

**Комплексное использование подземных углеводородных и водных ресурсов как основа прорывных направлений развития России**

**А. А. Арсеньев<sup>1\*</sup>, С. В. Даровских<sup>2</sup>, С. Ф. Мулявин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Тюменский филиал ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Уральскому федеральному округу», г. Тюмень, Россия

<sup>2</sup>ЗАО НТЦ «Нефтегазтехносервис-ГТ», г. Тюмень, Россия

<sup>3</sup>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*e-mail: aarseniev62@mail.ru

*Аннотация.* Для вод нефтяных месторождений характерны невысокие концентрации йода. Требуется создание новых технологий добычи йода из подземных вод, что позволит сократить дефицит йода в России. Чтобы не зависеть от импорта, необходимо налаживать получение йода из нефтяных вод. Строительство новых добывающих йод заводов крайне затратно как по времени, так и по финансовой составляющей. Поэтому вопрос комплексного использования попутно-добываемых вод требует незамедлительного решения не только в Западной Сибири, но и по всей стране. А для этого необходима работа над новыми технологиями по максимальному использованию и применению подземных вод. Наличие дешевого йода в неограниченных количествах способно повлиять на новые нанотехнологии, способствовать созданию точек роста различных отраслей производства (лазеры, компьютеры и др.).

*Ключевые слова:* кристаллический йод; попутно-добываемые воды; минерализация вод; нефтяное месторождение; Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн

**Integrated use of underground hydrocarbon and water resources as the basis for breakthrough development directions in Russia**

**Alexey A. Arsenyev<sup>1\*</sup>, Sergey V. Darovskikh<sup>2</sup>, Semen F. Mulyavin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Tyumen Branch of Federal State Institution "Territorial Fund of Geological Information in the Ural Federal District", Tyumen, Russia

<sup>2</sup>STC Neftegaztekhnoservis-GT CJSC, Tyumen, Russia

<sup>3</sup>Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

\*e-mail: aarseniev62@mail.ru

*Abstract.* The waters of oil fields are characterized by low concentrations of iodine. It is required to create new technologies for the extraction of iodine from groundwater, which will reduce the iodine deficiency in Russia. It is necessary to organize the production of iodine from oil waters, in order not to depend on im-

ports. The construction of new factories producing iodine is extremely time-consuming and costly. Therefore, the issue of the integrated use of produced water requires an immediate solution not only in Western Siberia, but throughout the country. This requires work on new technologies to maximize the use and application of groundwater in order to get that done. The availability of cheap iodine in unlimited quantities can influence new nanotechnologies, contribute to the creation of points of growth for various industries (lasers, computers, etc.).

*Key words:* crystalline iodine; produced water; salinity of water; oil field; the West Siberian basin

### **Введение**

При разработке нефтяных месторождений предъявляются определенные требования к комплексному освоению сырья, установленные действующим законом «О недрах»<sup>1</sup>. Однако на практике это, как правило, не реализуется. При этом содержащиеся в попутно-добываемой пластовой воде компоненты, такие как йод и бром, остродефицитны. Дефицит кристаллического йода (от 1 500 т/год и более) и почти полное отсутствие его производства в России предопределяют освоение его новых сырьевых источников. На внутреннем рынке России доминирует 100 %-й импорт как высокой, так и низкой степени очистки сырья. Превалирующая часть йода импортируется в Россию главным образом из Израиля и Республики Чили.

Необходимыми условиями освоения гидроминерального сырья нефтяных месторождений являются сырьевая база и наличие технологии переработки, реализуемой в условиях нефтепромыслов. Общее количество добываемых пластовых вод в Западно-Сибирском регионе достигает нескольких миллионов кубических метров в сутки. Это свидетельствует о достаточности сырьевой базы для организации попутного извлечения йода из подземных вод на нефтяных месторождениях Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна [1–16].

### **Обсуждение методики и результатов создания инфраструктуры производства йода**

Для вод нефтяных месторождений характерны высокие концентрации йода. Взаимодействие пород с подземными водами происходит с участием органического вещества, которое регулирует концентрацию и форму миграции йода в подземных водах. В минерализованных водах переходу йода из пород способствуют щелочная среда, восстановительная обстановка и температура.

По составу йодные воды являются хлоридно-гидрокарбонатными или гидрокарбонатно-хлоридными натриевыми.

В распространении и содержании йода в подземных водах проявляется определенная зависимость от возраста водовмещающих пород. К примеру, в неокомском комплексе центральной зоны Западно-Сибирского мегабассейна воды имеют минерализацию 11–27 г/л, а содержание йода составляет 18–34 мг/л.

На территории России запасы йода сосредоточены на четырех месторождениях. Все эти месторождения представляют собой подземные воды йодобромного состава.

Месторождения йодных и йодобромных вод разведаны также в Азербайджане, Туркменистане, Узбекистане и на Украине (рис. 1, 2) [14–16].

<sup>1</sup> Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9003403>.

Суммарные разведанные запасы подземных вод, содержащих йод, составляют около 1 млн м<sup>3</sup>/сут, со средним содержанием йода около 30 мг/л<sup>2,3,4</sup>. Запасы Туркменистана учтены на четырех месторождениях йодобромных вод, на долю которых приходится 40 % от всех запасов СНГ, запасы России — на шести месторождениях (34 % запасов СНГ), Азербайджана — на шести месторождениях (22 %), Украины — на одном месторождении (3 %), Узбекистана — на трех месторождениях (1 %) [9, 11–16].

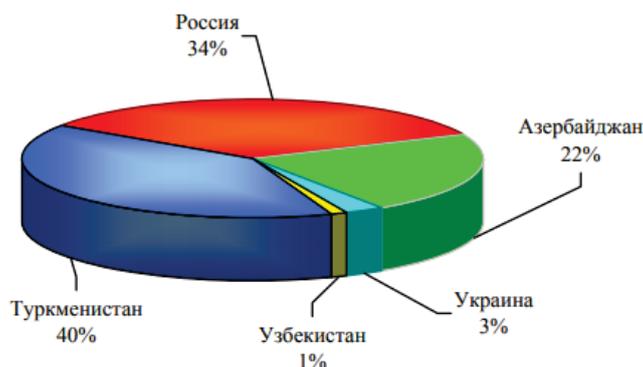


Рис. 1. Структура запасов йодных и йодобромных вод [16]

Так, в разное время в разных регионах нашей страны рассматривались различные проекты по извлечению йода из попутно-добываемых пластовых вод нефтегазовых месторождений, к сожалению, пока так и нереализованных.

В 2002 году в Республике Коми рассматривалась возможность строительства завода по добыче йода из попутно-добываемых вод нефтяных месторождений. Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии разработал проект по извлечению йода и брома из вод нефтедобычи Усинского района. Рассматривалась концентрация содержания йода в промышленных водах не менее 20–30 мг/л. Предполагаемый срок окупаемости проекта — 2 года после запуска производственного комплекса. Проектная мощность — 30 т/год, ориентировочная стоимость — 20 млн рублей (в ценах 2002 года).

Руководством ОАО «Газпром» в 2002 году были предприняты действия по рассмотрению гидроминеральных ресурсов для извлечения ценных компонентов в средней перспективе. Среди приоритетных были выбраны следующие месторождения: Северо-Ставропольское, Астраханское, Оренбургское, Медвежье, Вуктылское и Уренгойское. На базе этих месторождений в качестве важнейших для строительства йодных производств были выделены Астрахан-

<sup>2</sup> Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на Государственную экспертизу технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций на минеральное сырье. Министерство природных ресурсов Российской Федерации, Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых. ГКЗ РФ [Электронный ресурс]. — Москва, 1997. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902127924>.

<sup>3</sup> Временные требования к изучению и подсчету запасов попутных вод нефтяных и газонефтяных месторождений как источника минерального сырья. Министерство экологии и природных ресурсов Российской Федерации. Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых. ГКЗ РФ. — Москва, 1992. — 12 с.

<sup>4</sup> Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. Министерство природных ресурсов Российской Федерации, Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых. ГКЗ РФ [Электронный ресурс]. — Москва, 1997. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9003885>.

ский йодный завод (производительность — 200 т йода в год), завод на базе сеноманских вод месторождения Медвежье (Ямало-Ненецкий автономный округ)<sup>5</sup> (производительность — 200 т йода в год) и завод по производству йода и брома Северо-Ставропольского месторождения на Изобильненском участке [1, 3, 5, 8, 9].



**Рис. 2. Месторождения йодных вод России и ближнего зарубежья [16]:**

- 1 — Северо-Сивашское; 2 — Славянско-Троицкое; 3 — Краснокамское;  
 4 — Тюменское; 5 — Астраханское; 6 — Нефтечалинское; 7 — Хиллинское;  
 8 — Мишовдагское; 9 — Бакинское; 10 — Бина-Гоусанское; 11 — Челекенское;  
 12 — Небит-Даг-Монжуклинское; 13 — Боядагское; 14 — Джарчи; 15 — Ховдак

Так, например, рассчитана эффективность ввода в эксплуатацию Астраханского йодного завода: при капитальных вложениях для возведения производства в размере 215 млн руб. (в ценах 2002 года) годовая выручка составит 114 млн руб., проект окупится за 5 лет при рентабельности 23 %.

В 2010–2012 гг. компания «СИБУР» выступила гарантом по привлечению средств для реализации проекта по строительству Тобольского йодобромного завода. Данный проект предусматривал строительство йодобромного производства на базе Тобольского нефтехимического комбината по переработке минерализованных вод нижнемелового водоносного комплекса. Проектная мощность завода: производство брома — 238 т/год, йода — 45 т/год, йодированной

<sup>5</sup> Отчет Крымского научно-производственного объединения «Йодобром» об опытно-промышленном испытании извлечения йода на скв. 36 (месторождение Медвежье). – Саки, 1992. – 125 с.

пищевой соли — 30 000 т/год. Ориентировочная стоимость проекта — более 1 млн рублей со сроком окупаемости около трех лет [1, 2].

В странах (республиках) бывшего СССР также ведутся разработки по созданию йодобромного производства — это развитие и реконструкция имеющихся мощностей и создание новых производств с «нулевого» цикла.

Промышленные концентрации йода выявлены в Республике Беларусь в Припятском артезианском бассейне. В разрезе девонских отложений выделены несколько водоносных комплексов, представляющих интерес для организации йододобычи. Концентрация йода здесь от 20 до 108 мг/л, реже 130–224 мг/л при минерализации вод 110–437 г/л.

Производство планируется разместить на базе одного из промыслов нефтегазодобывающего управления «Речицанефть». Проектная мощность комплекса: производство брома — 1 200 т/год, йода — 34 т/год. Ориентировочная стоимость проекта — около 7 млн долларов США. В случае реализации проекта новая отрасль промышленности Республики Беларусь вполне может стать одной из доходных статей [1, 2].

Одно из основных направлений промышленности Туркменистана — производство йода. Запасы йода сосредоточены в таких месторождениях гидроминерального сырья, как Челекенское, Небит-Дагское и Боядагское. Содержание йода в этих месторождениях от 20 до 40 мг/л. Проведенная реконструкция Балканабадского йодного завода в объеме 1,36 млн долларов США и 12 млрд манатов освоенных средств целевого кредита позволила не только обновить имеющееся оборудование, но и более чем в несколько раз увеличить объем производимого йода. На Боядагском месторождении йодных вод построена и введена в эксплуатацию автономная технологическая установка по производству технического йода мощностью несколько десятков тонн в год. Далее, целевое расширение производственных мощностей коснулось как и Боядагского, так и Хазарского йодных заводов, где введены 5 модульных установок по производству гранулированного йода. Проектная мощность каждой из установок составила до 100 т йода в год. Одновременно продолжается активная реконструкция уже имеющихся мощностей, направленная на модернизацию оборудования и увеличение конечной продукции производства [1, 2, 6].

К примеру, сам процесс реконструкции йодного производства был начат непосредственно в 1999 году вводом нового Боядагского завода, производственная база которого была создана непосредственно у скважин одноименного месторождения гидроминерального сырья. Сам Боядагский завод был связан трубопроводом протяженностью около 50 км с Небитдагским йодным заводом. Разведка и открытие новых месторождений Монджуклы и Небитдагского позволили кардинальным образом решить имеющуюся проблему и приблизить сырьевую базу непосредственно к заводу.

Постоянное развитие производства йода путем реконструкции имеющихся заводов и производственных модулей, поиск и открытие новых месторождений гидроминерального сырья и строительство новых заводов позволили Туркменистану в 2010 году нарастить производство йода до 2 000 т/год.

Перспективным направлением является добыча йода из низкоконцентрированных подземных вод без применения агрессивных компонентов, развитие которого позволит не только ликвидировать йододефицит в стране, но и перейти в группу стран-экспортеров и сырья, и технологии по его добыче.

Группой тюменских специалистов спроектирована и апробирована установка по извлечению йода из попутно-добываемых и подтоварных вод на нефтяных месторождениях. При этом достигнута степень чистоты йода «999».

Подобные установки планируется монтировать на территории товарных парков или на участках первичной подготовки нефти в виде комплекса модулей, число которых будет зависеть от суточного объема попутно-добываемых и подтоварных вод, прошедших очистку от нефти.

Привлекательность производства данных модулей по добыче йода заключается в следующем:

- 1) отсутствие необходимости строить инфраструктуру — скважины, трубопроводы, системы очистки и подготовки воды;
- 2) отсутствие дефицита источника сырья;
- 3) извлечение полезных компонентов (йода и брома) из сырья до 80–90 %.

Это приводит к качественному удешевлению проекта, в сравнении с вариантом постройки завода большой мощности, привязанного к конкретному месту (до 70–80 %). Требуется лишь возведение завода по производству модулей для добычи йода и брома и монтаж модульных установок на участках подготовки нефти. Кроме того, простота обслуживания, а возможно, и полная автоматизация производства с минимальным участием человека в рабочем процессе. Немаловажным фактором является создание дополнительных рабочих мест.

При этом требуются создание производства по выпуску модулей для добычи йода и, возможно, брома и монтаж самих модульных установок на участках подготовки нефти.

Ареал использования данного типа установок — это почти все нефтепромыслы с объемом попутно-добываемых и подтоварных вод, где концентрация йода в воде будет не ниже рентабельного уровня.

### **Выводы**

Чтобы не зависеть от импорта, необходимо налаживать получение брома и йода из нефтяных вод. Строительство новых добывающих йод заводов крайне затратно как по времени, так и по финансовой составляющей. Поэтому вопрос использования нефтяных попутных вод требует дополнительных исследований и не только в Западной Сибири, но и по всей стране. Также необходима работа над новыми технологиями по максимальному комплексному извлечению данных микроэлементов из подземных вод и их экономическому обоснованию.

Следовательно, вопрос комплексного использования попутно-добываемых вод требует срочного решения. Добыча дешевого и «чистого» йода, брома и других компонентов способна стимулировать разработку новых нанотехнологичных направлений, найти точки роста различных отраслей производства (лазеры, компьютеры и др.).

### **Библиографический список**

1. Виноград, Н. А. Современное производство йода из гидроминерального сырья в странах СНГ / Н. А. Виноград. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2003. – Вып. 3 (23). – С. 104–107.
2. Виноград, Н. А. Использование природных минеральных вод в народном хозяйстве России / Н. А. Виноград. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 1999. – Вып. 4 (28). – С. 39–45.
3. Лапердин, А. Н. Использование западно-сибирских подземных напорных вод для производства йода / А. Н. Лапердин, А. Н. Козинцев, А. А. Плотников. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. – 124 с.

4. Кудельский, А. В. Геохимия, формирование и распространение йодобромных вод / А. В. Кудельский, М. Ф. Козлов ; АН БССР. Лаборатория геохим. проблем. – Минск : Наука и техника, 1970. – 143 с. – Текст : непосредственный.
5. Матусевич, В. М. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири : учебное пособие для студентов / В. М. Матусевич, Н. Г. Шубенин, В. Т. Цацульников ; Тюменский государственный университет, Тюменский индустриальный институт им. Ленинского комсомола. – Тюмень, 1990. – 102 с. – Текст : непосредственный.
6. Плотникова, Р. Н. Опыт обоснования расчетной схемы в сложных гидрогеологических условиях (на примере Челекенского месторождения подземных вод) / Р. Н. Плотникова. – Текст : непосредственный // Труды Всесоюзного института гидрогеологии и инженерной геологии. – 1974. – Вып. 84. – С. 47–59.
7. Седенко, С. М. Германий глазами геохимика / С. М. Седенко. – Текст : непосредственный // Химия и Жизнь. – 1982. – № 3. – С. 56–62.
8. Быстрова, И. В. Приоритеты развития гидроминерального производства в Астраханской области / И. В. Быстрова, В. С. Мерчева. – Текст : непосредственный // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – № 4 (30). – С. 37–45.
9. Анциферов, А. С. Ресурсы уникальных хлоридных кальциевых рассолов Сибирской платформы и проблемы их промышленного освоения / А. С. Анциферов. – Текст : непосредственный // Разведка и охрана недр. – 2004. – № 8–9. – С. 30–32.
10. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР : [справочник] / Под ред. Л. М. Зорькина. – Москва : Недра, 1989. – 382 с. – Текст : непосредственный.
11. The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties / G. Audi, O. Bersillon, J. Blachot, A. H. Wapstra. – DOI 10.1016/S0375-9474(97)00482-X. – Текст : непосредственный // Nuclear Physics A. – 1997. – Vol. 624. – P. 1–124.
12. Leung, A. M. Consequences of excess iodine / A. M. Leung, L. E. Braverman. – DOI 10.1038/nrendo.2013.251. – Текст : непосредственный // Nature Reviews Endocrinology. – 2014. – Vol. 10, Issue 3. – P. 136–142.
13. Colin, Gaultier de Claubry. Mémoire sur les combinaisons de l'iode avec les substances végétales et animales / Gaultier de Claubry Colin. – Текст : непосредственный // Annales de chimie : magazine. – 1814. – Vol. 90. – P. 87–100.
14. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report) / M. E. Wieser, N. Holden, T. B. Coplen [et al.]. – DOI 10.1351/PAC-REP-13-03-02. – Текст : непосредственный // Pure and Applied Chemistry. – 2013. – Vol. 85, Issue 5. – P. 1047–1078.
15. Silberrad, O. IX. — The constitution of nitrogen iodide / O. Silberrad. – DOI 10.1039/CT9058700055. – Текст : непосредственный // Journal of the Chemical Society. – 1905. – Vol. 87. – P. 55–66.
16. Обзор рынка йода в СНГ. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва, 2010. – URL: [https://www.marketing-services.ru/imgs/goods/845/gynok\\_j'oda.pdf](https://www.marketing-services.ru/imgs/goods/845/gynok_j'oda.pdf). – Текст : электронный.

### References

1. Vinograd, N. A. (2003). Iodine production from hydromineral resources in the CIS countries. *Vestniks of Saint Petersburg University. Series 7. Geology. Geography*, (3(23)), pp. 104-107. (In Russian).
2. Vinograd, N. A. (1999). Ispol'zovanie prirodnykh mineral'nykh vod v narodnom khozyaystve Rossii. *Vestniks of Saint Petersburg University. Series 7. Geology. Geography*, (4(28)), pp. 39-45. (In Russian).
3. Laperdin, A. N., Kozintsev, A. N., & Plotnikov, A. A. (2005). Ispol'zovanie zapadno-sibirskikh podzemnykh napornykh vod dlya proizvodstva yoda. *Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.*, 124 p. (In Russian).
4. Kudel'skiy, A. V., & Kozlov, M. F. (1970). *Geokhimiya, formirovanie i rasprostranenie yodobromnykh vod*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 143 p. (In Russian).
5. Matusevich, V. M., Shubenin, N. G., & Tsatsul'nikov, V. T. (1990). *Gidrogeologiya neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy Zapadnoy Sibiri*. Tyumen, 102 p. (In Russian).

6. Plotnikova, R. N. (1974). Opyt obosnovaniya raschetnoy skhemy v slozhnykh gidrogeologicheskikh usloviyakh (na primere Chelekenskogo mestorozhdeniya podzemnykh vod). Trudy Vsesoyuznogo instituta gidrogeologii i inzhenernoy geologii, (84), pp. 47-59. (In Russian).
7. Sedenko, S. M. (1982). Germaniy glazami geokhimiya. Khimiya i Zhizn', (3), pp. 56-62. (In Russian).
8. Bystrova, I. V., & Mercheva, V. S. (2014). Priorities of production hydro in the Astrakhan region. Astrakhan Bulletin of Environmental Education, (4(30)), pp. 37-45. (In Russian).
9. Antsiferov, A. S. (2004). Resursy unikal'nykh khloridnykh kal'tsievyykh rassolov Sibirskoy platformy i problemy ikh promyshlennogo osvoeniya. Prospect and protection of mineral resources, (8-9), pp. 30-32. (In Russian).
10. Zor'kin, L. M. (Ed.) (1989). Vody neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy SSSR. Moscow, Nedra Publ., 382 p. (In Russian).
11. Audi, G., Bersillon, O., Blachot, J., & Wapstra, A. H. (1997). The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties. Nuclear Physics A, 624, pp. 1-124. (In English). DOI: 10.1016/S0375-9474(97)00482-X
12. Leung, A. M., & Braverman, L. E. (2014). Consequences of excess iodine. Nature Reviews Endocrinology, 10(3), pp. 136-142. (In English). DOI: 10.1038/nrendo.2013.251
13. Colin, Gaultier de Claubry (1814). Mémoire sur les combinaisons de l'iode avec les substances végétales et animaux. Annales de chimie: magazine, 90, pp. 87-100. (In French).
14. Wieser, M. E., Holden, N., Coplen, T. B., Böhlke, J. K., Berglund, M., Brand W. A.,... Zhu, Xiang-Kun. (2013). Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 85(5), pp. 1047-1078. (In English). DOI: 10.1351/PAC-REP-13-03-02
15. Silberrad, O. (1905). IX. — The constitution of nitrogen iodide. Journal of the Chemical Society, 87, pp. 55-66. (In English). DOI: 10.1039/CT9058700055
16. Obzor rynka yoda v SNG. (2010). 5<sup>th</sup> edition, revised and edvised. Moscow. (In Russian). Available at: [https://www.marketing-services.ru/imgs/goods/845/rynok\\_j'oda.pdf](https://www.marketing-services.ru/imgs/goods/845/rynok_j'oda.pdf)

#### **Сведения об авторах**

**Арсеньев Алексей Аркадьевич**, аспирант, заместитель начальника отдела первичной геологической информации, эксперт, Тюменский филиал ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Уральскому федеральному округу», г. Тюмень, e-mail: [aarseniev62@mail.ru](mailto:aarseniev62@mail.ru)

**Даровских Сергей Владимирович**, к. т. н., руководитель ЗАО НТЦ «Нефтегазтехносервис-ГТ», г. Тюмень

**Мулявин Семен Федорович**, д. т. н., профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

#### **Information about the authors**

**Alexey A. Arsenyev**, Postgraduate, Deputy Head of the Department of Primary Geological Information, Expert, Tyumen Branch of Federal State Institution «Territorial Fund of Geological Information in the Ural Federal District», e-mail: [aarseniev62@mail.ru](mailto:aarseniev62@mail.ru)

**Sergey V. Darovskikh**, Candidate of Engineering, Decision Maker of STC Neftegaztekhnoservis-GT CJSC, Tyumen

**Semen F. Mulyavin**, Doctor of Engineering, Professor at the Department of Development and Exploitation of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen