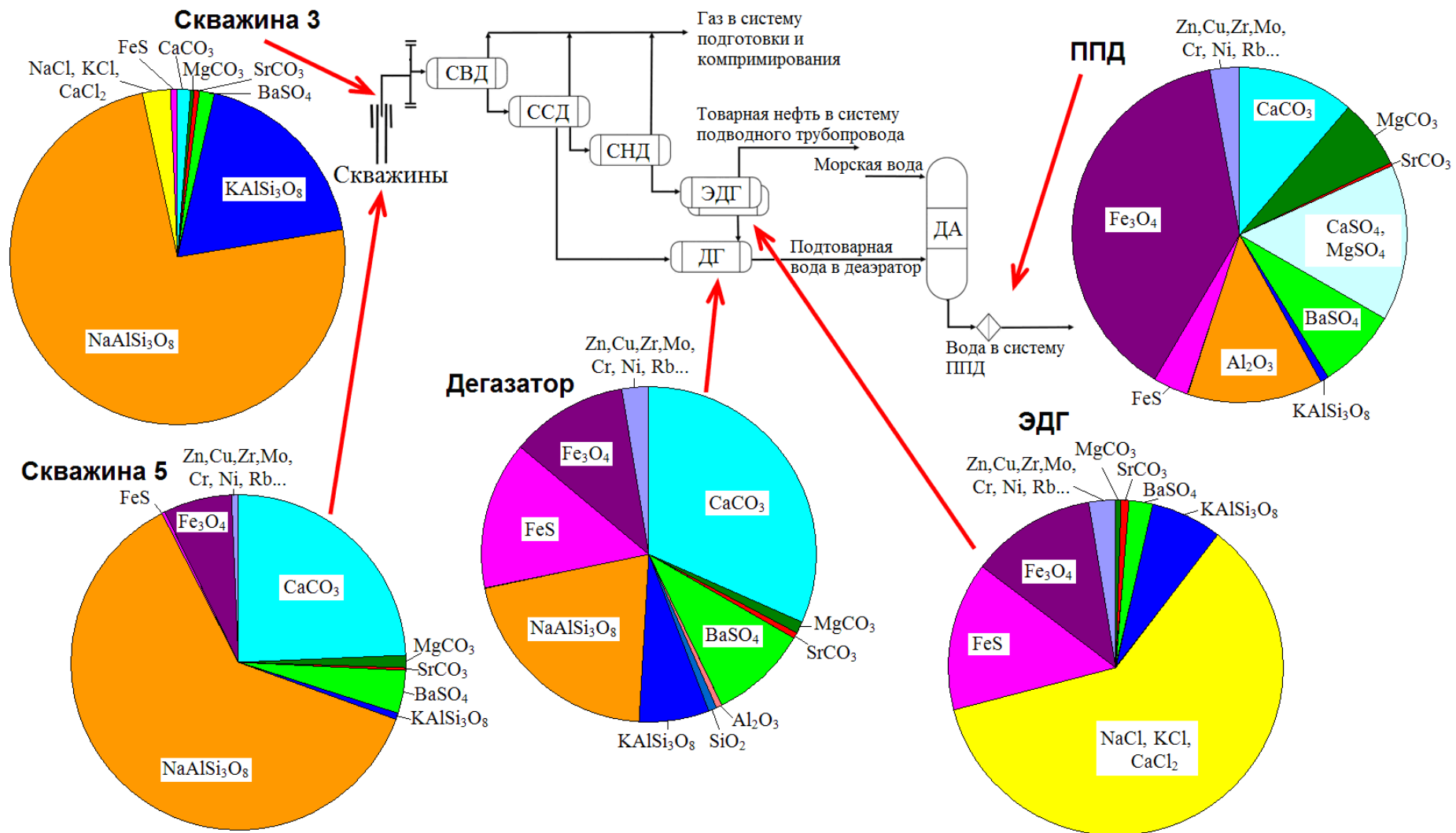
Значения индексов насыщения (SI) воды карбонатами (платформа № 1)



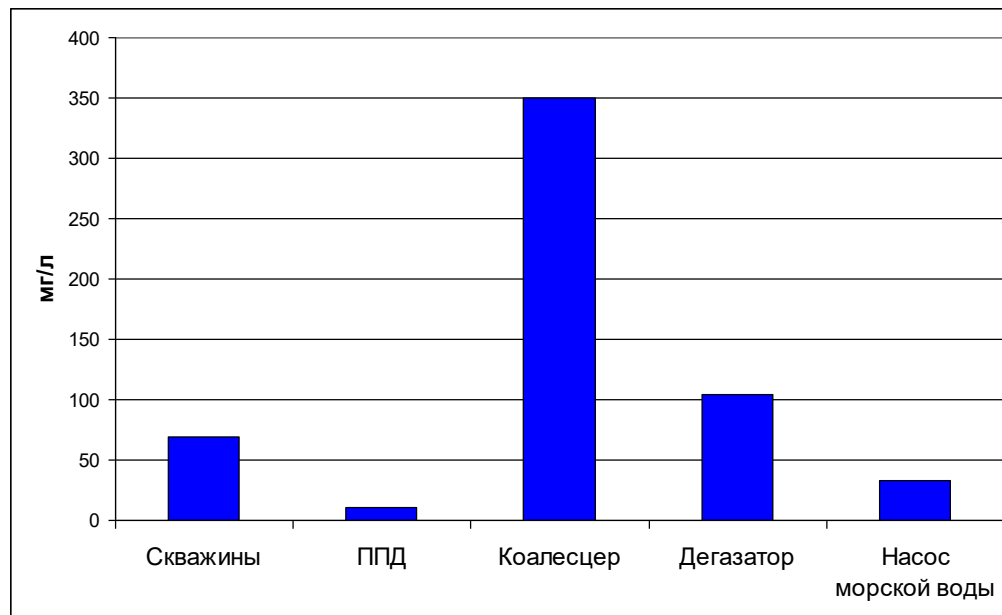
Значения индексов насыщения (SI) воды сульфатами, алюмосиликатами и оксидом железа (платформа ПА-А)



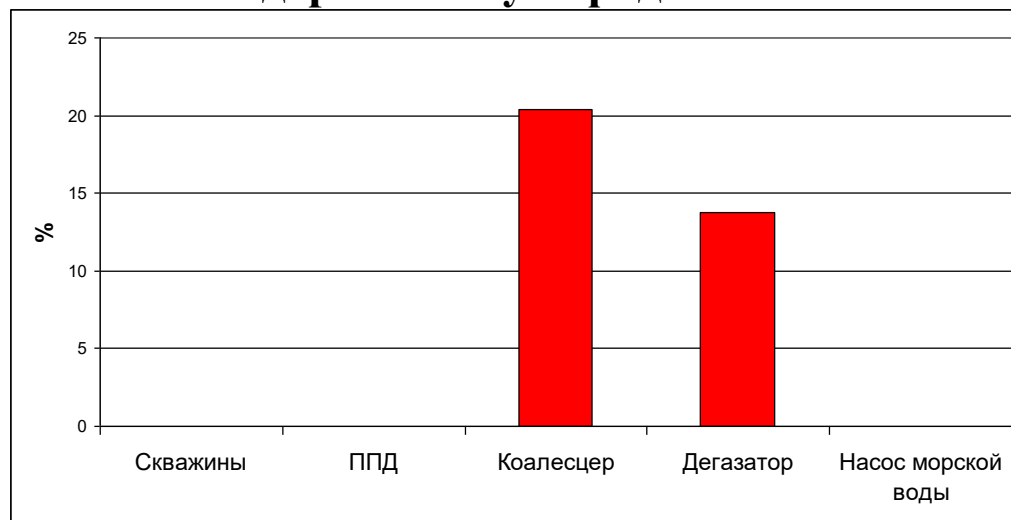
Состав неорганической части осадков



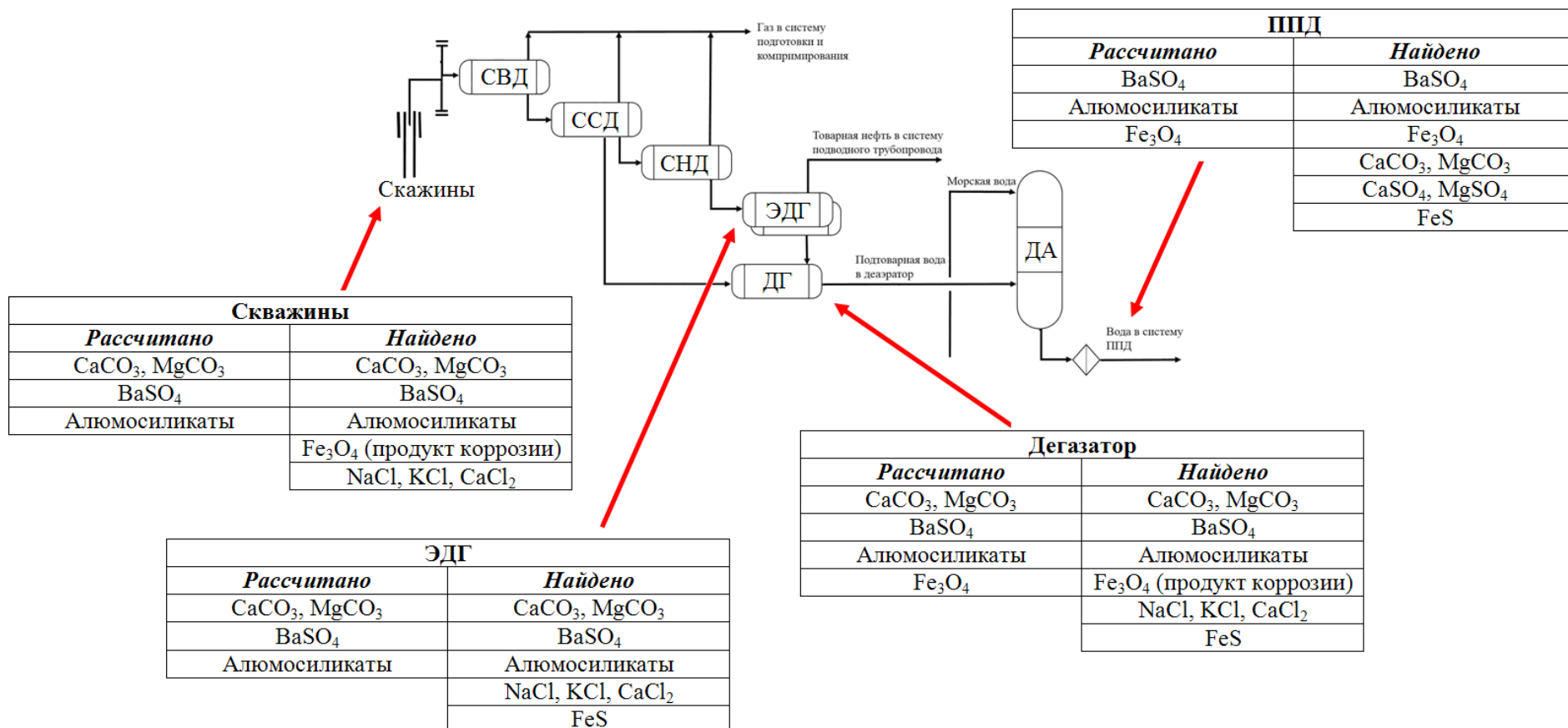
Содержание уксусной кислоты



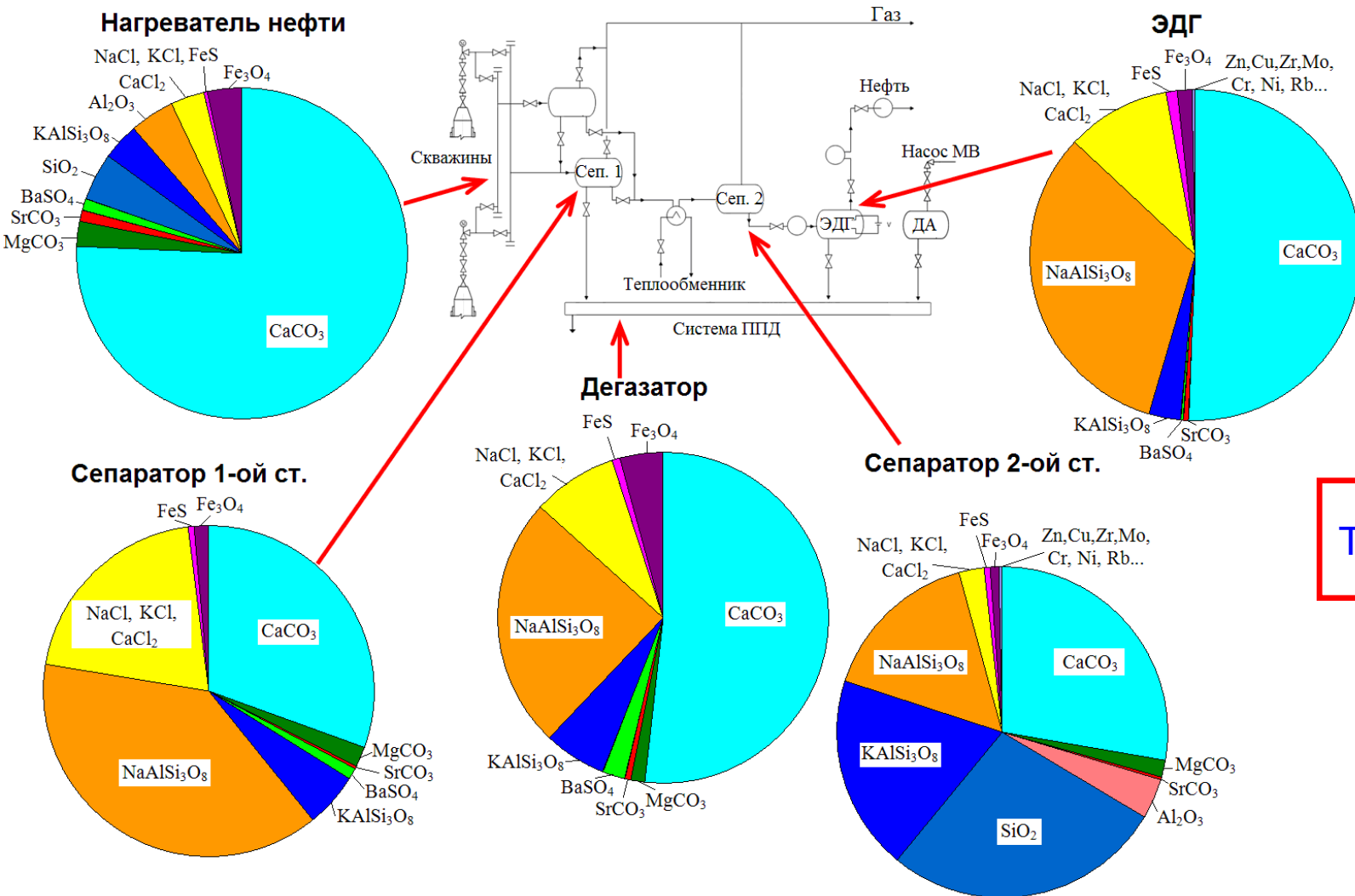
Содержание сульфида железа



Состав неорганической части осадка (рассчитанный и полученный экспериментально)



Солеосаждение на платформе № 2

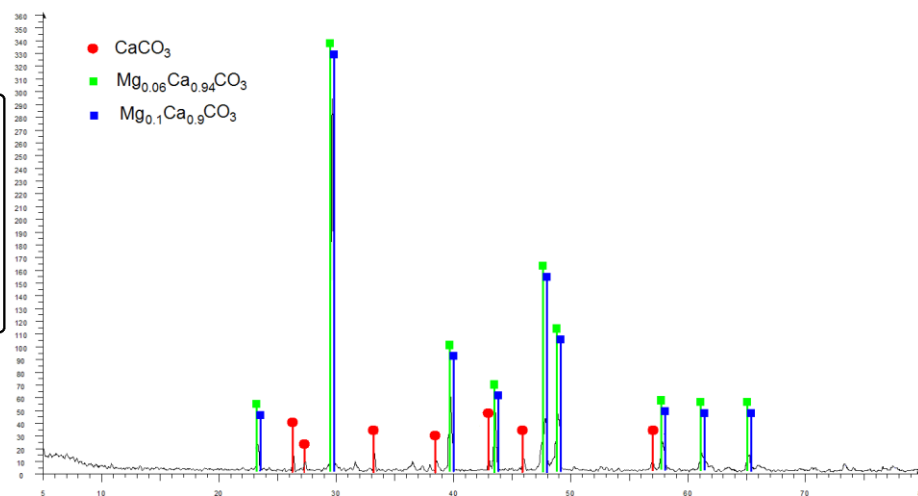
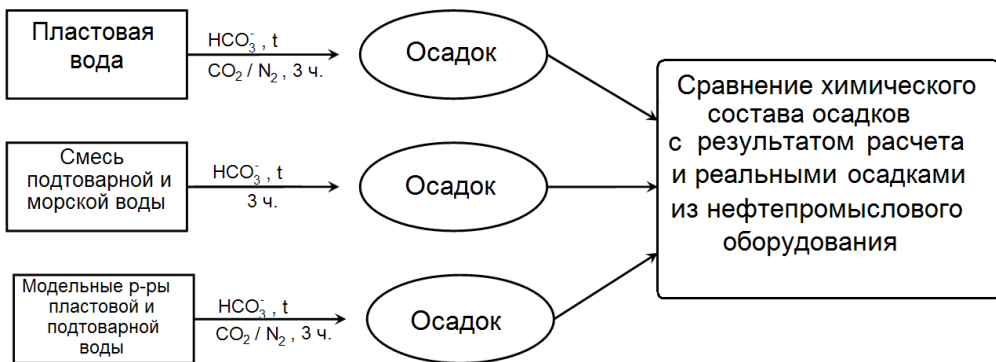


TDS = 21 г/л

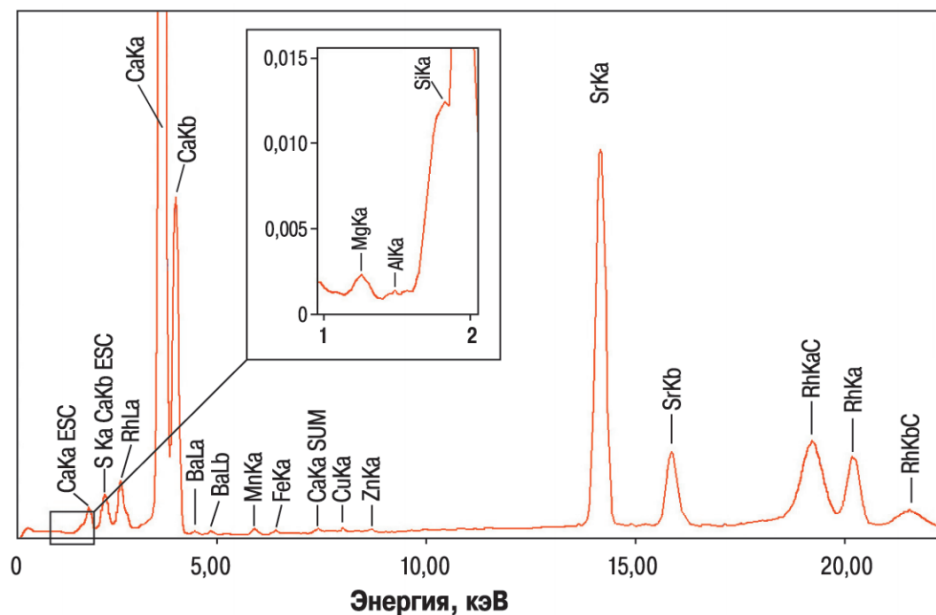
Сепаратор - 1	
Рассчитано	Найдено
CaCO ₃ , MgCO ₃	CaCO ₃ , MgCO ₃
BaSO ₄	BaSO ₄
Алюмосиликаты	Алюмосиликаты
Fe ₃ O ₄	Fe ₃ O ₄
	NaCl, KCl, CaCl ₂
	FeS

ЭДГ	
Рассчитано	Найдено
CaCO ₃ , MgCO ₃	CaCO ₃ , MgCO ₃
BaSO ₄	BaSO ₄
Алюмосиликаты	Алюмосиликаты
Fe ₃ O ₄	Fe ₃ O ₄
	NaCl, KCl, CaCl ₂
	FeS

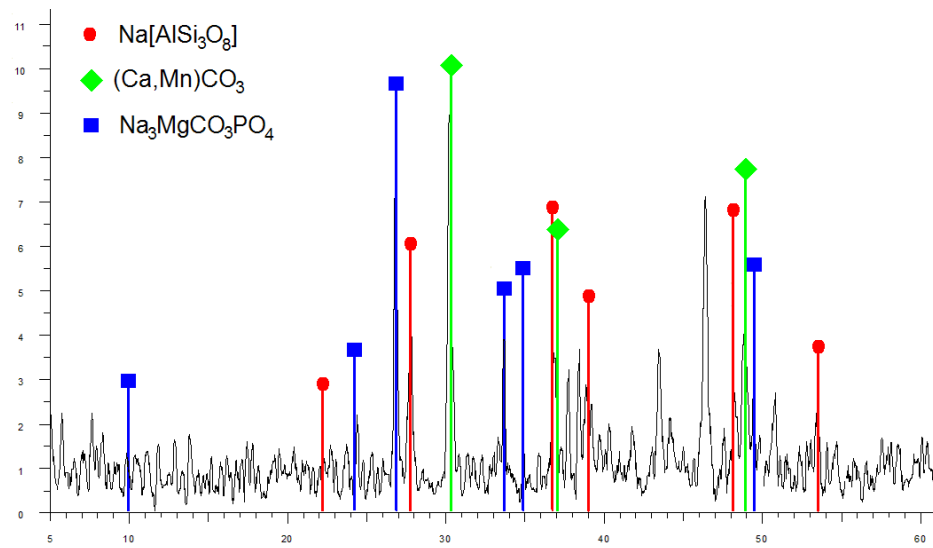
Экспериментальное моделирование осадкообразования в воде из узлов нефтепромысловой системы



Рентгенограмма осадка полученного из модельного раствора



Спектр осадка, полученного из пластовой воды



Рентгенограмма осадка полученного в результате модельных экспериментов из подтоварной воды ЭДГ 14

Заключение

1. Предложен новый методический подход к исследованию физико-химических процессов осадкообразования в нефтепромысловом оборудовании морских нефтедобывающих платформ, включающий как численное моделирование солеотложения на основе информации о физико-химических параметрах вод, так и изучение состава осадков из нефтепромыслового оборудования, что позволяет получить наиболее полное представление о характере протекающих процессов.

2. Сравнение результатов моделирования состава солеотложений на основе информации о физико-химических параметрах вод и реальных осадков из нефтепромыслового оборудования показало, что применение программных комплексов позволяет прогнозировать образование карбонатов щелочноземельных металлов, алюмосиликатов натрия и калия, а также сульфата бария. Обнаружение сульфатов кальция и магния, а также хлоридов натрия, калия и кальция показывает, что расчет не учитывает ряд важных факторов, влияющих на физико-химические процессы, протекающие в системе. Поэтому экспериментальные данные по составу осадков являются необходимыми при моделировании процессов осадкообразования, выборе способа ингибирования и удаления отложений солей.

3. Впервые экспериментально доказана возможность образования смешанного карбоната кальция и магния (магнезиального кальцита) в нефтепромысловом оборудовании морских нефтедобывающих платформ. Содержание магния в таких карбонатах варьирует от 3 до 10 % масс. С учетом объемов циркулирующих флюидов, образование магнезиального кальцита следует принимать в расчет при оценке солеотложения в трубопроводах и другом нефтепромысловом оборудовании.

Спасибо за внимание!

к.х.н. Трухин Иван Сергеевич
truhin.ivan.91@gmail.com



Владивосток 2022