

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА И РАЗВЕДКИ
GEOPHYSICAL METHODS OF PROSPECTING AND EXPLORATION

УДК 550.839

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АНЧАР ДЛЯ ПОИСКА,
РАЗВЕДКИ И ВОВЛЕЧЕНИЯ В РАЗРАБОТКУ МАЛЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ
НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ***

В.Г. МИРОНЫЧЕВ, Г.Ю. КАШИН

*Институт нефти и газа им. М.С. Гущериева ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
1, Университетская ул., Ижевск 426034, Россия
e-mail: fngp@udsu.ru*

В настоящее время на территории Удмуртской Республики наблюдается истощение долго разрабатываемых крупных месторождений нефти. Прирост запасов нефти существенно отстаёт от добычи. Решить эту проблему можно за счёт введения в разработку нефтяных месторождений с запасами до 300 тыс. т нефти. Однако классические методы поиска, разведки и разработки делают экономически не рентабельными выявление и эксплуатацию данных месторождений. Решить эту проблему можно при помощи применения технологии акустической низкочастотной разведки (АНЧАР) на поисково-оценочном и разведочном этапах геолого-разведочных работ. Приведены прогнозные схемы нефтегазоносности Дебесского, Восточно-Тыловайского месторождений, а также Староягинской и Марьской структур, опоскованных данным методом. Представлены преимущества применения технологии АНЧАР при проведении поисковых и разведочных работ на нефть, а также предложены наиболее перспективные геологические объекты для прогнозирования залежей методом АНЧАР на территории Удмуртии. Ключевые слова: Удмуртская Республика; АНЧАР; микросейсмика; поиск; разведка; нефть; нефтегазоносность.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-5-76-81

**APPLICATION OF TECHNOLOGY OF ACOUSTIC LOW FREQUENCY
EXPLORATION FOR EXPLORATION AND DEVELOPMENT OF SMALL
OIL FIELDS IN UDMURT REPUBLIC**

V.G. MIRONYCHEV¹, G.YU. KASHIN¹

*¹Oil and Gas Institute named after M.S. Gutseriev, Udmurt State University
1/7, University str., Izhevsk 426034, Russia
e-mail: fngp@udsu.ru*

Currently at the territory of the Udmurt Republic there is a depletion of previously discovered large oil fields. The increase in oil reserves is many times behind production. This problem can be solved by the introduction of oil fields with reserves of up to 300 thousand tons of oil. However the classical methods of prospecting, exploration and development makes identification and exploitation of these deposits economically not cost-effective. This problem can be solved by using the technology of acoustic low-frequency exploration at the search and evaluation and exploration stages of exploration. The forecasting scheme of hydrocarbon potential of Debesskoe, Vostochno-Tylovaikoe fields, as well as Staroaleiskaya and Marinskaya structures, studied by this method, has been shown. Advantages of application of technology of acoustic low-frequency investigation at carrying out the prospecting and exploration works on oil in the Udmurt Republic have been presented. The most promising geological structures to predict oil deposits by means of acoustic low frequency exploration in the territory of the Udmurt Republic have been suggested. Key words: Udmurt Republic; acoustic low-frequency exploration; microseismics; prospecting; exploration; oil; hydrocarbon potential.





К началу 90-х гг. XX в. на территории Удмуртской Республики были опойсканы все крупные структуры и разведаны все крупные месторождения нефти. Прирост запасов нефти в Удмуртии после 2001 г. начал существенно отставать от объёмов нефтедобычи. Усиление такой тенденции в дальнейшем приведёт к крайне негативным последствиям в нефтегазодобывающей промышленности Удмуртии. Для решения данной проблемы нефтедобывающим компаниям необходима новая стратегия поиска и разведки структур, ранее считавшихся неперспективными и нерентабельными при применении традиционных способов геолого-разведочных работ (ГРР). Основной проблемой привлечения месторождений с ресурсами нефти до 300 тыс. т, независимо от их стратиграфии, является необходимость бурения большого числа скважин на поисково-оценочном и разведочном этапах. Эксплуатационное разбуривание месторождений также сопровождается высокими затратами.

Кроме того, крайне острый вопрос при проведении ГРР на малые залежи — сложность надежной геометризации залежей и, как следствие, оценка содержащихся в них запасов углеводородов. Неправильная оценка ресурсов нефти в залежи также приводит к значительным финансовым затратам. Примером подобного месторождения в Удмуртии является Опаринское месторождение нефти и газа, на котором в 2019 г. завершилось поисково-разведочное бурение (рис. 1).

Неверная оценка прогнозных ресурсов привела к огромным экономическим потерям при бурении поисковых и разведочных скважин на данном месторождении. Почти все скважины, пробуренные по результатам 3D сейсморазведки, оказались «пустые». Опаринское месторождение было признано нерентабельным для разработки (таблица).

Результаты поисково-разведочного бурения на Опаринском месторождении

Прогнозные ресурсы до поискового бурения, тыс. т	890
Подтверждённые геологические запасы, тыс. т	44
Извлекаемые запасы, тыс. т	9
Число пробуренных скважин, шт.	11
Число «сухих» скважин, шт.	10

Поиск мелких структур требует применение дорогостоящих комплексных методов геолого-разведочных работ и большого объёма глубокого бурения, что выводит разработку таких залежей за грань рентабельности. Из-за отрицательных результатов нефтяные компании Удмуртии практически полностью прекратили поисковые работы на мелкие объекты. Решить эти проблемы геологам Удмуртии во многом может помочь применение технологии АНЧАР, позволяющей делать прогноз по степени и характеру насыщения залежи углеводородами с выделением внешнего и внутреннего контуров нефтегазоносности.

Материалы и методы

Наиболее перспективными объектами с точки зрения прироста запасов нефти являются весьма малые (до 300 тыс. т) месторождения нефти на территории Удмуртии, связанные с неструктурными ловушками, а также продуктивными девонскими и вендско-рифейскими отложениями. Эти структуры могут содержать более 40% от начальных геологических запасов нефти Удмуртии.

Одним из примеров, подтверждающих высокую перспективность поиска новых залежей на территории Удмуртии, являются открытые в 2017 г. Весеннее и Пихтовское месторождения, запасы которых оцениваются в 0,6 и 0,2 млн. т нефти, а дебиты скважин составляют до 60 и 15 м³/сут. безводной нефти соответственно [13].

В настоящее время для выявления таких структур на территории Удмуртии применяется МОГТ. Этот метод основан на разности распространения продольных и поперечных волн в горных породах [3, 5]. Он достаточно надёжен при поиске залежей углеводородов, но имеет ряд ограничений. Несмотря на то, что применение МОГТ позволяет получить точную информацию по структурному строению изучаемого района, он не может дать

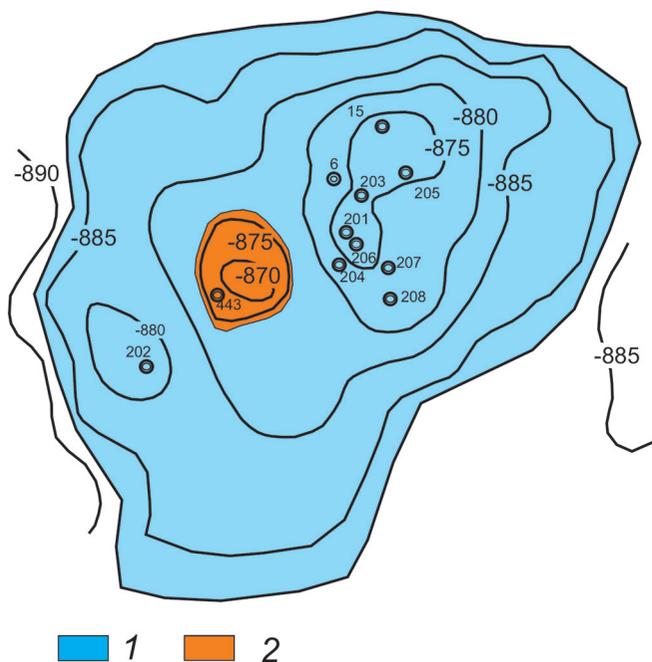


Рис. 1. Несовпадение предполагаемой и фактической площади нефтегазоносности: 1 — предполагаемая зона нефтегазоносности; 2 — фактическая зона нефтегазоносности



однозначный ответ на вопрос о нефтегазоносности выявляемых геологических структур [8]. Следствием этого становится бурение большого числа «сухих» скважин [4].

При прогнозировании залежей в терригенном девоне МОГТ оказывается малоэффективным вследствие крайне сложного геологического строения. Каждое последующее уточнение геологического и структурного строения значительно отличается от предыдущего. Вследствие этого возникает неуверенность в надёжности структурных построений нефтегазоперспективных объектов, что сдерживает поисково-разведочное бурение с целью развития нефтедобычи из малоамплитудных ловушек терригенного девона [7]. Применение технологии АНЧАР способствовало бы созданию достаточно достоверной, с наиболее надёжной геологической геометризацией концептуальной модели залежей углеводородов на таких участках. В свою очередь это обеспечило бы успешность поискового, разведочного и эксплуатационного бурения, так как именно результаты бурения первых скважин во многом определяют дальнейший подход к работе с залежью.

Использование данной технологии позволило бы достоверно оконтуривать малоамплитудные ловушки терригенного девона. Начальные суммарные геологические запасы нефти девонских отложений Удмуртии в настоящее время предварительно оценены в 90 млн. т, что составляет около 10% всех начальных суммарных запасов Удмуртии [10].

Кроме того, технология АНЧАР позволила бы выявить контуры залежи в случае их несоответствия структурным элементам. Прогноз запасов углеводородов в неструктурных ловушках и девонских залежах позволит нарастить запасы нефти, а в дальнейшем значительно повысить добычу нефти благодаря вовлечению новых залежей в разработку.

АНЧАР — микросейсмическая инфразвуковая разведка на нефть и газ, технология прогноза углеводородов в геологических структурах. Если приоритетной целью сейсморазведки является выявление перспективных на нефть и газ геологических структур, то задача АНЧАР — определение нефтегазоперспективности этих структур.

Данная технология отличается от МОГТ тем, что сигнал, несущий геологическую информацию, является не отражённым или преломленным поверхностью напластования, а генерируется непосредственно самой углеводородной залежью (микросейсмическая АНЧАР НГЗ) [1].

Скорость проведения полевых работ при применении АНЧАР составляет 4–6 км²/сут. Камеральная обработка данных составляет около двух-трёх дней. Таким образом, скорость проведения

работ методом АНЧАР в два раза превышает 3D сейсморазведку. Недостатком технологии является только несколько большая стоимость работ этим методом, которая превышает стоимость 3D сейсморазведки примерно в полтора раза, что связано с использованием более дорогостоящего оборудования, применяемого при проведении работ. Использование АНЧАР в комплексе с традиционными методами изучения структурного строения продуктивных толщ позволит прогнозировать нефтегазоносность залежей, сокращая финансовые и временные затраты на разбуривание «сухих» скважин, существенно ускорит восполнение ресурсов углеводородов.

Опыт применения технологии АНЧАР показывает возможность прогноза углеводородов при любых литологических неоднородностях и любой расчлененности углеводородных залежей. АНЧАР применяется для прогнозирования залежей углеводородов в неструктурных ловушках, а также в других сложных малоамплитудных и малоразмерных ловушках, которые характеризуются локальной и вертикальной [6] изменчивостью, какими, например, являются девонские залежи на территории Удмуртской Республики.

Использование технологии АНЧАР нефтедобывающими компаниями Удмуртии значительно упростило бы выявление неструктурных ловушек, располагающихся вблизи зон тектонических разломов на уже открытых месторождениях нефти. Доля ресурсов нефти, сосредоточенная в спутниках крупных месторождений, может составлять до 35% от начальных запасов основных залежей [9].

На территории Удмуртии технология АНЧАР применялась на Восточно-Тыловском и Дебесском месторождениях, а также Марьинской структуре с целью выявления и предварительной оценки геологических объектов для постановки поисково-разведочных работ на нефть и газ, что позволило выявить на этих структурах участки пластов с перспективной нефтепродуктивностью.

Применение технологии АНЧАР позволило установить, что контуры залежи имеют расхождение со структурными элементами, которые были выявлены по результатам сейсморазведки и поискового бурения (рис. 2). Данные, полученные в результате работ, на Восточно-Тыловском, Дебесском месторождениях и Марьинской структуре позволяют наметить первоочередные участки для глубокого бурения.

Технология АНЧАР может также успешно применяться для выявления пропущенных залежей углеводородов. Исследования Староягинской структуры методом АНЧАР [2] позволили выявить залежь в синклинальной области структуры и дали

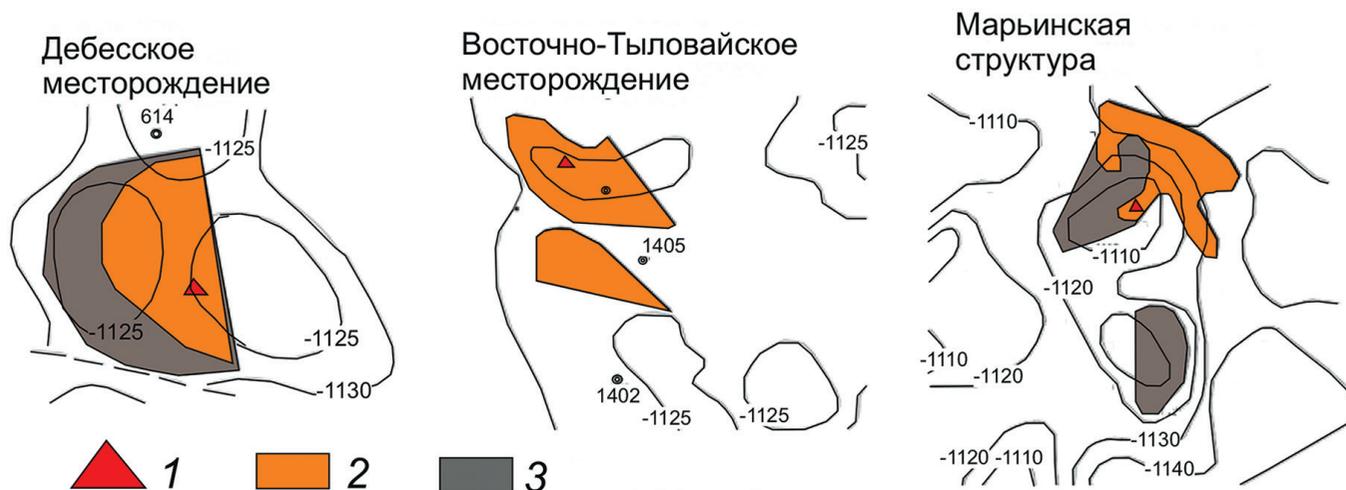


Рис. 2. Несовпадение залежей со структурными планами: 1 – рекомендованное расположение скважин; 2 – внешний контур нефтегазоносности; 3 – внутренний контур нефтегазоносности

прогнозную схему ее нефтегазоносности, а также рекомендации для расположения поисковых скважин (рис. 3).

Применение технологии АНЧАР на территории Республики Татарстан (Мамадышская площадь) и Оренбургской области (Соль-Илецкий свод, Предуральский прогиб, Бузулукская впадина) подтвердило её высокую эффективность при прогнозировании углеводородов в различных геолого-сейсмологических условиях [11].

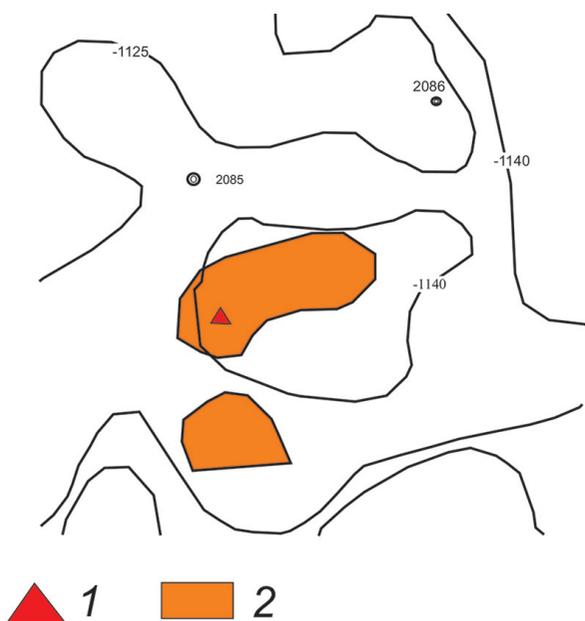


Рис. 3. Применение технологии АНЧАР для выявления пропущенных залежей на примере Староягинской структуры: 1 – рекомендованное расположение скважин; 2 – внешний контур нефтегазоносности

Одними из наиболее многообещающих в ближайшей перспективе, с экономической точки зрения, объектов для проведения геологоразведки методом АНЧАР на территории Удмуртской Республики являются Быковский участок и Чукавинская площадь.

Быковский участок расположен в пределах Татарской и Верхнекамской нефтегазоносных областей. Его площадь составляет более 650 км². Промышленная нефтегазоносность установлена в карбонатных верейских отложениях.

Чукавинская площадь приурочена к Верхнекамской нефтегазоносной области. Её площадь составляет около 700 км². Залежи нефти прогнозируются в верейских карбонатных и тиманских терригенных отложениях [12].

АНЧАР позволяет существенно снизить финансовую нагрузку на этапе ГРП на этих геологических структурах за счёт сокращения объёмов глубокого бурения.

Результаты и обсуждения

Эффективность применения технологии АНЧАР в Удмуртии достижима за счёт:

- 1) сокращения бурения поисковых и разведочных скважин за счёт наиболее достоверного оконтуривания выявленных залежей углеводородов;
- 2) обоснованного выбора на обнаруженных месторождениях углеводородов наиболее перспективных точек для вскрытия добывающими и нагнетательными скважинами продуктивных отложений;
- 3) выявления висячих, пропущенных и капиллярно-зашемлённых залежей нефти;



4) выявление залежей углеводородов в несвойственных Удмуртии моноклинальных и синклиналильных структурах;

5) выделения глубинных структур терригенного девона, сложных для обнаружения традиционными методами;

6) обеспечения надёжной геометризации залежей;

7) снижения затрат на разбуривание залежей углеводородов;

8) высокой экологической безопасности метода;

9) возможности использования технологии в тяжёлых геологических условиях;

10) достижения высокого коэффициента успешности (более 0,8) практически независимо от глубины залежи углеводородов.

Выводы

1. В связи с истощением крупных месторождений нефти в Удмуртской Республике всё большее

внимание будет уделяться малым месторождениям, которые содержат значительные запасы нефти, но геометризация данных объектов крайне затруднена при использовании традиционного комплекса работ.

2. От того, как детально проработана концептуальная геологическая модель, зависит успешность глубокого бурения. Результаты бурения первых скважин во многом определяют дальнейшее отношение к месторождению.

3. Надёжная геометризация малых и очень малых месторождения залежей затруднена без проведения работ методом АНЧАР.

4. Технология АНЧАР позволяет наиболее рационально выбрать точки для закладки поисковых и разведочных скважин с дальнейшей возможностью их перевода в эксплуатационные, что позволяет значительно сократить объёмы бурения и сделать малые месторождения рентабельными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнов С.Л., Карнаухов С.М., Позднеухов С.В., Булавин В.Д., Востров Н.Н. Технология АНЧАР при поиске и мониторинге залежей углеводородов // Технологии сейсморазведки. 2010. № 1. С. 58–66.
2. Арутюнов С.Л. Отчет о выполнении опытных работ методом низкочастотной разведки АНЧАР на территории Удмуртской Республики. Договор А-39/99 от 02.07. 1999 г. Оренбург – Ижевск, 1999. 58 с.
3. Бондарев И.В. Сейсморазведка МОГТ. Курс лекций для бакалавров. Часть 3. Основные теории, методики полевых работ и обработки результатов сейсмических наблюдений методом общей глубинной точки. Екатеринбург: УГГГА, 1996. 240 с.
4. Галкин С.В. Научное обоснование геологических рисков при вводе структур в глубокое нефтепоисковое бурение: На примере территории северо-востока Волго-Уральской НПП. Дисс. ... доктора геол.-мин. наук. Пермь, 2006. 309 с.
5. Гриценко С.А. Изображение геологических разрезов и определение скоростей методом общей глубинной точки. ФГБОУ «ВСЕГЕИ», СПб, 2014. 120 с.
6. Кузнецов О.Л., Чиркин И.А., Штык А.В. Инновационные сейсмоакустические технологии для разведки и разработки месторождений // Бурение & Нефть. 2010. № 2. С. 3–8.
7. Лысенко В.Д. Инновационная разработка нефтяных месторождений. М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2000. 516 с.
8. Мешбей В.И. Сейсморазведка методом общей глубинной точки. Недра, Москва, 1973. 152 с.
9. Савельев В.А. Нефтегазоносность и перспективы освоения ресурсов нефти Удмуртской Республики. Институт компьютерных исследований. Ижевск-Москва, 2003. 287 с.
10. Соснин Н.Е. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности сложнопостроенных девонских терригенных отложений на территории Удмуртской Республики. Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Пермь, 2013. 183 с.
11. АНЧАР — научно-технологический комплекс [Электронный ресурс]. URL:<http://www.anchar.ru> (дата обращения: 10.05.2019)
12. Neftegaz RU [Электронный ресурс]. URL:<https://neftgaz.ru/news/Geological-exploration/460187-rosgeologiya-provela-3d-seysmorazvedku-na-bykovskom-uchastke-nedr-v-udmurtii> (дата обращения: 05.05.2019)
13. ОАО «Удмуртнефть» [Электронный ресурс]. URL:<https://www.udmurtneft.ru/news/5618> (дата обращения: 05.05.2019)

REFERENTS

1. Arutyunov S.L., Karnaukhov S.M., Pozdnyakov S.V., Bulavin D.V., Vostrov N.N. Tekhnologiya ANCHAR pri poiske i monitoringe zalezhey uglevodorodov [ALFS Technology while searching, monitoring of hydrocarbons] *Seismicheskie tekhnologii* [Seismic Technology], 2010, no. 1, pp. 58–66. (In Russian)
2. Arutyunov S.L. *Otchet o vypolnenii opytnykh rabot metodom nizkochastotnoy razvedki ANChAR na territorii Udmurtskoy Respubliki* [Report on the implementation of experimental work by the method of low-frequency intelligence ANCHAR on the territory of the Udmurt Republic]. *Dogovor A-39/99 ot 02.07. 1999 g.* [Agreement A-39/99 of 02.07.1999. Orenburg — Izhevsk], 1999, 58 p. (In Russian).
3. Bondarev I.V. *Seysmorazvedka MOGT. Kurs lektsiy dlya bakalavrov. Chast' 3. Osnovnye teorii, metodiki polevykh rabot i obrabotki rezul'tatov seismicheskikh nablyudeniy metodom obshchey glubinnoy tochki* [Seismic MCDP. Course of lectures for bachelors. Part 3. Basic theories, methods of field work and processing of seismic observations by the method of common depth point]. Yekaterinburg, Publ. UGGGA [USMGA], 1996, 240 p. (In Russian)



4. Galkin S.V. *Nauchnoe obosnovanie geologicheskikh riskov pri vvode struktur v glubokoe neftepoiskovoe burenie: Na primere territorii severo-vostoka Volgo-Ural'skoy NGP* [Scientific substantiation of geological risks when entering structures into deep oil drilling: on the example of the territory of the North-East of the Volga-Ural OGP]. Diss doktora geol.-min. nauk [Diss ... of doctor of geol.-min. sciences], Perm, 2006, 309 p. (In Russian).
 5. Gritsenko S.A. *Izobrazhenie geologicheskikh razrezov i opredelenie skorostey metodom obshchey glubinnoy tochki* [Image of geological sections and determination of velocities by the method of General depth point]. *FGBOU «VSEGEI»* [FSBEI «ARRS», St-Peterburg], 2014, 120 p.
 6. Kuznetsov O.L., Chirkin I.A., Shtyk A.V. *Innovatsionnye seysmoakusticheskie tekhnologii dlya razvedki i razrabotki mestorozhdeniy* [Innovative seismic and acoustic technologies for exploration and development of deposits]. *Burenie & Neft* [Drilling & Oil 2]. 2010, no 2, pp. 3–8.
 7. Lysenko V.D. *Innovatsionnaya razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy* [Innovative development of oil fields]. Moscow, *ООО «Nedra — Biznescentr»*, 2000, 516 p.
 8. Meshbey V.I. *Seysmorazvedka metodom obshchey glubinnoy tochki* [Seismic exploration by common depth point method]. Nedra [Nedra], Moscow, 1973, 152 p.
 9. Savel'yev V.A. *Neftegazonosnost' i perspektivy osvoeniya resursov nefii Udmurtskoy Respubliki* [Oil and gas potential and prospects of oil resources development in the Udmurt Republic]. *Institut komp'yuternykh issledovaniy* [Institute of computer research]. Izhevsk-Moscow, 2003, 287 p. (In Russian)
 10. Sosnin N.E. *Geologicheskoe stroenie i perspektivy neftegazonosnosti slozhnopostroennykh devonskikh terrigennykh otlozheniy na territorii Udmurtskoy Respubliki* [Geological structure and prospects of oil and gas potential of complex Devonian terrigenous deposits on the territory of the Udmurt Republic]. Diss. kand. geol.-min. nauk [Diss. cand. of geol.-min. sciences]. Perm, 2013, 183 p. (In Russian).
 11. Acoustic low-frequency exploration scientific and technological complex, on — line Bulletin. Available from: anchar.ru (last accessed 10.05.2019)
 12. Neftegaz RU, on — line Bulletin. Available from: neftgaz.ru/news/Geological-exploration/460187-rosgeologiya-provela-3d-seysmorazvedku-na-bykovskom-uchastke-nedr-v-udmurtii (last accessed 05.05.2019)
 13. OS «Udmurtneft», on — line Bulletin. Available from: www.udmurtneft.ru/news/5618 (last accessed 05.05.2019)
-