

# Комплексный подход к гидрохимическому анализу попутных вод Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения

**М.А. Катаева**

ведущий инженер-химик<sup>1</sup>

[m.a.kataeva@gd-urengoy.gazprom.ru](mailto:m.a.kataeva@gd-urengoy.gazprom.ru)

**М.Ю. Тиунова**

инженер-химик<sup>1</sup>

[m.yu.tiunova@gd-urengoy.gazprom.ru](mailto:m.yu.tiunova@gd-urengoy.gazprom.ru)

<sup>1</sup>отдел физико-химических исследований ИТЦ ООО «Газпром добыча Уренгой», Новый Уренгой, Россия

**Усложнение технологии добычи углеводородного сырья в условиях падающего дебета скважин вызвало необходимость совершенствования физико-химических методов исследования попутных вод. Для осуществления гидрохимического контроля за обводнением скважин Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (УНГКМ) в филиале ООО «Газпром добыча Уренгой» Инженерно-технический центр организован комплексный подход к анализу пластовых вод с применением приборных и титриметрических методов.**

## Материалы и методы

Проба попутных вод; анионный, катионный состав; титриметрические и приборные методы.

## Ключевые слова

Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение (УНГКМ), конденсационные воды, пластовые воды, техногенные воды, физико-химические методы исследования, гидрохимический анализ

Совершенствование анализа попутных вод месторождения основано на внедрении современного лабораторного оборудования и разработке новых методик проведения физико-химических исследований.

Комплексный подход позволяет решить одну из ключевых задач гидрохимического контроля УНГКМ — установление гидрохимических коррелятивов в зависимости от глубины залегания продуктивных пластов, способствующих реализации организационных и инженерных решений по эффективному использованию фонда эксплуатационных скважин.

Изучение химического состава попутных вод имеет определяющее значение при контроле за рациональной разработкой эксплуатационных объектов Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (УНГКМ) — позволяет устанавливать причины и характер обводнения залежей, повысить эффективность результатов ремонтных

и интенсификационных работ в скважинах, определять типы вод, выносимых поисково-разведочными скважинами, а также полезных их компонентов, пригодных для добычи.

Попутные воды с эксплуатационных скважин, как правило, представлены смесью из трёх типов в различных соотношениях: пластовой, конденсационной и техногенной. По результатам анализа компонентного состава пластовых, конденсационных и техногенных вод наиболее существенные различия наблюдаются в значениях их общей минерализации и концентрации ионов хлора, кальция, гидрокарбонатов, а также микрокомпонентов — йода, брома, стронция и бария.

Анализируемые пробы жидкости имеют в своем составе, помимо попутных вод, жидкие углеводороды (УВ), компоненты реагентов, применяемые при капитальном ремонте скважин (КРС) — блокирующие

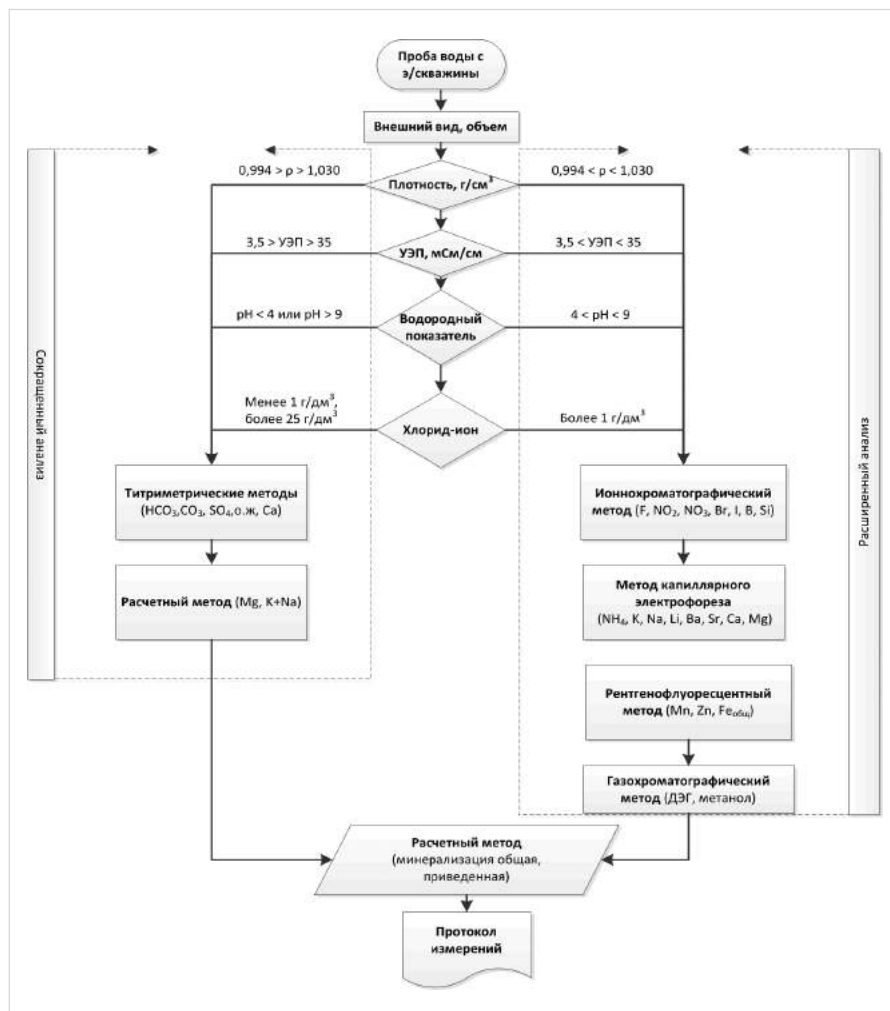


Рис. 1 — Блок-схема проведения компонентного анализа проб воды с эксплуатационных скважин в ИТЦ ООО «Газпром добыча Уренгой»

составы, растворы для интенсификации притока, диэтиленгликоль, ингибиторы гидратообразования (метанол), продукты коррозии внутрискважинного оборудования. Учитывая данное обстоятельство, для качественного выполнения анализа каждая проба воды требует индивидуального подхода. При этом анализ «водного слоя» пробы проводится согласно следующей блок-схеме, представленной на рис. 1.

В начале разработки УНГКМ гидрохимический контроль (ГХК) вод в отделе физико-химических исследований (ОФХИ) ИТЦ ООО «Газпром добыча Уренгой» был основан на анализе шести компонентов: определение хлоридов, гидрокарбонатов, карбонатов, сульфатов, общей жесткости и кальция титриметрическими методами. Усложнение технологии эксплуатации скважин вызвало необходимость расширения круга задач, решаемых гидрохимическими методами. В частности, в условиях падающей добычи, эксплуатация этих объектов стала сопровождаться использованием большого количества технических жидкостей. Усложнение технологии добычи УВ вызвало необходимость прогнозирования не только обводнения, но и побочных сопутствующих процессов, таких как, солеобразование и солеотложение. «Искажение» состава подземных вод из-за наличия в пробах технических жидкостей и проявления побочных процессов потребовало поиска и внедрения в практику ГХК новых гидрохимических коррелятивов. Разумеется, что решение этих задач было невозможно без совершенствования химико-аналитических исследований. В период с 2000 по 2012 гг. в лабораторную практику ГХК был внедрен ряд современной техники: системы капиллярного электрофореза «Капель-105М», ионные хроматографы фирмы «Metrohm», газовые хроматографы «Кристалл 5000.2», рентгенофлуоресцентный анализатор «Спектроскан Макс-GV», рН/кондуктометр и плотномеры фирмы «Mettler Toledo». Расширение приборного парка позволило увеличить перечень определяемых показателей с 14 до 30, включающий как макро-, так и микрокомпоненты.

По основным физико-химическим свойствам, таким как плотность, удельная электропроводность (УЭП), водородный показатель (рН), содержание хлорид-ионов, возможно оценить преобладающий тип воды в смеси — пластовая, конденсационная или техногенная. Согласно блок-схеме на рис. 1, пробы воды техногенного характера с плотностью менее 0,994 и более 1,030 г/см<sup>3</sup>, водородным показателем менее 4 ед. рН и более 9 ед. рН, УЭП более 35 мСм/см, хлорид ионами более 25 г/дм<sup>3</sup>, а также воды конденсационные с УЭП менее 1,5 мСм/см, хлорид ионами менее 1 г/дм<sup>3</sup>, поступают на сокращенный анализ. Воды пластовые или с признаками примеси пластовой исследуются на расширенный компонентный состав.

Для определения анионного состава попутных вод применяются титриметрические и приборные методы (рис. 2).

Как видно из схемы, представленной на рис. 2, анализ по определению анионного состава конденсационных и техногенных вод проводят титриметрическими методами по методикам измерений, разработанным в ОФХИ. Диапазон определяемых концентраций

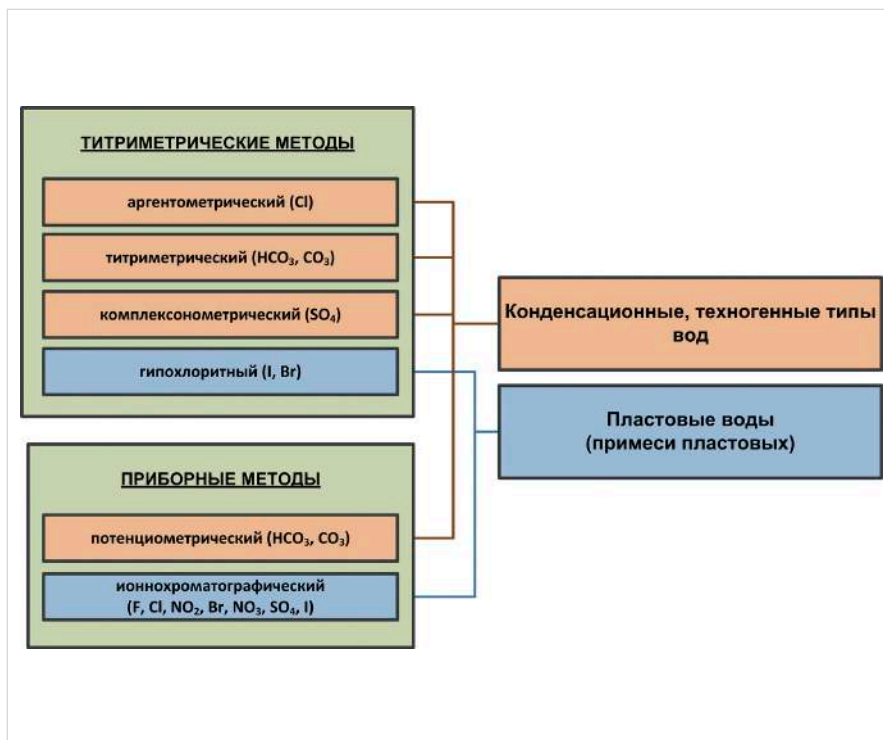


Рис. 2 — Методы определения анионного состава попутных вод

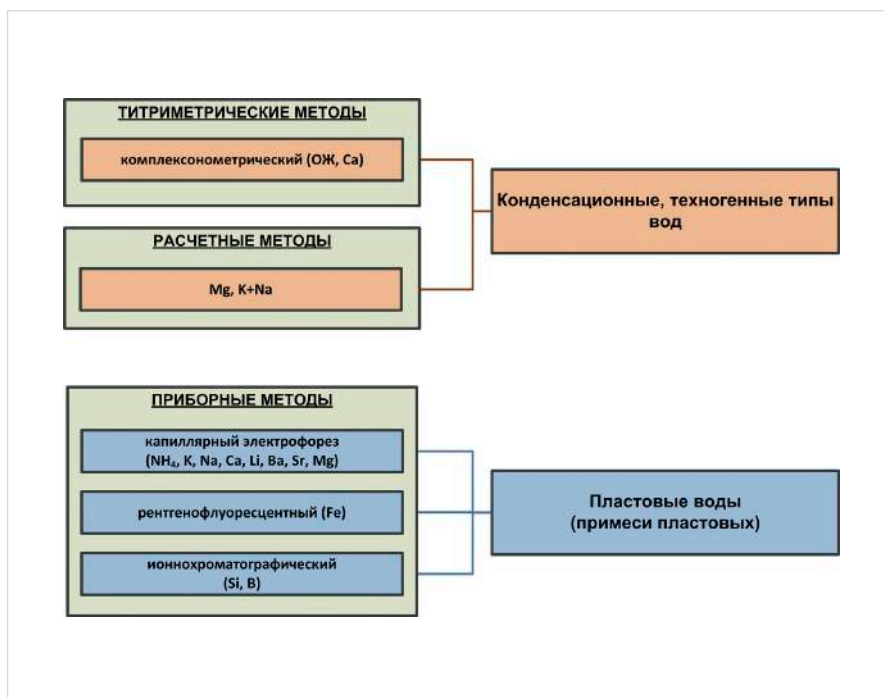


Рис. 3 — Методы определения катионного состава попутных вод УНГКМ

варьируется от 20 до 9000 мг/дм<sup>3</sup>.

Для определения анионного состава пластовых вод в отделе применяют ионные хроматографы «Metrohm».

Анализ проб проводят согласно [1]. Определение фторидов, нитратов и нитритов не проводилось ранее, а стало возможным после внедрения ионнохроматографического метода.

По гидрохимическим анализам (ГХА) проб было установлено, что коррелятивными компонентами пластовых вод сеноманской и неокомских залежей, ачимовских отложений УНГКМ являются ионы хлора, йода, брома, гидрокарбоната и сульфата [2, 3].

Внедрение в лабораторную практику ионнохроматографического метода позволило существенно сократить время проведения анализов и объемы пробы воды, необходимые для получения представительных результатов исследований. Так из aliquoty объемом 15 см<sup>3</sup> можно получить результаты по 7 компонентам. Диапазон определяемых концентраций от 0,2 до 20000 мг/дм<sup>3</sup>.

Катионный состав попутных вод определяется титриметрическими, расчетными и приборными методами (рис. 3).

Титриметрическими методами анализа определяются общая жесткость по методике, разработанной в ИТЦ, а кальций — по [4].

Расчётным методом — магний, сумму калия и натрия. Титриметрические и расчетные методы используются для анализа конденсационных и техногенных типов вод.

Приборными методами определения катионного состава пластовых вод являются — капиллярный электрофорез, ионнохроматографический и рентгенофлуоресцентный.

Метод капиллярного электрофореза является основным при оценке катионного состава вод, так как в результате одного анализа определяются сразу 8 компонентов. Анализ проводят в соответствии с [5, 6]. Диапазон определяемых концентраций от 0,25 до 20000 мг/дм<sup>3</sup>.

При капитальном ремонте скважин на УНГКМ широко используются высокоминерализованные жидкости (хлоридные растворы кальция, натрия, калия), смеси которых с пластовыми и конденсационными водами могут иметь солёность, близкую к минерализации пластовых вод. Следовательно, определение катионов кальция, натрия, калия необходимо для установления гидрохимического фона.

На основании статистического материала по результатам анализов пластовых вод было определено, что кальций, стронций и натрий являются коррелятивными компонентами для вод УНГКМ [7]. До внедрения метода капиллярного электрофореза определение содержания стронция не проводилось, а содержание натрия определяли расчетным методом, причем в сумме с калием, что не позволяло выделить натрий в качестве одного из коррелятивов. Основные достоинства метода — малый объем пробы (до 1 см<sup>3</sup>), экспрессность (продолжительность анализа — 15 мин) и малый расход реактивов.

Ионнохроматографический метод используют для определения бора и кремния по [8]. Кремний присутствует в природных водах в основном в форме растворённой ортокремниевой кислоты, которая легко дегидратируется с образованием устойчивой формы оксида кремния. Отношение кремния к хлору в конденсационных водах на порядок выше, чем в пластовых. Это объясняется спецификой состава и повышенной агрессивностью конденсационных вод по отношению к силикатным породам, слагающим залежь [9]. На основании статистического материала ионами бора и кремнием наиболее обогащены пластовые воды неокоромских залежей [7].

Кроме выявления коррелятивных критериев для идентификации пластовых вод, немаловажно контролировать техническое состояние технологического оборудования в условиях коррозии металлов. При этом основными компонентами продуктов их коррозии являются соединения железа.

Железо постоянно присутствует в поверхностных и подземных водах. Повышение концентрации данного компонента в попутных водах можно объяснить развитием коррозионных процессов, протекающих в скважинном оборудовании [9].

Для определения содержания железа применяется рентгенофлуоресцентный метод согласно [10].

Рентгенофлуоресцентный метод анализа обладает следующими преимуществами: недеструктивностью, возможностью

исследования как жидких, так и твердых образцов, широким диапазоном определяемых элементов (от <sup>11</sup>Na до <sup>93</sup>Np).

Кроме солевого состава, попутные воды содержат и органические примеси. В практике проведения работ по интенсификации добычи газа и газового конденсата широко используются на УНГКМ такие жидкости как метанол и диэтиленгликоль (ДЭГ). Существующие химические методы анализа проб не позволяют проводить раздельное определение концентрации этих жидкостей [9]. Поэтому определение метанола и ДЭГа проводят в ИТЦ газохроматографическим методом по [12, 11].

Содержание метанола и ДЭГа характеризует присутствие техногенных примесей, влияющих негативно на состояние экологического фона. Данные методы позволяют рассчитывать уносы (потери) этих реагентов с водой. Преимущества методов: малый объем пробы (до 5 см<sup>3</sup>), экспрессность, сокращение времени контакта с образцом и замена вредного для здоровья окислительного метода. Диапазон определяемых концентраций от 0,5 до 100% масс.

К настоящему времени в ИТЦ разработано 10 методик выполнения измерений, которые составляют 70% от общего количества, применяемых при анализе пластовых вод. Все методики имеют метрологическую аттестацию и входят в область аккредитации испытательного центра ИТЦ ООО «Газпром добыча Уренгой».

Таким образом, внедрение современного лабораторного оборудования, разработка и применение новых методик физико-химических исследований попутных вод позволяют решить одну из ключевых задач гидрохимического контроля за дальнейшим рациональным освоением УНГКМ. В результате мониторинга состава пластовых вод уточнены и установлены новые гидрохимические коррелятивы в зависимости от глубины залегающих продуктивных пластов [2, 3, 7]. Данные комплексного гидрохимического анализа компонентного состава попутных вод дают возможность определить их генезис — пластовые, конденсационные, техногенные, оценить долю каждой из этих составляющих в пробах, выявить причины и характер обводнения объектов, контролировать и планировать ремонты скважин.

#### Итоги

Внедрение современного лабораторного оборудования, разработка и применение новых методик проведения физико-химических исследований попутных вод Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения направлено на осуществление комплексного подхода к анализу попутных вод.

#### Выводы

Данные комплексного гидрохимического анализа позволяют установить гидрохимические коррелятивы, определить генезис попутных вод.

#### Список используемой литературы

1. СТО 05751745-153-2010. Методика измерений массовых концентраций фторид-ионов, хлорид-ионов, нитрит-ионов, бромид-ионов, нитрат-ионов, сульфат-ионов,

иодид-ионов в попутных водах нефтегазоконденсатных месторождений

ионнохроматографическим методом.

2. Кошелев А.В., Ли Г.С., Катаева М.А. Оперативный гидрохимический контроль за обводнением пластовыми водами объектов разработки Уренгойского НГКМ // Вести газовой науки. 2014. № 3/19. С. 106–115.
3. Абукова Л.А., Абрамова О.П., Кошелев А.В., Ставицкий В.А., Ли Г.С., Катаева М.А. Исходный состав пластовых вод как основа гидрохимического контроля за разработкой Ачимовских отложений Уренгойского НГКМ. М.: Недра, 2013. С. 171–181.
4. ГОСТ 26449.1-85. Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод.
5. СТО Газпром 2.3.1-100-2007. Методика определения катионов и анионов для высокоминерализованных попутных вод месторождений на приборе «Капель».
6. ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000. Методика измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, лития, магния, стронция, бария и кальция в пробах питьевых, природных (в том числе минеральных) и сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель».
7. Кошелев А.В., Ли Г.С., Катаева М.А. Гидрохимический контроль за обводнением пластовыми водами объектов разработки Уренгойского НГКМ. Тюмень: РИФ Солярис, 2013. С. 147–159.
8. СТО 05751745-155-2010. Методика измерений массовых концентраций кремния и бора в попутных водах нефтегазоконденсатных месторождений ионнохроматографическим методом.
9. Ильченко В.П., Левшенко Т.В., Петухова Н.М. и др. Гидрохимические нефтегазовые технологии. М.: Недра, 2002. 382 с.
10. СТО 05751745-170-2013. Методика измерений массовой концентрации железа в попутных водах нефтегазоконденсатных месторождений рентгенофлуоресцентным методом.
11. СТО 05751745-178-2012. Методика измерений массовой доли метанола в попутных и производственных водах нефтегазоконденсатных месторождений газохроматографическим методом.
12. Методика выполнения измерений массовой доли диэтиленгликоля и метанола в промышленных растворах ДЭГ и производственных водах с техногенными примесями в условиях их совместного присутствия хроматографическим методом. 2008.

## Comprehensive approach to hydrochemical analysis of produced water of Urengoy oil and condensate field

UDC 66

### Author:

**Marina A. Kataeva** — senior chemist<sup>1</sup>; [m.a.kataeva@gd-urengoy.gazprom.ru](mailto:m.a.kataeva@gd-urengoy.gazprom.ru)

**Mariya Yu. Tiunova** — chemist engineer<sup>1</sup>; [m.yu.tiunova@gd-urengoy.gazprom.ru](mailto:m.yu.tiunova@gd-urengoy.gazprom.ru)

<sup>1</sup>engineer of physical-chemical study department of Engineering and Technical Centre, Gazprom dobycha Urengoy LLC, Novy Urengoy, Russian Federation

### Abstract

Complication of hydrocarbon production technology under conditions of declining well rate has brought the necessity of improvement the physicochemical methods of produced water analysis.

Comprehensive approach to hydrochemical analysis of stratal water with application of instrumental and titrimetric methods was introduced to carry out of hydrochemical monitoring for drowning of Urengoy oil, gas, condensate field in Engineering and Technical Center of Gazprom dobycha Urengoy LLC.

Improvement of produced water analysis is based on the adaptation of modern laboratory equipment and

development of new physical and chemical procedures.

Comprehensive approach allows to solve one of the key problems of hydrochemical monitoring of Urengoy oil, gas, condensate field – determination of hydrochemical correlatives depending on the producing depth, which assist to realize organizational or engineering decisions on efficient use of operating wells fund.

### Materials and methods

Sampling material of produced water; anionic, cationic composition; titrimetric and instrumental methods.

### Results

Adaptation of modern laboratory equipment, development and application of

new physical and chemical procedures of produced water of Urengoy oil, gas, condensate field are intended to carry out comprehensive approach to hydrochemical analysis of produced water

### Conclusions

The basal data of comprehensive hydrochemical analysis provide an opportunity to find hydrocarbon correlatives and define produced water genesis.

### Keywords

Urengoy oil, gas, condensate field, waste water, produced water, physical and chemical methods of research, hydrochemical analysis

### References

1. Industry standard 05751745-153-2010. Methods of measuring mass concentrations of fluoride ions, chloride ions, nitrite ions, bromide ions, nitrate ions, sulfate ions, iodide ions in produced water oil and condensate fields by ion chromatographic method.
2. Koshelev A.V., Li G.S., Kataeva M.A. *Operativnyy gidrokhimicheskiy kontrol' za obvodneniem plastovymi vodami ob"ektov razrabotki Urengoyanskogo NGKM* [Operating hydrochemical monitoring of productive formation stratal water of Urengoy oil, gas, condensate field]. *Vesti gazovoy nauki*, 2014, issue 3/19, pp. 106–115.
3. Abukova L.A., Abramova O.P., Koshelev A.V., Stavitskiy V.A., Li G.S., Kataeva M.A. *Iskhodnyy sostav plastovykh vod kak osnovaya gidrokhimicheskogo kontrolya za razrabotkoy Achimovskikh otlozheniy Urengoyanskogo NGKM* [Original composition of stratal water as the basis of hydrochemical monitoring for Achimov deposit development of UNGKM]. Moscow: *Nedra*, 2013, pp. 171–181.
4. GOST 26449.1-85. Stationary distillation desalting units. Methods of saline water chemical analysis.
5. Industry standard of Gazprom 2.3.1-100-2007. Method of determination of cations and anions for highly mineralized produced water of field by "Capel" device.
6. Regulatory document 14.1:2:4.167-2000. Methods of measuring mass concentrations of the cations ammonium, potassium, sodium, lithium, magnesium, strontium, barium and calcium in samples of drinking, natural (including mineral) and the waste water by capillary electrophoresis using a capillary electrophoresis system "Capel".
7. Koshelev A.V., Li G.S., Kataeva M.A. *Gidrokhimicheskiy kontrol' za obvodneniem plastovymi vodami ob"ektov razrabotki Urengoyanskogo NGKM* [Hydrochemical monitoring for water intrusion of development facilities of UNGKM]. Tyumen: *RIF Solyaris*, 2013, pp. 147–159.
8. Industry standard 05751745-155-2010. Methods of measuring mass concentrations of silicium and bromin in produced water oil and condensate fields by ion chromatographic method.
9. Il'chenko V.P., Levshenko T.V., Petukhova N.M. and other. *Gidrokhimicheskie neftegazovyye tekhnologii* [Hydrochemical oil and gas technologies]. Moscow: *Nedra*, 2002, 382 p.
10. Industry standard 05751745-170-2013 Methods of measuring mass concentrations of ferrum in produced water oil and condensate fields by X-ray fluorescence method.
11. Industry standard 05751745-178-2012. Methods of measurement of the mass fraction of methanol ferrum in produced water oil and condensate fields by gas chromatographic method.
12. Industry standard Methods of measurement of the mass fraction of diethylene glycol and methanol in produced preparations and produced water with anthropogenic dirt in conditions joint presence by chromatographic method. 2008