

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСК И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

УДК 553.982.053 (470.54) © Галкин В.И., Александрова Т.В., Костарев Г.С., 2013

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПЕРЕВОДА РЕСУРСОВ В ЗАПАСЫ

В.И. Галкин, Т.В. Александрова^{*}, Г.С. Костарев^{}**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия,

^{*}ОАО «Камский научно-исследовательский институт комплексных исследований
глубоких и сверхглубоких скважин», Пермь, Россия,

^{**}Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПнефть» в г. Перми,
Пермь, Россия

К настоящему времени в мире существует множество методик оценки величин запасов по характеристикам ресурсов нефти. Для подготовленных объектов с категориями ресурсов C_3 оценка ресурсов выполняется объемным методом, который учитывает распространение углеводородов в объеме залежи с учетом геологического строения месторождений-аналогов. По данным запасов месторождений и ресурсов представляется возможным разработать методику прогноза величин запасов по значениям ресурсов с привлечением дополнительных вероятностных критериев, которые характеризуют локальную нефтегазоносность разреза. Для разработки данной методики выбрана территория Соликамской депрессии.

Отличительной особенностью данной работы является то, что при построении моделей перевода ресурсов в запасы будут учитываться характеристики, контролирующие нефтегазоносность этих структур на вероятностном уровне. По значениям вероятностей с использованием пошаговых линейного дискриминантного и многомерного регрессионного видов анализа будет разработана комплексная модель перевода ресурсов в запасы. С помощью данной модели представляется возможным определить первоочередные структуры, рекомендуемые для проведения глубокого поискового бурения.

Ключевые слова: месторождения нефти, подготовленные структуры, ресурсы и запасы нефти, вероятность, коэффициент корреляции, дискриминантный анализ, многомерный регрессионный анализ, Пермский край.

IMPROVEMENT OF METHODS FOR ESTIMATING RESOURCE TRANSFER INTO RESERVES

V.I. Galkin, T.V. Aleksandrova^{*}, G.S. Kostarev^{}**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia,

^{*}Kamskiy Scientific Research Institute

of Complex Researches of Deep and Ultra-deep Wells, Perm, Russia,

^{**}Branch of LLC "LUKOIL-Engineering" "PermNIPIneft" in Perm, Perm, Russia

By this time in the world there are many techniques for estimating the reserves values through the characteristics of oil resources. For prepared objects with resource categories C_3 resource assessment is performed by the volumetric method, which takes into account the distribution of hydrocarbons in the volume of deposits taking into account analogues geological structure. According to the field reserves and resources it is possible develop a methodology for the forecast of reserves amount through resource values with additional probabilistic criteria, which characterize the local oil and gas potential of the cut. To develop this methodology Solikamskaya depression area is chosen.

A distinctive feature of this work is that during the construction of resources to reserves transfer models characteristics that control petroleum potential of these structures on the probabilistic level will be taken into account. By the values of probabilities using stepwise linear discriminant and multivariate regression analyzes a comprehensive model for resource transfer into reserves will be developed. With this model it will be possible to identify priority structure recommended for deep exploratory drilling.

Keywords: oil fields, prepared structures, resources and oil reserves, probability, correlation coefficient, discriminant, multivariate regression analyzes, Perm Krai.

Введение

Сейчас в мире используются различные методики оценки величин запасов по характеристикам ресурсов нефти [1–12]. В условиях нарастающей освоенности территории Пермского края всё большее экономическое значение приобретает создание более совершенных моделей для прогноза подтверждаемости перспективных ресурсов категории C_3 запасами нефти промышленных категорий. Эффективность этих моделей во многом зависит от того, будут ли подготовленные структуры содержать залежи нефти.

В старых нефтедобывающих регионах накоплен огромный фактический материал по значениям ресурсов и запасов. Комплексное использование этих величин позволит наиболее оптимально размещать поисковые скважины на тех структурах, где запасы в результате бурения скважин подтвердятся. Решение таких задач возможно только путем построения комплексных вероятностно-статистических моделей. Для этого необходимо учитывать ресурсы, которые подтвердились, и те ресурсы, которые не подтвердились. Примеры использования вероятностно-статистических оценок для прогноза различных явлений при поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа достаточно детально описаны в работах [13, 14].

Вероятностно-статистическое обоснование для перевода ресурсов в запасы

Для оценки перевода ресурсов в запасы предлагается использовать методы математической статистики и теории вероятности. Например, в работе [11] выполнено прогнозирование суммарных извлекаемых запасов нефти Z_{sum}^m по суммарным извлекаемым значениям ресурсов R_{sum} с помощью регрессионного анализа для Соликамской депрессии согласно данным по 27 месторождениям. По

построенным нескольким уравнениям регрессии были вычислены значения Z_{sum}^m по данным R_{sum} . Далее по построенным моделям были определены значения Z_{sum}^m по подготовленным к бурению структурам. Значения R_{sum} и Z_{sum}^m , приведенные в этой работе, использованы для вычисления средних значений по ним, также выполнена проверка гипотезы о равенстве средних значений. Данные расчетов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Средние значения R_{C_3} и Z

Данные	R_{C_3} , тыс. т	Z , тыс. т	$\frac{t}{p}$
Прогнозные	1734,3± ±2635,4	1613,3± ±2301,7	0,154 652 0,877 914
Фактические	4298,4± ±14175,2	1992,2± ±5332,7	1,318 751 0,189 289

Из табл. 1 видно, что средние значения извлекаемых ресурсов и запасов для прогнозных структур различаются незначительно. Выполним аналогичное сравнение средних ресурсов и запасов по всем открытым месторождениям и структурам, в пределах которых произведено глубокое поисково-разведочное бурение, но месторождения не открыты. Всего в анализе были использованы данные по 41 месторождению и 34 пустым структурам. Сравнение средних значений по реальным месторождениям и пустым структурам показывает, что здесь различие значительное. Это можно объяснить тем, что в анализе участвовали не только структуры, содержащие скопления углеводородов, но и структуры, где проведено поисково-разведочное бурение, но месторождения не открыты. Отметим, что исследуемая выборка характеризуется разными свойствами. В первом случае имеются конкретные значения R_{C_3} и Z , во втором – только R_{C_3} , так как значения $Z = 0$. Таким образом, если при построении моделей использовать всю выборку,

то будет наблюдаться искажение значений прогнозных запасов. Если использовать только фактические значения по ресурсам и запасам, также будут наблюдаться искажения. Для устранения имеющихся искажений в соотношениях ресурсов и запасов используем данные прогнозов нефтегазоносности этих структур, приведенные в работе [12]. В данной работе использованы три группы критериев: морфологические ($P_{\text{укв,морф}}$), геохимические ($P_{\text{укв,гх}}$) и миграционные ($P_{\text{к.м}}$). Значения этих величин по данным работы [12] приведем в табл. 2.

Выполним сравнение средних значений этих критериев по данным 41 месторождения и 34 пустых структур (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что действительно средние значения $P_{\text{укв,морф}}$, $P_{\text{укв,гх}}$, $P_{\text{к.м}}$ для месторождений и пустых структур статистически различаются.

Для увязки значений R_{C_3} и Z с учетом не только нефтяных, но и пустых структур разобьем выборку по R_{C_3} на интервалы и в пределах их вычислим средние интервальные значения частоты встречаемости запасов. Далее сопоставим эти величины и определим соотношение, которое наилучшим образом описывает связь между ними. В данном случае связь имеет следующий вид: $P_{\text{инт}} = -0,3664 + 0,2691 \log_{10}(R_{C_3})$. По этому уравнению вычислены значения по всей изучаемой выборке. По этим данным вычислены средние значения для месторождений нефти и пустых структур (см. табл. 3). Отсюда видно, что средние значения $P_{\text{инт}}$ для нефтяных и пустых структур статистически различаются.

Для совместного использования полученных вероятностных оценок $P_{\text{укв,морф}}$, $P_{\text{укв,гх}}$, $P_{\text{к.м}}$ и $P_{\text{инт}}$ применим линейный дискриминантный анализ (ЛДА).

Таблица 2
Вероятностные характеристики прогнозных структур

№ п/п	Название структуры	R_{C_3} , тыс. т	$P_{\text{укв,морф}}$	$P_{\text{укв,гх}}$	$P_{\text{к.м}}$	$P_{\text{инт}}$	$P(F)$
1	Аристовская	235	0,11	0,35	0,67	0,27	0,18
2	Большесимовская	168	0,99	0,66	0,54	0,23	0,89
3	Брусничная	221	0,36	0,92	0,73	0,26	0,70
4	Вост.-Бельская	431	0,17	0,98	0,74	0,34	0,59
5	Вост.-Долговская	236	0,99	0,93	0,72	0,27	0,96
6	Голухинская	412	0,43	0,30	0,65	0,34	0,42
7	Долгая	663	0,99	0,78	0,67	0,39	0,95
8	Зап.-Долговская	243	0,99	0,95	0,71	0,27	0,96
9	Зап.-Озерная	892	0,14	0,74	0,44	0,42	0,26
10	Клестовская	1922	0,05	0,92	0,61	0,52	0,41
11	Легчимская	7115	0,99	0,93	0,80	0,67	0,98
12	Новологовская	1242	0,32	0,80	0,63	0,46	0,61
13	Пашковская	9571	0,96	0,70	0,48	0,71	0,93
14	Профильная	476	0,99	0,84	0,70	0,35	0,96
15	Сев.-Чашкинская	1143	0,51	0,93	0,68	0,45	0,82
16	Юж.-Жилинская	507	0,83	0,94	0,66	0,36	0,93
17	Зырянская	7304	0,99	0,89	0,73	0,79	0,98
18	Ростовицкая	5986	0,99	0,73	0,65	0,65	0,96

Таблица 5
Средние значения Z и Z_m

Источник	Z , тыс. т	Z_m , тыс. т	$\frac{t}{p}$
Месторождения	4038,3±7068,5	3963,8±5898,6	$\frac{0,047\ 497}{0,962\ 256}$
Пустые структуры	0,00±0,00	613,4±2427,2	$\frac{-1,564\ 67}{0,122\ 833}$

Из табл. 5 видно, что для месторождений разработанная модель достаточно надежно прогнозирует значение запасов по характеристикам структур. Для пустых структур модель работает менее надежно. Выполненный анализ показывает, что значение запасов по ресурсам достаточно надежно прогнозируются при $R_{C_3} > 1000$ тыс. т, поэтому для подготовленных к бурению структур можно надежно прогнозировать запасы только по структурам, приведенным в табл. 6.

Аналогичные расчеты выполнены еще по нескольким структурам Пермского края. В анализе участвовали структуры, по которым имеются перспективные ресурсы категории C_3 : Бартымская, Восточно-Тавдинская, Екатерининская, Жаворонковская, Мизевская, Ново-Лесная, Ново-Овражная, Полячихинская, купол Аспинского месторождения, Ишимовская, Северо-Костаревская. На дан-

ных структурах проведено поисково-разведочное бурение и подсчитаны запасы промышленных категорий.

Таблица 6
Значения R_{C_3} и Z_m для прогнозных структур

№ п/п	Название структуры	R_{C_3} , тыс. т	Z_m , тыс. т
1	Клестовская	1922	3352
2	Легчимская	7115	5115
3	Новологовская	1242	2649
4	Пашковская	9571	5135
5	Сев.-Чашкинская	1143	2938
6	Зырянская	7304	4893
7	Ростовицкая	5986	4092

Таким образом, имеется возможность проверки ранее выполненных расчетов ресурсов C_3 и сопоставления с полученными запасами Z . Выполним сопоставление Z и R_{C_3} с помощью критериев t и χ^2_p .

По статистике Пирсона χ^2_p выполним сравнение их плотностей распределения.

Для определения статистики χ^2 разобьем выборку на 10 частей с шагом 0,1 и в пределах данных интервалов вычислим средние интервальные значения ресурсов и запасов, которые приведены в табл. 7.

Распределения ресурсов и запасов

Критерии	Интервалы изменения ресурсов (запасов), тыс. т						
	<500	500–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	2500–3000	3000–3500
R_{C_3}	0,091	0,181	0,272	0,272	0,091	–	0,091
Z	0,272	0,272	–	0,091	0,181	–	0,181

Таблица 7

Характеристики R_{C_3} и Z

Нефтегазоносный комплекс (НГК)	R_{C_3} , тыс. т	Z , тыс. т	$\frac{t}{p}$	$\frac{\chi^2}{p}$
Разрез в целом	1371,9±7	1443,1±1169,7	$\frac{-0,168\ 577}{0,867\ 823}$	$\frac{0,962\ 975}{0,617\ 864}$
Визейский терригенный комплекс НГК – C_{1V}	1047,5±627,0	905,4±693,5	$\frac{0,444\ 059}{0,663\ 339}$	$\frac{1,471\ 258}{0,479\ 204}$
Верхнедевонско-турнейский комплекс НГК – D_3-C_{1T}	890,0±365,2	1335,8±1205,9	$\frac{-1,021\ 50}{0,341\ 019}$	$\frac{3,479\ 884}{0,175\ 531}$
Девонский терригенный комплекс НГК – D_{3m}	37,5±4,9	34,0±0,0	$\frac{0,577\ 350}{0,666\ 667}$	–

Таблица 8

Из табл. 7 видно, что соотношение распределений для ресурсов и запасов отличается незначительно.

Средние значения критериев для ресурсов и запасов, а также значения статистических характеристик приведены в табл. 8.

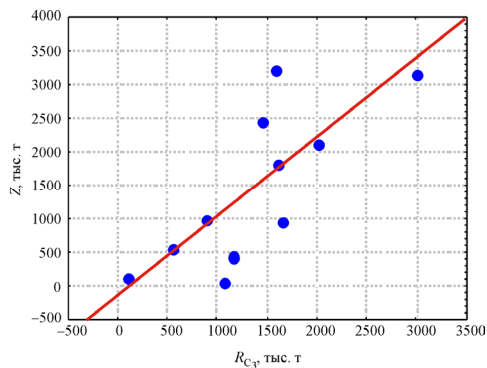


Рис. 2. Зависимость Z от R_{C_3}

Отсюда видно, что значения Z и R_{C_3} согласно критериям χ_r^2 и t_r статистически не отличаются. Отметим, что наименьшее отличие наблюдается в том случае, когда используются данные по сумме всех нефтегазоносных комплексов

(НГК). Различия полученные по вышеприведенным НГК – C_{1V} , D_3-C_{1r} , D_{3m} несколько больше. Далее построим уравнения регрессии Z от R_{C_3} , вычислим значения коэффициентов r (табл. 9).

Из табл. 9 видно, что корреляционные связи являются статистически значимыми, когда модель строится по всем данным, а также по C_{1V} НГК. Корреляционное поле между Z от R_{C_3} приведено на рис. 2.

Таким образом, построенные статистические модели могут быть использованы при переводе ресурсов в запасы на изучаемых территориях.

Заключение

Наиболее существенные результаты исследований сводятся к следующему:

1. Обоснована необходимость построения моделей перевода ресурсов в запасы с привлечением данных по вероятностной оценке перспектив нефтегазоносности локальных структур.
2. Установлены структуры с ресурсами C_3 , для которых выполнена оценка запасов нефти по значениям ресурсов с привлечением вероятностных оценок их нефтегазоносности.

Таблица 9

Модели для перевода R_{C_3} в Z

Критерии	Значения r	Уравнение регрессии, область применения модели
Разрез весь – R_{C_3}	0,77, $t_p > t_t$	$Z = -171,0 + 1,1785 R_{C_3}$, по R_{C_3} до 3025 тыс. т
$C_{1V}-R_{C_3}$	0,83, $t_p > t_t$	$Z = 90,1 + 0,46121 R_{C_3}$, по R_{C_3} до 2010 тыс. т
$C_{1r}-R_{C_3}$	0,88, $t_p < t_t$	$Z = -0,2 + 3,5941 R_{C_3}$, по R_{C_3} до 175 тыс. т
$D_{3m}-R_{C_3}$	–	Из-за ограниченности данных модель не построена

Список литературы

1. Sorrell S., Speirs J. Using growth curves to forecast regional resource recovery: Approaches, analytics and consistency tests // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2014. – Vol. 372, iss. 2006.
2. Reserves management system – Rapid tool for optimizing and tracking the growth of hydrocarbon resources & reserves / M. AlBahar, D. Kamal, H. AlMayyan, A. Bora // Society of Petroleum Engineers. – 2011. – Vol. 2. – P. 729–736.
3. Whittaker R.C., Hamann N.E., Pulvertaft T.C.R. A new frontier province offshore northwest greenland: structure, basin development, and petroleum potential of the melville bay area // AAPG Bulletin. – 1997. – Vol. 81, № 6. – P. 978–998.

4. The Petroleum system – source to trap / L.B. Magoon, W.G. Don [et al.] // AAPG Memior. – 1994. – Vol. 60.
5. Davis C.J. Estimation of the probability of success in petroleum exploration // *Mathematical Geology*. – 1977. – Vol. 9, № 4. – P. 409–427.
6. Watson G.S. *Statistic on spheres*. – New York: John Wiley and Sons, Inc., 1983. – 238 p.
7. Unwin D. *Introductory spatial analysis*. – London: Methuen and Co., Ltd., 1981. – 212 p.
8. Галкин С.В., Воеводкин В.Л. Построение статистических моделей между запасами и ресурсами (на примере юго-восточного барьерного рифа в Пермском крае) // *Изв. вузов. Нефть и газ*. – 2004. – № 5. – С. 43.
9. Галкин В.И., Воеводкин В.Л. К методике построения статистических моделей между ресурсами и запасами нефти в Пермской области // *75 лет пермской нефти: материалы XXXIII науч.-практ. конф. горно-нефтяного факультета ПГТУ*. – Пермь, 2004. – С. 17–21.
10. Растегаев А.В., Козлов А.С. Прогноз запасов нефти вероятностно-статистическими методами для обоснования глубокого бурения на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2008. – № 8. – С. 20–23.
11. Статистические модели геолого-экономической оценки запасов и ресурсов Пермской области / В.И. Галкин, В.Л. Воеводкин, А.В. Коноплев, В.В. Середин // *75 лет Пермской нефти: материалы XXXIII науч.-практ. конф. горно-нефтяного факультета ПГТУ*. – Пермь, 2004. – С. 9–12.
12. О масштабах миграции углеводородов в пределах Соликамской депрессии Предуральского прогиба и возможностях ее использования для прогноза нефтегазоносности. К методике оценки перспектив нефтегазоносности Соликамской депрессии по характеристикам локальных структур / В.Л. Воеводкин, В.И. Галкин, И.А. Козлова, С.Н. Кривошеков, А.С. Козлов // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – М., 2010. – № 12. – С. 6–12.
13. Оценка точности определения прогнозных запасов нефти в пределах Соликамской впадины / А.В. Растегаев, В.И. Галкин, И.А. Козлова, В.Л. Воеводкин, И.В. Ванцева // *Нефтепромысловое дело*. – М., 2010. – № 7. – С. 8–12.
14. Метод прогноза нефтегазоносности локальных поднятий с применением ЭВМ / А.Э. Конторович, Э.Э. Фотиади [и др.] // *Применение математических методов и ЭВМ для решения прогнозных задач нефтяной геологии: тез. науч.-техн. конф. / Сиб. отд. АН СССР*. – Новосибирск, 1973. – С. 13–15.

References

1. Sorrell S., Speirs J. Using growth curves to forecast regional resource recovery: Approaches, analytics and consistency tests. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2014, vol. 372, iss. 2006.
2. AlBahar M., Kamal D., AlMayyan H., Bora A. Reserves management system – Rapid tool for optimizing and tracking the growth of hydrocarbon resources & reserves. *Society of Petroleum Engineers*, 2011, vol. 2, pp. 729–736.
3. Whittaker R.C., Hamann N.E., Pulvertaft T.C.R. A new frontier province offshore northwest greenland: structure, basin development, and petroleum potential of the melville bay area. *AAPG Bulletin*, 1997, vol. 81, no. 6, pp. 978–998.
4. Magoon L.B., Don W.G. [et al.]. The Petroleum system – source to trap. *AAPG Memior*, 1994, vol. 60.
5. Davis C.J. Estimation of the probability of success in petroleum exploration. *Mathematical Geology*, 1977, vol. 9, no. 4, pp. 409–427.
6. Watson G.S. *Statistic on spheres*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1983. 38 p.
7. Unwin D. *Introductory spatial analysis*. London: Methuen and Co., Ltd., 1981. 212 p.
8. Galkin S.V., Voevodkin V.L. Postroenie statisticheskix modelej mezhdu zapasami i resursami (na primere yugo-vostochnogo bar'ernogo rifa v Permskom krae) [Building statistical models between reserves and resources (for example, the south-east of the barrier reef in the Perm Krai)]. *Izvestiya vuzov. Neft' i gaz*. 2004, no. 5, p. 43.
9. Galkin V.I., Voevodkin V.L. K metodike postroeniya statisticheskix modelej mezhdu resursami i zapasami nefiti v Permskoj oblasti [By the method of constructing statistical models between resources and reserves of oil in the Perm region]. *Materialy XXXIII nauchno-prakticheskoy konferencii gorno-nefyanogo fakul'teta PGTU "75 let Permskoj nefiti"*, Perm', 2004. pp. 17–21.
10. Rastegaev A.V., Kozlov A.S. Prognoz zapasov nefiti veroyatnostno-statisticheskimi metodami dlya obosnovaniya glubokogo bureniya na territorii Verxnekamskogo mestorozhdeniya kalijnyx solej [Forecast

of oil reserves probabilistic and statistical methods to justify the deep drilling at the Verkhnekamskoe potash deposit]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyx i gazovyx mestorozhdenij*, 2008, no. 8, pp. 20–23.

11. Galkin V.I., Voevodkin V.L., Konoplev A.V., Seredin V.V. Statisticheskie modeli geologo-ekonomicheskoy ocenki zapasov i resursov Permskoj oblasti [Statistical models of geological and economic evaluation of reserves and resources of the Perm region]. *Materialy XXXIII nauchno-prakticheskoy konferencii gorno-neftyanogo fakul'teta PGU "75 let Permskoj nefii"*, Perm', 2004, pp. 9–12.

12. Voevodkin V.L., Galkin V.I., Kozlova I.A., Krivoshekov S.N., Kozlov A.S. O masshtabax migracii uglevodorodov v predelax Solikamskoj depressii Predural'skogo progiba i vozmozhnostyax ee ispol'zovaniya dlya prognoza neftegazonosnosti. K metodike ocenki perspektiv neftegazonosnosti Solikamskoj depressii po karakteristikam lokal'nyx struktur [The extent of migration of hydrocarbons within the Ural Solikamskaya depression trough and it could be used for the prediction of oil and gas potential. By the methods of assessment of petroleum potential Solikamskaya depression characteristics of local structures]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyx i gazovyx mestorozhdenij*, 2010, no. 12, pp. 6–12.

13. Rastegaev A.V., Galkin V.I., Kozlova I.A., Voevodkin V.L., Vanceva I.V. Ocenka tochnosti opredeleniya prognoznyx zapasov nefiti v predelax Solikamskoj vpadiny [Estimation of accuracy of prospective reserves within Solikamskaya depression]. *Neftpromyslovoe delo*, 2010, no 7, pp. 8–12.

14. Kontorovich A.E., Fotiadi E.E. [et al.]. Metod prognoza neftegazonosnosti lokal'nyx podnyatij s primeneniem E'VM [Prediction method petroleum potential local uplifts using computers]. *Tezisy nauchno-texnicheskoy konferencii "Primenenie matematicheskix metodov i E'VM dlya resheniya prognoznyx zadach neftyanoj geologii"*, Sibirskoe otdelenie Akademii nauk SSSR, Novosibirsk, 1973, pp. 13–15.

Об авторах

Галкин Владислав Игнатьевич (Пермь, Россия) – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геологии нефти и газа Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: vgalkin@pstu.ru).

Александрова Татьяна Витальевна (Пермь, Россия) – заместитель директора ОАО «Камский научно-исследовательский институт комплексных исследований глубоких и сверхглубоких скважин» (ОАО «КамНИИКИГС») (614000, г. Пермь, ул. Краснофлотская, 15; e-mail: tatalex-08@mail.ru).

Костарев Глеб Сергеевич (Пермь, Россия) – инженер 2-й категории отдела ОПН и ПГРР, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми (614066, ул. Советской Армии, 29; e-mail: Gleb.Kostarev@pnn.lukoil.com).

About the authors

Galkin Vladislav Ignat'evich (Perm, Russia) – doctor of geological and mineralogical sciences, professor, head of oil and gas geology department, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy ave., 29; e-mail: vgalkin @ pstu. ru).

Aleksandrova Tat'yana Vital'evna (Perm, Russia) – deputy director of JSC “Kamskiy scientific research institute of complex researches of deep and ultra-deep wells” (614000, Perm, Krasnoflotskaya st., 15; e-mail: tatalex-08@mail.ru).

Kostarev Gleb Sergeevich (Perm, Russia) – engineer of the 2nd category of OPN and PGRR, Branch of LLC “LUKOIL-Engineering” “PermNIPIneft” in Perm (614066, Soviet Army st., 29; e-mail: Gleb.Kostarev@pnn.lukoil.com).

Получено 28.02.2013