

УДК 622 + 553.982.2.276.6

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2024

**Разработка геолого-статистических моделей для прогноза подтверждаемости структур на территории юга Пермского края****Е.С. Колесников**

ООО «НЕФТЬГАЗИССЛЕДОВАНИЕ» (Российская Федерация, 614045, г. Пермь, Комсомольский пр., 20)

**Development of Geological and Statistical Models for Forecasting the Confirmability of Structures in the Territory of the South of Perm Krai****Evgeniy S. Kolesnikov**

NEFTGASISSLEDOVANIE LLC (20 Komsomolskiy av., Perm, 614045, Russian Federation)

**Получена / Received: 12.01.2024. Принята / Accepted: 26.07.2024. Опубликовано / Published: 30.08.2024****Ключевые слова:**

геолого-морфологические характеристики, амплитуда структуры, геолого-разведочные работы, подтверждаемость структур глубоким бурением, оценка рисков, отражающий горизонт, геолого-статистический подход.

На сегодняшний день сейсморазведочные работы 3D, проводимые на территории юга Пермского края, все больше ориентированы на выявление и подготовку к глубокому бурению локальных геологических структур, амплитуда которых часто сопоставима с точностью структурных построений. Исходя из этого, возникает необходимость разработки нового геолого-статистического подхода, позволяющего оценить риски, связанные с проблемой неподтверждаемости подготовленных объектов глубоким бурением. Минимизация таких рисков позволила бы снизить количество отрицательных результатов поисково-оценочного бурения, что напрямую повлияло бы на эффективность деятельности нефтегазодобывающего предприятия в области геолого-разведочных работ на нефть и газ.

Предлагается один из вариантов разработки геолого-статистического подхода к оценке точности структурных построений изучаемой выборки, позволяющий сделать выводы о степени изученности рассматриваемой территории. На основе полученных результатов сделаны выводы о соответствии структурных планов отражающих горизонтов южной части Пермского края между собой; также приводится сопоставление полученных граничных значений невязок с погрешностями структурных построений, оцененными по результатам выполнения сейсморазведочных работ МОГТ 3D в южной части Пермского края.

Данный геолого-статистический подход может применяться для уточнения рисков, связанных с проблемой неподтверждаемости геолого-морфологических характеристик структур.

**Keywords:**

geological and morphological characteristics, amplitude of the structure, geological exploration, confirmability of structures by deep drilling, risk assessment, reflecting horizon, geological and statistical approach.

Today, 3D seismic surveys carried out in the south of Perm Krai are increasingly focused on identifying and preparing for deep drilling local geological structures, the amplitude of which is often comparable to the accuracy of structural constructions. Based on this, there is a need to develop a new geological and statistical approach that allows assessing the risks associated with the problem of unconfirmability of prepared objects by deep drilling. Minimizing such risks would reduce the number of negative results of exploration and appraisal drilling, which would directly affect the efficiency of the oil and gas producing enterprise in the field of geological exploration for oil and gas.

This article proposes one of the options for developing a geological-statistical approach to assessing the accuracy of the structural constructions of the studied area, which allows drawing conclusions about the degree of exploration of the territory under consideration. Based on the results obtained, conclusions were drawn about the correspondence of the structural plans of the reflecting horizons of the southern part of the Perm region with each other. A comparison of the obtained boundary values of discrepancies with the errors of structural constructions estimated from the results of 3D CDP seismic surveys in the south of Perm Krai.

This geological and statistical approach can be used to clarify the risks associated with the problem of unconfirmation of the geological and morphological characteristics of structures.

© **Колесников Евгений Сергеевич** – (SPIN-код: 5862-2836) – специалист 2-й категории блока внедрения и поддержки цифровых решений для интеллектуальных месторождений (тел.: +007 (912) 580 50 60, e-mail: zhenya.kolesnikov.1997@mail.ru).

© **Evgeniy S. Kolesnikov** (SPIN-code: 5862-2836) – 2<sup>nd</sup> category specialist of the Block for Implementation And Support Of Digital Solutions For Intelligent Fields (tel.: +007 (912) 580 50 60, e-mail: zhenya.kolesnikov.1997@mail.ru).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Колесников, Е.С. Разработка геолого-статистических моделей для прогноза подтверждаемости структур на территории юга Пермского края / Е.С. Колесников // Недропользование. – 2024. – Т.24, №3. – С.102–111. DOI: 10.15593/2712-8008/2024.3.1

Please cite this article in English as:

Kolesnikov E.S. Development of geological and statistical models for forecasting the confirmability of structures in the territory of the south of Perm Krai. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2024, vol.24, no.3, pp.102-111. DOI: 10.15593/2712-8008/2024.3.1

**Введение**

Рассматривается один из вариантов оценки точности структурных построений отражающих горизонтов по результатам анализа несоответствия амплитуд структур, подтвержденных бурением, от амплитуд структур, подготовленных к глубокому бурению.

Минимизация рисков, связанных с проблемой неподтверждаемости подготовленных объектов глубоким бурением позволила бы снизить количество отрицательных результатов поисково-оценочного бурения, что напрямую повлияло бы на эффективность деятельности нефтегазодобывающего предприятия в области геолого-разведочных работ на нефть и газ [1].

Исследуемая выборка объединила структуры, подготовленные к глубокому бурению различными методами (структурное бурение, сейсморазведочные работы методом общей глубинной точки (МОГТ) 2D и 3D). Объем выборки является достаточным для проведения полноценного регрессионного анализа по отражающим горизонтам III (19 структур), II<sup>п</sup> (99 структур), II<sup>к</sup> (97 структур), I<sup>п</sup> (43 структуры), I<sup>к</sup> (21 структура) [2–8].

Для анализа характера расхождения амплитуд структур по данным бурения ( $A_B$ ) от амплитуд структур, подготовленных к глубокому бурению по данным паспорта ( $A_{П}$ ), и оценки точности структурных построений по отражающим горизонтам III, II<sup>п</sup>, II<sup>к</sup>, I<sup>п</sup>, I<sup>к</sup> в программном обеспечении Statistica была выполнена пошаговая множественная регрессия для групп разного количества структур  $N$ , уже разбуренных на момент исследования на территории юга Пермского края [9–24].

Независимыми переменными в данном исследовании, помимо амплитуды структуры, подготовленной к глубокому бурению, по данным паспорта ( $A_{П}$ ) являлись такие геолого-морфологические характеристики, как длина ( $D$ ) и ширина структуры ( $S$ ), отношение ширины структуры к ее длине ( $S/D$ ), площадь структуры по соответствующему отражающему горизонту ( $S_{ог}$ ), интенсивность структуры ( $I$ ), угол согласованности структуры и оси (или границей) ближайшего тектонического элемента ( $\gamma$ ), расстояние от структуры до центра ( $L_{ц}^1$ ) и ближайшего края ( $L_{к}^1$ ) тектонического элемента первого порядка, удаленность от центра тектонического элемента первого порядка ( $D_{ц}^1$ ), рассчитанное как отношение  $L_{ц}^1$  к сумме  $L_{ц}^1$  и  $L_{к}^1$ , а также расстояние от структуры до центра ( $L_{ц}^2$ ) и ближайшего края ( $L_{к}^2$ ) тектонического элемента второго порядка [25–42].

В ходе пошагового увеличения  $N$  анализировалось влияние статистически значимых показателей на  $A_B$  [43–52].

Жирным шрифтом в таблицах выделены статистически значимые показатели, для которых значение  $p$ -критерия, характеризующего вероятность ошибки первого рода, меньше или равно 0,05.

**Обоснование граничных значений параметра  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту III**

В табл. 1 представлены результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{П}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L_{ц}^1, L_{к}^1, D_{ц}^1, L_{ц}^2, L_{к}^2)$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту III.

Как видно из данных таблицы, регрессия выполнялась для  $N$  от 9 до 19 структур включительно по отражающему горизонту III.

Результаты данного регрессионного исследования для отражающего горизонта III позволили объединить полученные геолого-статистические модели, близкие по характеру влияния значимых показателей. Так, для отражающего горизонта III был выделен один класс структур.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в интервале  $N$  от 9 до 19, являются  $A_{П}$  и фрагментарно  $S_{ог}, I, D_{ц}^1$ .

Коэффициент множественной корреляции ( $R^2$ ) в данном интервале изменяется в пределах от 0,523 до 1,000, постепенно уменьшаясь. Величина  $p$ -критерия в данном интервале сформированной геолого-статистической модели колеблется около 0,000–0,004.

Поле корреляции  $B = f(|A_B - A_{П}|)$  по результатам регрессионного анализа по отражающему горизонту III представлено на рис. 1, а.

При анализе данных табл. 1, и рис. 1, а, видим, что кардинального перестроения геолого-статистической модели на рассматриваемом интервале  $|A_B - A_{П}|$  от 4 до 14 м не наблюдается, что позволяет предположить наличие граничного значения параметра  $|A_B - A_{П}|$  за пределами рассматриваемого диапазона.

**Обоснование граничных значений параметра  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту II<sup>п</sup>**

В табл. 2 представлены результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{П}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L_{ц}^1, L_{к}^1, D_{ц}^1, L_{ц}^2, L_{к}^2)$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту II<sup>п</sup>.

Таблица 1

Результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{П}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L_{ц}^1, L_{к}^1, D_{ц}^1, L_{ц}^2, L_{к}^2)$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту III

N п/п	A <sub>п</sub> м	A <sub>б</sub> м	A <sub>б</sub> - A <sub>п</sub>    м	B, доли ед.	Коэффициенты при показателях, доли ед.											R <sup>2</sup> , доли ед.	p-кр., доли ед.	SE, м	
					A <sub>п</sub>	S <sub>ог</sub>	I	D	S	S/D	γ	L <sub>ц</sub> <sup>1</sup>	L <sub>к</sub> <sup>1</sup>	D <sub>ц</sub> <sup>1</sup>	L <sub>ц</sub> <sup>2</sup>				L <sub>к</sub> <sup>2</sup>
1	6	6	0																
2	14	14	0																
3	21	21	0																
4	6	7	1																
5	7	8	1																
6	9	7	2																
7	12	14	2																
8	9	6	3																
9	7	3	4	-2,155	1,818	-3,076	-0,784		-0,616		0,050		-0,065		0,549	-0,463	1,000	0,000	
10	7	3	4	0,782	<b>1,566</b>	<b>-2,972</b>	<b>-0,953</b>					0,149	0,063		0,030		0,993	0,002	0,797
11	9	13	4	-0,577	<b>1,243</b>		<b>-0,416</b>				0,030				0,095	0,960	0,000	1,437	
12	25	20	5	-0,577	<b>1,243</b>		<b>-0,416</b>				0,030				0,095	0,960	0,000	1,437	
13	9	3	6	2,553	<b>0,828</b>				-8,087					0,220		0,842	0,001	2,843	
14	21	14	7	5,095	<b>0,701</b>				-7,260					0,237	0,810	0,001	3,014		
15	17	9	8	5,174	<b>0,687</b>				-9,374					0,137	0,752	0,001	3,286		
16	13	3	10	3,518	<b>0,728</b>				-8,259					0,136	0,638	0,001	3,703		
17	14	3	11	5,007	<b>0,651</b>				-5,087						0,623	0,001	3,821		
18	19	6	13	6,913	<b>0,543</b>										-9,016	0,529	0,004	4,236	
19	22	8	14	7,944	<b>0,505</b>										<b>-10,203</b>	0,523	0,003	4,130	



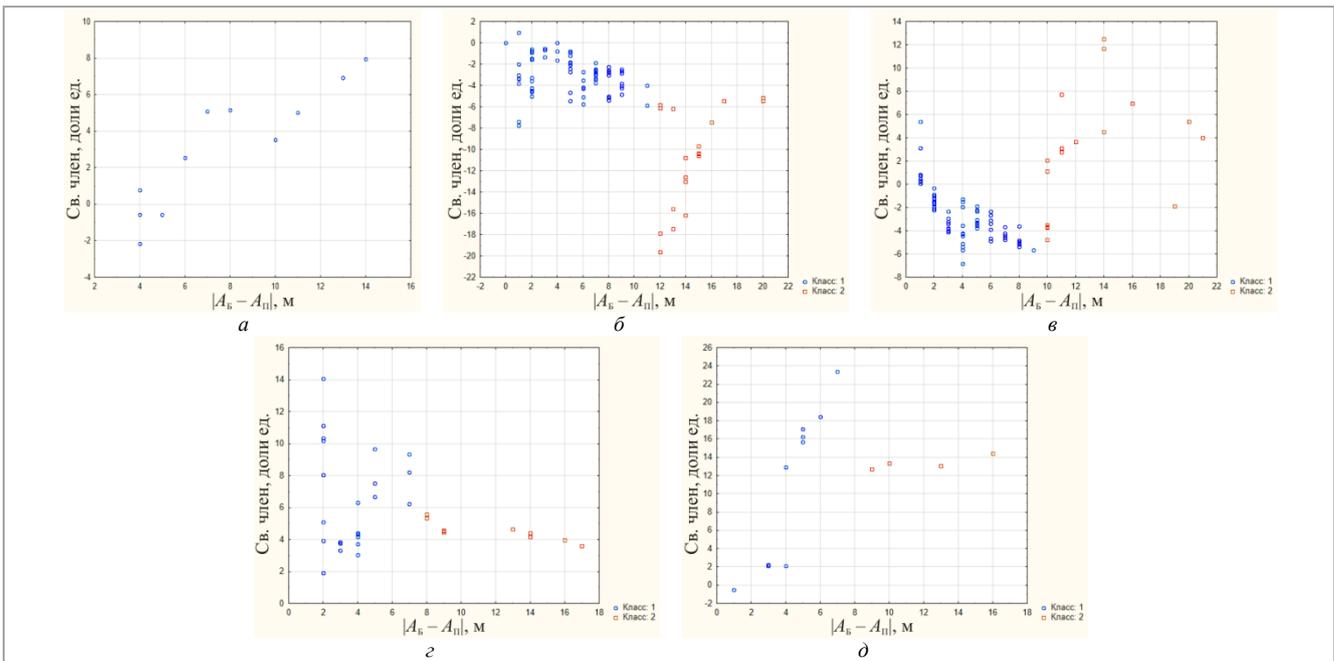


Рис. 1. Поле корреляции  $B = f(|A_b - A_n|)$  по результатам регрессионного анализа по отражающему горизонту: а – III; б – II<sup>II</sup>; в – II<sup>K</sup>; г – I<sup>I</sup>; д – I<sup>K</sup>

Коэффициент множественной корреляции ( $R^2$ ) в данном интервале изменяется в пределах от 0,401 до 0,614, постепенно уменьшаясь. Величина  $p$ -критерия в данном интервале сформированной геолого-статистической модели колеблется около 0,000.

Как видно из данных табл. 2, регрессия выполнялась для  $N$  от 8 до 99 структур включительно по отражающему горизонту II<sup>I</sup>.

Результаты данного регрессионного исследования для отражающего горизонта II<sup>I</sup> позволили объединить полученные геолого-статистические модели, близкие по характеру влияния значимых показателей. Так, для отражающего горизонта II<sup>I</sup> были выделены два класса структур.

Класс «1» соответствует первой устойчивой геолого-статистической модели, прослеживающейся при  $N$  от 8 до 80.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются  $A_n$  и фрагментарно,  $S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L_{ц}^1, L_k^1$ .

Коэффициент множественной корреляции ( $R^2$ ) в данном интервале изменяется в пределах от 0,620 до 1,000, постепенно уменьшаясь. Величина  $p$ -критерия в данном интервале сформированной геолого-статистической модели колеблется около 0,000.

Перестроение геолого-статистической модели с первой на вторую происходит при  $N$ , равном 81.

Класс «2» соответствует второй устойчивой геолого-статистической модели, прослеживающейся при  $N$  от 81 до 99.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются  $A_n, S/D, L_k^2$  и фрагментарно  $S, D, L_k^1, L_{ц}^2$ .

Поле корреляции  $B = f(|A_b - A_n|)$  по результатам регрессионного исследования по отражающему горизонту II<sup>I</sup> представлено на рис. 1, б.

Проанализировав табл. 2 и рис. 1, б, можно сделать вывод, что граничное значение параметра  $|A_b - A_n|$  находится в диапазоне от 11 до 12 м (принято 11,5 м как среднее значение).

### Обоснование граничных значений параметра $|A_b - A_n|$ по отражающему горизонту II<sup>K</sup>

В табл. 3 представлены результаты регрессионного исследования  $A_b = f(A_n, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L_{ц}^1, L_k^1, D_{ц}^1, L_{ц}^2, L_k^2)$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_b - A_n|$  по отражающему горизонту II<sup>K</sup>.

Как видно из данных табл. 3, регрессия выполнялась для  $N$  от 8 до 97 структур включительно по отражающему горизонту II<sup>K</sup>.

Результаты данного регрессионного исследования для отражающего горизонта II<sup>K</sup> позволили объединить полученные геолого-статистические модели, близкие по характеру влияния значимых показателей. Так, для отражающего горизонта II<sup>K</sup> были выделены два класса структур.

Класс «1» соответствует первой устойчивой геолого-статистической модели, прослеживающейся при  $N$  от 11 до 80.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются  $A_n$  и фрагментарно,  $S, S/D, \gamma, L_k^1, D_{ц}^1$ .

Коэффициент множественной корреляции ( $R^2$ ) в данном интервале изменяется в пределах от 0,667 до 1,000, постепенно уменьшаясь. Величина  $p$ -критерия в данном интервале сформированной геолого-статистической модели колеблется около 0,000.

Перестроение геолого-статистической модели с первой на вторую происходит при  $N$ , равном 81.

Класс «2» соответствует второй устойчивой геолого-статистической модели, прослеживающейся при  $N$  от 81 до 97.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются  $A_n, S_{ог}$  и фрагментарно  $L_k^1, D_{ц}^1$ .

Коэффициент множественной корреляции ( $R^2$ ) в данном интервале изменяется в пределах от 0,408 до 0,673, постепенно уменьшаясь. Величина  $p$ -критерия в данном интервале сформированной геолого-статистической модели колеблется около 0,000.

Поле корреляции  $B = f(|A_b - A_n|)$  по результатам регрессионного исследования по отражающему горизонту II<sup>K</sup> представлено на рис. 1, в.

Таблица 3

Результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{II}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L^1_{II}, L^1_{К}, D^1_{II}, L^2_{II}, L^2_{К})$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{II}|$  по отражающему горизонту  $\Pi^K$

N п/п	A <sub>II</sub> м	A <sub>B</sub> м	A <sub>B</sub> - A <sub>II</sub>   м	B, доли ед.	Коэффициенты при показателях, доли ед.											R <sup>2</sup> , доли ед.	ρ-кр., доли ед.	SE, м
					A <sub>II</sub>	S <sub>ог</sub>	I	D	S	S/D	γ	L <sup>1</sup> <sub>II</sub>	L <sup>1</sup> <sub>К</sub>	D <sup>1</sup> <sub>II</sub>	L <sup>2</sup> <sub>II</sub>			
1	7	7	0															
2	11	11	0															
3	12	12	0															
4	15	15	0															
5	18	18	0															
6	26	26	0															
7	6	5	1															
8	9	8	1															
9	10	9	1															
10	8	9	1															
11	9	10	1	5,417	1,069	0,716	-0,117	-3,372										
12	11	10	1	<b>3,096</b>	<b>0,969</b>													
13	11	10	1	0,463	<b>1,037</b>													
14	12	11	1	0,291	<b>1,037</b>													
15	11	12	1	0,217	<b>1,032</b>													
16	13	12	1	0,061	<b>1,032</b>													
17	14	13	1	0,058	<b>1,032</b>													
18	15	14	1	0,850	<b>1,029</b>													
19	25	26	1	0,747	<b>1,010</b>													
20	9	7	2	-0,903	<b>1,050</b>													
21	8	10	2	-1,007	<b>1,018</b>													
22	12	10	2	-0,336	<b>1,013</b>													
23	12	10	2	-1,298	<b>1,019</b>													
24	15	13	2	-1,215	<b>1,011</b>													
25	17	19	2	-1,450	<b>1,022</b>													
26	17	19	2	-1,621	<b>1,029</b>													
27	17	19	2	-1,734	<b>1,041</b>													
28	26	28	2	-1,939	<b>1,057</b>													
29	27	29	2	-2,102	<b>1,072</b>													
30	33	35	2	-2,207	<b>1,084</b>													
31	9	6	3	-2,327	<b>1,099</b>													
32	3	6	3	-3,973	<b>1,093</b>													
33	10	7	3	-4,124	<b>1,097</b>													
34	11	8	3	-2,944	<b>1,080</b>													
35	13	10	3	-3,225	<b>1,071</b>													
36	7	10	3	-3,361	<b>1,058</b>													
37	14	11	3	-3,410	<b>1,055</b>													
38	15	12	3	-3,749	<b>1,052</b>													
39	18	15	3	-3,833	<b>1,046</b>													
40	10	6	4	-6,817	<b>1,156</b>													
41	12	8	4	-4,227	<b>1,087</b>													
42	14	10	4	-4,446	<b>1,087</b>													
43	16	12	4	-5,686	<b>1,011</b>	0,619												
44	17	13	4	-5,409	<b>0,999</b>	0,638												
45	10	14	4	-5,117	<b>0,986</b>	0,681												
46	10	14	4	-1,271	<b>0,981</b>	1,215												
47	19	15	4	-1,508	<b>0,966</b>	1,252												
48	13	17	4	-4,277	<b>0,962</b>	0,698												
49	13	17	4	-3,531	<b>0,908</b>	0,993	0,101											
50	15	19	4	-1,917	<b>1,000</b>													
51	8	3	5	-3,411	<b>1,014</b>													
52	12	7	5	-2,196	<b>1,022</b>													
53	13	8	5	-2,332	<b>1,023</b>													
54	14	9	5	-3,484	<b>1,025</b>													
55	17	12	5	-3,530	<b>1,016</b>													
56	11	16	5	-3,378	<b>1,008</b>													
57	12	17	5	-1,909	<b>1,000</b>													
58	14	19	5	-3,034	<b>1,004</b>													
59	16	21	5	-3,252	<b>0,998</b>													
60	26	31	5	-3,799	<b>1,027</b>													
61	13	7	6	-3,884	<b>1,026</b>													
62	22	16	6	-2,643	<b>1,001</b>													
63	11	17	6	-3,106	<b>0,974</b>	0,412												
64	15	21	6	-4,660	<b>0,976</b>	1,596												
65	18	24	6	-2,312	<b>1,008</b>													
66	19	25	6	-4,886	<b>1,015</b>	1,445												
67	20	26	6	-3,395	<b>1,028</b>	0,364												
68	10	3	7	-3,674	<b>1,038</b>	0,418												
69	13	6	7	-4,216	<b>1,045</b>													
70	14	7	7	-4,376	<b>1,044</b>													
71	15	8	7	-4,601	<b>1,038</b>													
72	17	10	7	-4,480	<b>1,029</b>													
73	21	14	7	-4,784	<b>1,007</b>													
74	11	3	8	-5,065	<b>1,016</b>													
75	8	8	8	-4,936	<b>1,012</b>													
76	20	12	8	-3,618	<b>0,981</b>													
77	22	14	8	-4,841	<b>0,969</b>													
78	13	21	8	-5,147	<b>0,960</b>													
79	14	22	8	-5,401	<b>0,955</b>													
80	10	1	9	-5,680	<b>0,972</b>													
81	13	3	10	-3,725	<b>0,978</b>	1,753												
82	17	7	10	-3,520	<b>0,970</b>	2,056												
83	10	20	10	-3,642	<b>0,950</b>	<b>1,986</b>												
84	12	22	10	-4,781	<b>0,941</b>	<b>1,221</b>												
85	20	30	10	2,069	<b>0,955</b>	<b>1,366</b>												
86	29	39	10	1,087	<b>1,025</b>	<b>1,318</b>												
87	15	4	11	2,800	<b>1,029</b>	<b>2,169</b>												
88	17	6	11	7,722	<b>1,033</b>	<b>2,893</b>												
89	23	12	11	3,091	<b>0,996</b>	<b>1,869</b>												
90	21	9	12	3,645	<b>0,974</b>	<b>2,083</b>												
91	31	17	14	4,520	<b>0,918</b>	0,802												
92	36	22	14	<b>12,517</b>	<b>0,867</b>	<b>2,400</b>												
93	16	30	14	<b>11,655</b>	<b>0,873</b>	<b>2,435</b>												
94	27	11	16	<b>6,972</b>	<b>0,804</b>	1,493												
95	26	7	19	-1,890	<b>0,735</b>	<b>1,016</b>												
96	25	5	20	5,364	<b>0,726</b>	<b>3,006</b>												
97	31	10	21	3,995	<b>0,692</b>	<b>2,927</b>												

Таблица 4

Результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{ПБ}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L^1_{Ц}, L^1_{К}, D^1_{Ц}, L^2_{Ц}, L^2_{К})$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту  $I^П$

N п/п	A <sub>ПБ</sub> , м	A <sub>Б</sub> , м	A <sub>Б</sub> - A <sub>П</sub>  , м	B, доли ед.	Коэффициенты при показателях, доли ед.										R <sup>2</sup> , доли ед.	p-кр., доли ед.	SE, м	
					A <sub>П</sub>	S <sub>ог</sub>	I	D	S	S/D	γ	L <sup>1</sup> <sub>Ц</sub>	L <sup>1</sup> <sub>К</sub>	D <sub>Ц</sub>				L <sup>2</sup> <sub>Ц</sub>
1	7	7	0															
2	7	7	0															
3	9	9	0															
4	3	2	1															
5	3	4	1															
6	6	5	1															
7	6	7	1															
8	7	8	1															
9	9	8	1															
10	2	4	2	8,029	0,554		-0,210	-0,029	-1,919									0,000
11	6	4	2	<b>14,061</b>														0,729
12	6	4	2	<b>10,198</b>				0,861										0,862
13	7	5	2	10,352			-0,282	1,500	-3,265									0,774
14	6	8	2	<b>11,119</b>			<b>-0,400</b>	1,305	<b>-3,667</b>									0,713
15	11	9	2	1,904	<b>0,727</b>												0,090	1,173
16	10	12	2	<b>5,089</b>	<b>0,592</b>													1,348
17	15	13	2	<b>3,930</b>	<b>0,695</b>													1,329
18	7	4	3	3,329	<b>0,693</b>													1,507
19	8	5	3	<b>3,757</b>	<b>0,668</b>													1,496
20	8	5	3	<b>3,765</b>	<b>0,645</b>													1,532
21	9	6	3	<b>3,831</b>	<b>0,615</b>													1,526
22	7	3	4	<b>4,306</b>	<b>0,614</b>													1,599
23	7	3	4	<b>4,149</b>	<b>0,608</b>													1,696
24	7	3	4	<b>3,707</b>	<b>0,626</b>			-0,054										1,574
25	8	4	4	<b>4,406</b>	<b>0,584</b>													1,660
26	4	8	4	3,018	<b>0,644</b>													1,624
27	7	11	4	<b>6,310</b>	<b>0,683</b>													1,912
28	12	7	5	<b>6,686</b>	<b>0,606</b>			<b>-1,024</b>										1,955
29	3	8	5	<b>7,534</b>	<b>0,544</b>													2,009
30	15	20	5	<b>9,653</b>	<b>0,786</b>													2,343
31	10	3	7	<b>8,186</b>	<b>0,560</b>													2,492
32	2	9	7	<b>9,341</b>	0,466			-0,106	1,444									2,517
33	11	18	7	6,240	0,463													3,094
34	1	9	8	<b>5,325</b>														3,266
35	6	14	8	<b>5,594</b>														3,266
36	10	1	9	<b>4,558</b>														3,422
37	14	5	9	<b>4,430</b>														3,387
38	15	6	9	<b>4,529</b>														3,344
39	22	9	13	<b>4,651</b>														3,298
40	3	3	14	<b>4,419</b>														3,262
41	3	17	14	<b>4,154</b>														3,689
42	8	24	16	3,943														4,523
43	18	1	17	3,614														4,574

Проанализировав данные табл. 3 и рис. 1, в, можно сделать вывод, что граничное значение параметра  $|A_B - A_{П}|$  находится в диапазоне от 9 до 10 м (принято 9,5 м как среднее значение).

**Обоснование граничных значений параметра  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту  $I^П$**

В табл. 4 представлены результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{ПБ}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L^1_{Ц}, L^1_{К}, D^1_{Ц}, L^2_{Ц}, L^2_{К})$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту  $I^П$ .

Как видно из данных табл. 4, регрессия выполнялась для N от 10 до 43 структур включительно по отражающему горизонту  $I^П$ .

Результаты данного регрессионного исследования для отражающего горизонта  $I^П$  позволили объединить полученные геолого-статистические модели, близкие по характеру влияния значимых показателей. Так, для отражающего горизонта  $I^П$  были выделены два класса структур.

Класс «1» соответствует первой устойчивой геолого-статистической модели, прослеживающейся при N от 10 до 33.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются  $A_{П}$  и фрагментарно S, S/D, S<sub>ог</sub>, I, γ, L<sup>1</sup><sub>Ц</sub>, L<sup>1</sup><sub>К</sub>, D<sup>1</sup><sub>Ц</sub>, L<sup>2</sup><sub>Ц</sub>.

Коэффициент множественной корреляции (R<sup>2</sup>) в данном интервале изменяется в пределах от 0,525 до 1,000, постепенно уменьшаясь. Величина p-критерия в данном интервале сформированной геолого-статистической модели колеблется около 0,000–0,008.

Перестроение геолого-статистической модели с первой на вторую происходит при N, равном 34.

Класс «2» соответствует второй устойчивой геолого-статистической модели, прослеживающейся при N от 34 до 43.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются D и фрагментарно γ, D<sup>1</sup><sub>Ц</sub>. Коэффициент множественной корреляции (R<sup>2</sup>) в данном интервале изменяется в пределах от 0,240 до 0,418, постепенно уменьшаясь. Величина p-критерия в данном интервале сформированной геолого-статистической модели колеблется около 0,000–0,013.

Поле корреляции  $B = f(|A_B - A_{П}|)$  по результатам регрессионного анализа по отражающему горизонту  $I^П$  представлено на рис. 1, г.

Проанализировав данные табл. 4 и рис. 1, г, можно сделать вывод, что граничное значение параметра  $|A_B - A_{П}|$  находится в диапазоне от 7 до 8 м (принято 7,5 м как среднее значение).

**Обоснование граничных значений параметра  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту  $I^К$**

В табл. 5 представлены результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{ПБ}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L^1_{Ц}, L^1_{К}, D^1_{Ц}, L^2_{Ц}, L^2_{К})$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{П}|$  по отражающему горизонту  $I^К$ .

Как видно из данных табл. 5, регрессия выполнялась для N от 8 до 21 структур включительно по отражающему горизонту  $I^К$ .

Результаты данного регрессионного исследования для отражающего горизонта  $I^К$  позволили объединить полученные геолого-статистические модели, близкие по характеру влияния значимых показателей. Так, для отражающего горизонта  $I^К$  были выделены два класса структур.

Таблица 5

Результаты регрессионного исследования  $A_B = f(A_{II}, S, D, S/D, S_{ог}, I, \gamma, L_{II}^1, L_{II}^2, D_{II}^1, L_{II}^2, L_{II}^2)$  при упорядоченном по возрастанию параметре  $|A_B - A_{II}|$  по отражающему горизонту  $I^K$

N п/п	A <sub>B</sub> , м	A <sub>II</sub> , м	A <sub>B</sub> - A <sub>II</sub>  , м	B, доли ед.	Коэффициенты при показателях, доли ед.										R <sup>2</sup> , доли ед.	p-кр., доли ед.	SE, м				
					A <sub>II</sub>	S <sub>ог</sub>	I	D	S	S/D	γ	L <sub>II</sub> <sup>1</sup>	L <sub>II</sub> <sup>2</sup>	D <sub>II</sub> <sup>1</sup>				L <sub>II</sub> <sup>2</sup>	L <sub>II</sub> <sup>2</sup>		
1	4	4	0																		
2	6	6	0																		
3	8	8	0																		
4	9	9	0																		
5	2	3	1																		
6	2	3	1																		
7	4	5	1																		
8	11	10	1	-0,491	0,880	0,272	-0,025			0,763				0,116		-4,496	1,000	0,001	0,005		
9	11	8	3	2,112	0,733											-0,087	0,956	0,000	0,637		
10	12	9	3	2,246	0,717											-0,098	0,958	0,000	0,615		
11	5	9	4	2,103	0,517												0,799	0,002	1,307		
12	13	17	4	12,920	0,458	8,689	0,294	-8,126		-9,656	-0,042						-0,100	0,988	0,001	0,699	
13	7	2	5	15,681	0,535		-0,494							-0,147		-0,315	0,850	0,002	1,903		
14	9	4	5	16,212	0,525		-0,523							-0,150		-0,329	0,856	0,001	1,804		
15	13	8	5	17,072	0,455		-0,538							-0,144		-0,367	0,836	0,001	1,830		
16	13	7	6	18,466	0,343		-0,475							-0,158		-0,409	0,818	0,000	1,836		
17	14	7	7	23,396		0,452	-0,333							-0,227		-0,578	0,144	0,818	0,001	1,837	
18	4	13	9	12,720			-0,238							-0,890			35,457	0,511	0,016	2,883	
19	20	10	10	13,357										-0,197				0,350	0,008	3,058	
20	17	4	13	13,030										-0,184				0,373	0,004	2,988	
21	18	2	16	14,384			-0,266					0,037						-10,189	0,328	0,073	3,344

Таблица 6

Сопоставление погрешности структурных построений отражающих горизонтов III, II<sup>II</sup>, II<sup>K</sup>, I<sup>II</sup>, I<sup>K</sup> по результатам сейсморазведочных работ МОГТ 3D с граничными значениями параметра  $|A_B - A_{II}|$

Отражающий горизонт	Граничное значение  A <sub>B</sub> - A <sub>II</sub>  , м	Точность структурных построений по результатам сейсморазведочных работ МОГТ 3D, м		Разница между средним значением точности структурных построений и граничным значением  A <sub>B</sub> - A <sub>II</sub>  , м	
		Среднее значение (min/max)		Южная часть Пермского края	Северная часть Пермского края
		Южная часть Пермского края	Северная часть Пермского края	Южная часть Пермского края	Северная часть Пермского края
III	> 14	18,9 (10/32,5)	28,9 (21,2/41)	< 4,9	< 14,9
II <sup>II</sup>	11,5	12,4 (6,4/16,8)	23,2 (12,9/33,9)	0,9	11,7
II <sup>K</sup>	9,5	12,1 (8/17,4)	24,2 (13,2/34,2)	2,6	14,7
I <sup>II</sup>	7,5	10,1 (6/16,5)	22,3 (9,1/35)	2,6	14,8
I <sup>K</sup>	8	9,8 (7/15,1)	15,9 (15,9/15,9)	1,8	7,9

Класс «1» соответствует первой устойчивой геологостатистической модели, прослеживающейся при N от 8 до 17.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются A<sub>II</sub> и фрагментарно A<sub>II</sub>, S, D, S/D, S<sub>ог</sub>, I, γ, L<sub>II</sub><sup>1</sup>, D<sub>II</sub><sup>1</sup>, L<sub>II</sub><sup>2</sup>. Коэффициент множественной корреляции (R<sup>2</sup>) в данном интервале изменяется в пределах от 0,799 до 1,000, постепенно уменьшаясь.

Величина p-критерия в данном интервале сформированной геологостатистической модели колеблется около 0,000–0,002.

Перестроение геологостатистической модели с первой на вторую происходит при N, равном 18.

Класс «2» соответствует второй устойчивой геологостатистической модели, прослеживающейся при N от 18 до 21.

Статистически значимыми показателями, контролирующими модель в данном интервале, являются L<sub>II</sub><sup>1</sup> и фрагментарно D<sub>II</sub><sup>1</sup>.

Коэффициент множественной корреляции (R<sup>2</sup>) в данном интервале изменяется в пределах от 0,328 до 0,511, постепенно уменьшаясь. Величина p-критерия в данном интервале сформированной геологостатистической модели колеблется около 0,004–0,073.

Поле корреляции B = f(|A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>|) по результатам регрессионного анализа по отражающему горизонту I<sup>K</sup> представлено на рис. 1, д.

Проанализировав табл. 5 и рис. 1, д, можно сделать вывод о том, что граничное значение параметра |A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>| находится в диапазоне от 7 до 9 м (принято 8 м как среднее).

**Обоснование соответствия структурных планов отражающих горизонтов**

Для обоснования соответствия структурных планов отражающих горизонтов III, II<sup>II</sup>, II<sup>K</sup>, I<sup>II</sup>, I<sup>K</sup> между собой были построены сводные поля корреляции k(A<sub>II</sub>) = f(|A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>|), где k(A<sub>II</sub>) – величина коэффициента при A<sub>II</sub> (рис. 2).

Для обоснования соответствия структурных планов отражающих горизонтов между собой были проанализированы уравнения линий тренда и диапазоны изменения величины коэффициента при A<sub>II</sub> по каждому отражающему горизонту:

– уравнение линии тренда по отражающему горизонту III имеет вид k(A<sub>II</sub>) = 1,7352–0,0997·|A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>|, диапазон изменений k(A<sub>II</sub>) – от 0,505 до 1,818;

– уравнение линии тренда по отражающему горизонту II<sup>II</sup> имеет вид k(A<sub>II</sub>) = 1,1194–0,0129·|A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>|, диапазон изменений k(A<sub>II</sub>) – от 0,723 до 1,213;

– уравнение линии тренда по отражающему горизонту II<sup>K</sup> имеет вид k(A<sub>II</sub>) = 1,0822–0,0136·|A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>|, диапазон изменений k(A<sub>II</sub>) – от 0,692 до 1,156;

– уравнение линии тренда по отражающему горизонту I<sup>II</sup> имеет вид k(A<sub>II</sub>) = 0,7272–0,0271·|A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>|, диапазон изменений k(A<sub>II</sub>) – от 0,463 до 0,786;

– уравнение линии тренда по отражающему горизонту I<sup>K</sup> имеет вид k(A<sub>II</sub>) = 0,9934–0,1049·|A<sub>B</sub> - A<sub>II</sub>|, диапазон изменений k(A<sub>II</sub>) – от 0,343 до 0,880.

Таким образом, по отражающим горизонтам II<sup>II</sup> и II<sup>K</sup> линии тренда k(A<sub>II</sub>) практически параллельны между собой, и k(A<sub>II</sub>) принимает значения в общем интервале от 0,692 до 1,213, тогда как по

отражающим горизонтам  $I^П$  и  $I^K$  между линиями тренда  $k(A_{П})$  прослеживается явно ненулевой угол, зато  $k(A_{П})$  также принимает значения в общем интервале от 0,343 до 0,880 (необходимо учесть неодинаковый объем выборок для разных отражающих горизонтов).

Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод о соответствии структурных планов отдельно для пар отражающих горизонтов  $II^П - II^K$  и  $I^П - I^K$  и несоответствие их планов структурному плану отражающего горизонта III, что подтверждает концепцию геологического строения южной части Пермского края.

### Сопоставление полученных граничных значений с результатами расчета точности структурных построений, выполненными в рамках отчетов по сейсморазведке МОГТ 3D

Для сопоставления полученных ранее граничных значений параметра  $|A_B - A_{П}|$  с точностью структурных построений отражающих горизонтов III,  $II^П$ ,  $II^K$ ,  $I^П$ ,  $I^K$  по результатам сейсморазведочных работ МОГТ 3D в южной части Пермского края было проанализировано 27 отчетов по сейсморазведочным работам МОГТ 3D за период с 2007 по 2019 г. на предмет оценки точности структурных построений отражающих горизонтов [53, 54].

Во всех исследуемых отчетах оценка точности структурных построений была проведена в соответствии с требованиями, изложенными в документе «Инструкция по оценке качества структурных построений и надежности выявленных объектов по данным сейсморазведки МОБ-ОГТ, 1984 г.» [55].

Как видно из данных табл. 6, структурные построения, как и рассчитанные ранее граничные значения параметра  $|A_B - A_{П}|$ , имеют минимальную погрешность на вышележащих горизонтах и максимальную погрешность на нижележащих горизонтах.

Для сравнения в табл. 6 приведены значения погрешности структурных построений северной части Пермского края (по данным девяти отчетов по результатам сейсморазведочных работ 3D, проведенных в то же время).

Для южной части Пермского края характерна малая разница между средним значением точности структурных построений, рассчитанной по результатам сейсморазведочных работ МОГТ 3D, и граничным значением  $|A_B - A_{П}|$  (для отражающего горизонта III – не более 4,9 м, для  $II^П$  – 0,9 м, для  $II^K$  – 2,6 м, для  $I^П$  – 2,6 м, для  $I^K$  – 1,8 м), тогда как для северной части Пермского края характерна большая (для отражающего горизонта III – не более 14,9 м, для  $II^П$  – 11,7 м, для  $II^K$  – 14,7 м, для  $I^П$  – 14,8 м, для  $I^K$  – 7,9 м).

Малая разница между средним значением точности структурных построений, рассчитанной по результатам сейсморазведочных работ МОГТ 3D для южной части Пермского края, и граничным значением  $|A_B - A_{П}|$ , полученном в данном исследовании, позволяет

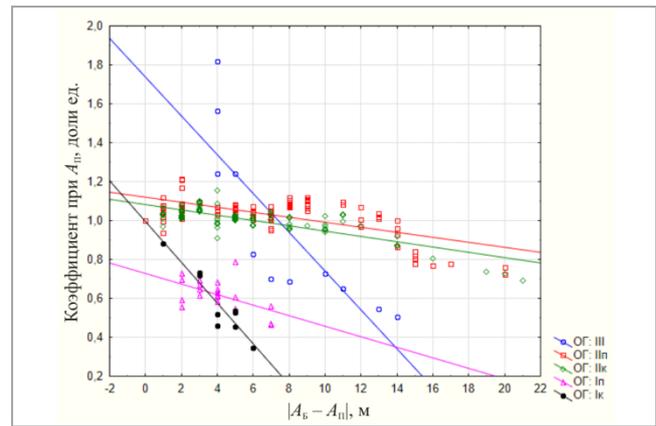


Рис. 2. Совмещенное поле корреляции  $k(A_{П}) = f(|A_B - A_{П}|)$  по результатам регрессионного анализа

сделать вывод повышенной степени изученности южной части Пермского края, по сравнению с его северной частью, а также о применимости используемых геологостатистических методов, подтверждающих соответствие структурных планов основных отражающих горизонтов, преимущественно для южной части Пермского края.

### Заключение

В данном исследовании был рассмотрен один из вариантов разработки геолого-статистического подхода к оценке точности структурных построений изучаемой выборки на основе анализа зависимостей амплитуд структур по данным поисково-оценочного бурения от различных геолого-морфологических показателей. Для каждой модели были определены и описаны характер и степень влияния значимых показателей на подтверждаемость амплитуды бурением.

Данный подход позволил сделать выводы о степени изученности рассматриваемой территории, на основе полученных результатов сделаны выводы о соответствии структурных планов отражающих горизонтов южной части Пермского края между собой. Таким образом, в южной части Пермского края прослеживается соответствие структурных планов отдельно для пар отражающих горизонтов  $II^П - II^K$  и  $I^П - I^K$  и несоответствие их планов структурному плану отражающего горизонта III, что подтверждает концепцию геологического строения изучаемой территории.

Полученные граничные значения невязок сопоставлены с погрешностями структурных построений, оцененными по результатам выполнения сейсморазведочных работ МОГТ 3D в Пермском крае, на основе чего сделаны выводы о высокой степени изученности южной части Пермского края, по сравнению с его северной частью.

Данный геолого-статистический подход может применяться для уточнения рисков, связанных с проблемой неподтверждаемости геолого-морфологических характеристик структур глубоким бурением.

### Библиографический список

1. Геолого-экономическая оценка нефтегазовых объектов (на примере Пермского края) / Н.Ю. Нечаева, В.В. Макаловский, Ю.А. Яковлев, А.В. Распопов, А.И. Четыркин, Н.И. Кылосова. – Пермь: ООО «Издательский дом «Пресстайм», 2006 – 146 с.
2. Винниковский, С.А. Закономерности размещения и условий формирования залежей нефти и газа Волго-Уральской области. – Т.П. Пермская область и Удмуртская АССР / С.А. Винниковский, Л.В. Шаронов. – М.: Недра, 1977. – 272 с.
3. Воеводкин, В.Л. Исследование влияния критериев нефтегазоносности и изученности территории Пермского края на распределение месторождений углеводородов / В.Л. Воеводкин, В.И. Галкин, С.Н. Кривошеков // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 6. – С. 30–34.
4. Геологическое строение Камско-Кинельской впадины в связи с нефтегазоносностью и угленосностью Пермского края / С.А. Винниковский [и др.] // Геология и нефтегазоносность Камско-Кинельских прогибов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1970.
5. Макаловский, В.В. Новые представления о геологическом строении и обоснование направлений нефтепоисковых работ в Пермском Приуралье: дис. ... канд. геол.-мин. Наук / В.В. Макаловский. – Пермь, 1985 – 187 с.
6. Отложения доманикового типа – возможный источник нетрадиционных углеводородов для Пермского края: обзор, перспективы, рекомендации / М.А. Носов, В.И. Галкин, С.Н. Кривошеков, О.А. Мелкишев // Нефтяное хозяйство. – 2012. – №10. – С. 90–91.

7. Особенности геологического строения и нефтеносность Камско-Кинельских прогибов на территории Пермской области / К.С. Шершнев, Л.Л. Благинных, Ю.А. Дулепов [и др.] // – Геология и освоение ресурсов нефти в Камско-Кинельской системе прогибов. – М.: Наука, 1991ю – С. 79–84.
8. Проворов, В.М. История геологического развития территории Пермской области / В.М. Проворов // Общая и региональная геология, геология морей и океанов, геол. Картирование: обзор ООО Геоинформцентр. – М., 2003. – 38 с.
9. Жуков, Ю.А. Анализ и уточнение сырьевой базы нефти, газа и конденсата Пермской области: отчет о НИР / Ю.А. Жуков. – Пермь: ПермНИПИнефть, 2000.
10. Варушкин, С.В. Комплексирование результатов геолого-геофизических исследований в целях повышения эффективности геологоразведочных работ / С.В. Варушкин, А.С. Чухлов // Геология в развивающемся мире: матер. 11-й Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 кн. / отв. ред. А.Б. Трапезникова. – Пермь: ПГНИУ, 2018 – Т.1. – С. 213–217.
11. Галкин, В.И. Разработка статистической модели прогноза подтверждаемости амплитуд структур, подготовленных по отложениям среднего карбона на территории Пермского края / В.И. Галкин, А.С. Суворова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 8. – С. 129–136. DOI: 10.18799/24131830/2023/8/4065
12. Галкин, С.В. Вероятностный прогноз геологических рисков при поисках месторождений нефти и газа / С.В. Галкин. – Пермь: Книжный мир, 2009. – 224 с.
13. Галкин, С.В. Опыт и результаты применения вероятностно-статистических критериев при оценке перспектив нефтегазности антиклинальных объектов Пермской области / С.В. Галкин // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 2002. – № 3. – С. 4–9.
14. Галкин, В.И. Разработка статистической модели для оценки степени перспективности приобретения нефтяного участка (на примере территории Пермского края) / В.И. Галкин, А.О. Алексеев, С.И. Соловьев // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016 – №1. – С. 29–32.
15. Галкин, В.И. Районирование территории Пермского края по степени перспективности приобретения нефтяных участков недр / В.И. Галкин, С.И. Соловьев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015 – №16. – С. 14–23. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.16.2
16. Яковлев, Ю.А. О переоценке ресурсов и ранжировании фонда выявленных и подготовленных структур Пермского края / Ю.А. Яковлев, В.В. Мелкомук, В.В. Макаловский // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2007 – №9. – С. 4–6.
17. Определение перспективных направлений поисков месторождений нефти и газа в Пермском крае с помощью вероятностно-статистических методов / В.И. Галкин, А.В. Растегаев, С.В. Галкин, В.Л. Воеводкин. // Наука – производству. – 2006. – № 1. – С. 1–5.
18. Оценка эффективности локального прогноза нефтегазности на территории Пермской области / В.И. Галкин, О.А. Шурубор, А.В. Растегаев, С.В. Галкин // Вестник Пермского государственного технического университета. Нефть и газ. – 2000. – Т. 2, № 3. – С. 28–34.
19. Галкин, В.И. Прогнозная оценка подтверждаемости структур, подготовленных сейсморазведкой / В.И. Галкин, А.В. Растегаев, С.В. Галкин // Вестник Пермского государственного технического университета. Нефть и газ. – 2000. – Т. 2. – № 4. – С. 19–24.
20. Путилов, И.С. Разработка методики вероятностно-статистического прогноза нефтегазности локализованных структур (например южной части Пермского края) / И.С. Путилов, В.И. Галкин // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 26–29.
21. Растегаев, А.В. Научное обоснование методов прогноза подтверждаемости структур, подготовленных сейсморазведкой к глубокому нефтепоисковому бурению : дис. ... д-р геол.-мин. наук / А.В. Растегаев. – Пермь, 2000.
22. Растегаев, А.В. Прогнозирование подтверждаемости структур, подготовленных сейсморазведкой, на примере Бымско-Кунгурской впадины / А.В. Растегаев // Вестник Пермского государственного технического университета. Нефть и газ. – 2000. – Т. 2, № 3. – С. 3–7.
23. Соснин, Н.Е. Разработка статистических моделей для прогноза нефтеносности (на примере терригенных девонских отложений Северо-Татарского свода) / Н.Е. Соснин // Вестник Пермского научно-исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 5. – С. 16–25.
24. Шайхутдинов, А.Н. Разработка вероятностных моделей для прогноза нефтегазности верхнеюрских отложений (на примере территории деятельности ТПП «Когалымнефтегаз») / А.Н. Шайхутдинов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2014. – № 11. – С. 11–28. DOI: 10.15593/2224-9923/2014.11.2
25. Дифференцированная вероятностная оценка генерационных процессов в отложениях доманикового типа Пермского края / В.И. Галкин, Т.В. Карасева, И.А. Козлова, М.А. Носов, С.Н. Кривошеков // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 12. – С. 103–105.
26. К обоснованию построения моделей зонального прогноза нефтегазности для нижне-среднедевонского комплекса Пермского края / В.И. Галкин, И.А. Козлова, С.Н. Кривошеков, О.А. Мелкишев // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 8 – С. 32–35.
27. К вопросу построения геолого-математических моделей соотношений промышленных запасов и ресурсов для территории Пермской области / М.Э. Мерсон, В.Л. Воеводкин, В.И. Галкин, А.В. Растегаев, И.А. Козлова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2005. – № 9–10. – С. 15–18.
28. Кошкин, К.А. Разработка вероятностно-статистических моделей для оценки перспектив нефтегазности пластов Тл2-б и Бб Пажвинского участка / К.А. Кошкин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2018. – Т. 17, № 1. – С. 4–16. DOI: 10.15593/2224-9923/2018.1.1
29. Кривошеков, С.Н. Разработка регионально-зональных критериев прогноза нефтегазности территории Пермского Прикамья вероятностно-статистическими методами / С.Н. Кривошеков // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 10. – С. 10–14.
30. Кривошеков, С.Н. Определение перспективных участков геологоразведочных работ на нефть вероятностно-статистическими методами на примере территории Пермского края / С.Н. Кривошеков, В.И. Галкин, И.А. Козлова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – №4. – С. 7–14.
31. Кривошеков, С.Н. Перспективы нефтегазности отложений доманикового типа на территории Пермского края / С.Н. Кривошеков, А.А. Кочнев, И.В. Санников // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 9 – С. 18–26. DOI: 10.15593/2224-9923/2013.9.2
32. Кривошеков, С.Н. Применение вероятностно-статистических методов при зональном прогнозе нефтегазности визейских отложений юго-востока Пермского края / С.Н. Кривошеков, М.А. Носов, А.Н. Петров // Научные исследования и инновации. – 2010 – Т.4, №1. – С.16–20.
33. Мелкишев, О.А. Выделение и использование антиклинальных и синклиналиных областей для зонального прогноза нефтегазности (на примере отложений визейского терригенного нефтегазозного комплекса на юге Пермского края) / О.А. Мелкишев // Нефтепромысловое дело. – 2015 – № 6 – С. 15–19.
34. Мелкишев, О.А. Исследование особенностей распределения нефтегазности на юге Пермского края (в пределах Башкирского свода) / О.А. Мелкишев // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2014. – № 1. – С. 48–51.
35. Зональный прогноз нефтегазности девонского терригенного нефтегазозного комплекса на юге Пермского края / О.А. Мелкишев, В.И. Галкин, Е.Е. Кожевникова, Т.В. Карасева // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 4–8.
36. Мерсон, М.Э. Использование геолого-математических методов для прогноза нефтегазности локальных структур: учебное пособие / М.Э. Мерсон, В.И. Галкин, А.В. Растегаев. – Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2006. – 291 с.
37. Armstrong, M. Basic Linear Geostatistics / M. Armstrong. – Springer, 1998. – 155 p.
38. Horne, R.N. Modern well test analysis: A computer Aided Approach / R.N. Horne. – 2nd ed. – Palo Alto: PetrowayInc, 2006 – 257 p.
39. Houze, O. Dinamie data analysis / O. Houze, D. Viturat, O.S. Fjaere. – Paris: Kappa Engineering, 2008 – 694 p.
40. Huber, P.J. Robust statistics procedures / P.J. Huber. – Philadelphia: SIAM, 1977. – 56 p.
41. Huber, P.J. Robust statistics / P.J. Huber. – N.Y.: Wiley. – 308 p.
42. Isaaks, E.H. An Introduction to Applied Geostatistics / E.H. Isaaks, R.M. Srivastava. – Oxford University Press, 1989 – 561 p.
43. Kaufman, M.G. Statistical issues in the assessment of undiscovered oil and gas resources / M.G. Kaufman. – MITCEEPR, 1992 – 30 p.
44. Montgomery, D.C. Introduction to liner regression analysis / D.C. Montgomery, E.A. Peck. – New York: John Wiley & Sons, 1982. – 504 p.
45. Геостатистика: теория и практика / В. В. Демьянов, Е. А. Савельева; под ред. Р. В. Арутюняна; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М.: Наука, 2010. – 327 с.
46. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R) / А.А. Савельев, С.С. Мухарамова, А.Г. Пилгогин, Н.А. Чижикова. – Казань: Казанский университет, 2012. – 20 с.
47. Давыденко, А.Ю. Вероятностно-статистические методы в геолого-геофизических приложениях / А.Ю. Давыденко. – Иркутск, 2007. – 29 с.
48. Девис, Дж.С. Статистический анализ данных в геологии / Дж.С. Девис. – М.: Недра, 1990. – Кн. 1. – 319 с.
49. Девис, Дж.С. Статистический анализ данных в геологии / Дж.С. Девис. – М.: Недра, 1990. – Кн. 2. – 426 с.
50. Дементьев, Л.Ф. Математические методы и ЭВМ в нефтегазовой геологии: учеб. пособие для вузов / Л.Ф. Дементьев. – М.: Недра, 1983.
51. Дементьев, Л.Ф. Системные исследования в нефтегазовом промысловом геологии: учеб. пособие для вузов / Л.Ф. Дементьев. – М.: Недра, 1988. – 204 с.
52. Кригинг и базовые модели геостатистики / В.В. Демьянов, М.Ф. Каневский, Е.А. Савельева, В.А. Тимонин, С.Ю. Чернов. – М., ВИНТИ, 1999. – 13 с.
53. Галкин, В.И. О необходимости учета геолого-тектонических условий при подготовке структур к глубокому бурению сейсморазведкой / В.И. Галкин, А.В. Растегаев // Вестник Пермского государственного технического университета. Нефть и газ. – 2000. – Т. 2, № 3. – С. 13–18.
54. Лунев, В.Г. Разработка и совершенствование методов прогнозирования нефтеперспективных объектов в визейской терригенной толще Пермского Прикамья на основе сейсмогеологического моделирования и сейсмофациального анализа: дис. ... канд. геол.-мин. наук / Лунев Владимир Георгиевич. – Пермь, 1986.
55. Инструкция по оценке качества структурных построений и надежности выявленных и подготовленных объектов по данным сейсморазведки МОБ-ОГТ (при работах на нефть и газ) / ВНИИГеофизика. – М., 1984.

References

1. Nechaeva N.Iu., Makalovskii V.V., Iakovlev Iu.A., Raspopov A.V., Chetyrkin A.I., Kylosova N.I. Geologo-ekonomicheskaja otsenka neftegazovykh ob'ektov (na primere Пермского kraia) [Geological and economic assessment of oil and gas facilities (using the example of the Perm Krai)]. Perm: Presstaim, 2006, 146 p.
2. Vinnikovskii S.A., Sharonov L.V. Zakonomernosti razmeshcheniia i uslovii formirovaniia zalezhei nefii i gaza Volgo-Ural'skoi oblasti - Tom II. Permskaia oblast' i Udmurtskaia ASSR [Patterns of placement and conditions of formation of oil and gas deposits in the Volga-Ural region - Volume II. Perm region and Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic]. Moscow: Nedra, 1977, 272 p.
3. Voevodkin V.L., Galkin V.I., Krivoshechekov S.N. Issledovanie vliianiia kriteriev neftegazonosti i izuchennosti territorii Permskogo kraia na raspredelenie mestorozhdenii uglevodorodov [Investigation of the influence of oil and gas content criteria and geological and geophysical knowledge on the distribution of hydrocarbon deposits in the Perm Region]. *Neftianoe khoziaistvo*, 2012, no. 6, pp. 30-34.
4. Vinnikovskii S.A. et al. Geologicheskoe stroenie Kamsko-Kinelskoi vpadiny v sviazi s neftegazonosnost'iu i uglenosnost'iu Permskogo oblasti [Geological structure of the Kama-Kinzel depression in connection with the oil and gas and coal content of the Perm region]. *Geologiya i neftegazonosnost' Kamsko-Kinelskikh progibov*. Kazan': Kazanskii universitet, 1970.
5. Makalovskii V.V. Novye predstavleniia o geologicheskom stroenii i obosnovanie napravlenii nefteposlovykh работ v Permskom Priurale [New ideas about the geological structure and justification of the directions of oil exploration work in the Perm Urals]. Ph. D. thesis. Perm', 1985, 187 p.
6. Nosov M.A., Galkin V.I., Krivoshechekov S.N., Melkishev O.A. Otlozheniia domanikovoogo tipa - vozmozhnyi istochnik netraditsionnykh uglevodorodov dlia Permskogo kraia: obzor, perspektivy, rekomendatsii [Domanic type deposits – target object of prospecting works]. *Neftianoe khoziaistvo*, 2012, no. 10, pp. 90-91.
7. Shershevev K.S., Blaginsky L.L., Dulepov Iu.A. et al. Osobennosti geologicheskogo stroeniia i neftenosnost' Kamsko-Kinelskikh progibov na territorii Permskoi oblasti [Features of the geological structure and oil-bearing capacity of the Kama-Kinzel troughs in the Perm region]. *Geologiya i osvoenie resursov nefii v Kamsko-Kinelskoi sisteme progibov*. Moscow: Nauka, 1991, pp. 79-84.

8. Provorov V.M. Istoriia geologicheskogo razvitiia territorii Permskoi oblasti [History of geological development of the territory of the Perm region]. *Obshchaia i regional'naiia geologiya, geologiya morei i okeanov, geologicheskoe kartirovanie: obzor OOO Geoinformatsentr*. Moscow, 2003, 38 p.
9. Zhukov Iu.A. Analiz i utochnenie syr'evoi bazy nefii, gaza i kondensata Permskoi oblasti: otchet o NIR [Analysis and clarification of the raw material base of oil, gas and condensate in the Perm region: research report]. Perm: PermNIPneft', 2000.
10. Varushkin S.V., Chukhlov A.S. Kompleksirovanie rezultatov geologo-geofizicheskikh issledovaniy v tseliakh povysheniia effektivnosti geologorazvedochnykh rabot [Integration of results of geological and geophysical studies in order to improve the efficiency of geological exploration work]. *Geologiya v razvivaiushchemsya mire. Materialy 11 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*. Ed. A.B. Trapeznikova. Perm: Permskii gosudarstvennyi natsionalnyi issledovatel'skii universitet, 2018, vol. 1, pp. 213-217.
11. Galkin V.I., Suvorova A.S. Razrabotka statisticheskoi modeli prognoza podtverzhaemosti amplitud struktur, podgotovlennykh po otlozheniiam srednego karbona na territorii Permskogo kraia [Development of a statistical model for predicting the confirmability of the amplitudes of structures prepared from the deposits of the middle carboniferous in the Perm region]. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring geosurosov*, 2023, vol. 334, no. 8, pp. 129-136. DOI: 10.18799/24131830/2023/8/4065
12. Galkin S.V. Veroiatnostnyi prognoz geologicheskikh riskov pri poiskakh mestorozhdenii nefii i gaza [Probabilistic forecast of geological risks in oil and gas exploration]. Perm: Knizhnyi mir, 2009, 224 p.
13. Galkin S.V. Opyt i rezul'taty primeneniia veroiatnostno-statisticheskikh kriteriev pri otsenke perspektiv neftegazonosnosti antikalinal'nykh ob'ektov Permskoi oblasti [Experience and results of application of probabilistic-statistical criteria in assessment of oil and gas potential of anticlinal objects of Perm region]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefiannykh mestorozhdenii*, 2002, no. 3, pp. 4-9.
14. Galkin V.I., Alekseev A.O., Solov'ev S.I. Razrabotka statisticheskoi modeli dlia otsenki stepeni perspektivnosti priobreteniiia nefiannogo uchastka (na primere territorii Permskogo kraia) [Development of the statistical model to assess the prospects of an oil site acquisition (the Perm region territory is taken as an example)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2016, no. 1, pp. 29-32.
15. Galkin V.I., Solov'ev S.I. Raionirovaniie territorii Permskogo kraia po stepeni perspektivnosti priobreteniiia nefiannykh uchastkov nedr [Classification of Perm kraia areas according to prospectivity for oil fields acquisition]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2015, no. 16, pp. 14-23. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.16.2
16. Iakovlev Iu.A., Melkomukov V.V., Makalovskii V.V. O pereotsenke resursov i ranzhirovaniia fonda vyivlennykh i podgotovlennykh struktur Permskogo kraia [On the reevaluation of resources and ranking of the fund of identified and prepared structures of the Perm Territory]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2007, no. 9, pp. 4-6.
17. Galkin V.I., Rastegaev A.V., Galkin S.V., Voevodkin V.L. Opredeleniie perspektivnykh napravleniiy poiskov mestorozhdenii nefii i gaza v Permskom krae s pomoshch'iu veroiatnostno-statisticheskikh metodov [Determination of promising directions for oil and gas field exploration in the Perm region using probabilistic statistical methods]. *Nauka - proizvodstvo*, 2006, no. 1, pp. 1-5.
18. Galkin V.I., Shurubor O.A., Rastegaev A.V., Galkin S.V. Otsenka effektivnosti lokal'nogo prognoza neftegazonosnosti na territorii Permskoi oblasti [Efficiency estimation of local petroleum forecast in the Perm region]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Neft' i gaz*, 2000, vol. 2, no. 3, pp. 28-34.
19. Galkin V.I., Rastegaev A.V., Galkin S.V. Prognoznaiia otsenka podtverzhaemosti struktur, podgotovlennykh seismorazvedkoi [Predictive estimates of structures confirmability prepared with seismic]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Neft' i gaz*, 2000, vol. 2, no. 4, pp. 19-24.
20. Putilov I.S., Galkin V.I. Razrabotka metodiki veroiatnostno-statisticheskogo prognoza neftegazonosnosti lokalizovannykh struktur (na primere iuzhnoi chasti Permskogo kraia) [Developing the technology for probabilistic and statistical forecast of oil-and-gas-bearing capacity of the South Perm Region]. *Nefiannoe khoziaistvo*, 2014, no. 4, pp. 26-29.
21. Rastegaev A.V. Nauchnoe obosnovaniie metodov prognoza podtverzhaemosti struktur, podgotovlennykh seismorazvedkoi k glubokomu neftepoiskovomu bureniu [Scientific substantiation of methods for predicting the confirmability of structures prepared by seismic exploration for deep oil exploration drilling]. Ph. D. thesis. Perm, 2000.
22. Rastegaev A.V. Prognozirovaniie podtverzhaemosti struktur, podgotovlennykh seismorazvedkoi, na primere Bymso-Kungurskoi vpadiny [Structures verifiability prediction, prepared with seismic on the example Bymso-Kungurskaya structural low]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Neft' i gaz*, 2000, vol. 2, no. 3, pp. 3-7.
23. Sosnin N.E. Razrabotka statisticheskikh modelei dlia prognoza nefteosnosti (na primere terrigenykh devonskikh otlozhenii Severo-Tatarskogo svoda) [Development of statistical models for predicting oil-and-gas content (on the example of terrigenous Devonian sediments of North Tatar arch)]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 5, pp. 16-25.
24. Shaikhutdinov A.N. Razrabotka veroiatnostnykh modelei dlia prognoza neftegazonosnosti verkhneiuralskikh otlozhenii (na primere territorii deiatel'nosti TPP "Kogalymneftegaz") [Probabilistic models construction for prediction of oil and gas potential of Upper Jurassic deposits (exemplified by the BU Kogalymneftegaz activity area)]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2014, no. 11, pp. 11-28. DOI: 10.15593/2224-9923/2014.11.2
25. Galkin V.I., Karaseva T.V., Kozlova I.A., Nosov M.A., Krivoshechekov S.N. Differentirovaniia veroiatnostnaia otsenka generatsionnykh protsessov v otlozheniiakh domanikovogo tipa Permskogo kraia [Differentiated probabilistic assessment of the generation processes in Domanic sediments of Perm region]. *Nefiannoe khoziaistvo*, 2014, no. 12, pp. 103-105.
26. Galkin V.I., Kozlova I.A., Krivoshechekov S.N., Melkishev O.A. K obosnovaniiu postroeniia modelei zonal'nogo prognoza neftegazonosnosti dlia nizhnednevizeiskogo kompleksa Permskogo kraia [On the justification of the construction of models for oil and gas potential area forecast Visean deposits of Perm region]. *Nefiannoe khoziaistvo*, 2015, no. 8, pp. 32-35.
27. Merson M.E., Voevodkin V.L., Galkin V.I., Rastegaev A.V., Kozlova I.A. K voprosu postroeniia geologo-matematicheskikh modelei sootnosheniia promyshlennykh zapasov i resursov dlia territorii Permskoi oblasti [On the issue of constructing geological and mathematical models of the relationship between industrial reserves and resources for the territory of the Perm region]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2005, no. 9-10, pp. 15-18.
28. Koshkin K.A. Razrabotka veroiatnostno-statisticheskikh modelei dlia otsenki perspektiv neftegazonosnosti plastov T12-b i Bb Pozhviskogo uchastka [Development of probabilistic and statistical models for evaluation of oil and gas potential of T<sub>12-b</sub> and Bb reservoirs of Pozhviskiy sector]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 4-16. DOI: 10.15593/2224-9923/2018.1.1
29. Krivoshechekov S.N. Razrabotka regional'no-zonal'nykh kriteriev prognoza neftegazonosnosti territorii Permskogo Prikam'ia veroiatnostno-statisticheskimi metodami [Establishment of regional and zonal criteria of Perm Region's oil forecast probabilistic and statistical methods]. *Nefiannoe khoziaistvo*, 2011, no. 10, pp. 10-14.
30. Krivoshechekov S.N., Galkin V.I., Kozlova I.A. Opredeleniie perspektivnykh uchastkov geologorazvedochnykh rabot na nef' veroiatnostno-statisticheskimi metodami na primere territorii Permskogo kraia [Determination of potential oil bearing areas by behavioralistic method by the example of Perm region (kraii)]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 4, pp. 7-14.
31. Krivoshechekov S.N., Kochnev A.A., Sannikov I.V. Perspektivy neftegazonosnosti otlozhenii domanikovogo tipa na territorii Permskogo kraia [Oil and gas prospects of domanic sediments in Perm Krai]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2013, no. 9, pp. 18-26. DOI: 10.15593/2224-9923/2013.9.2
32. Krivoshechekov S.N., Nosov M.A., Petrov A.N. Primeneniie veroiatnostno-statisticheskikh metodov pri zonal'nom prognoze neftegazonosnosti vizeiskikh otlozhenii iugovostoka Permskogo kraia [Application of probabilistic-statistical methods in zonal forecast of oil and gas potential of Visean deposits in the south-east of Perm Krai]. *Nauchnye issledovaniia i innovatsii*, 2010, vol. 4, no. 1, pp.16-20.
33. Melkishev O.A. Vydeleniie i ispol'zovaniie antikalinal'nykh i sinklinal'nykh oblasti dlia zonal'nogo prognoza neftegazonosnosti (na primere otlozhenii vizeiskogo terrigenosnogo kompleksa na iuge Permskogo kraia) [Identification and use of anticlinal and synclinal areas for petroleum potential zonal prediction (by the example of deposits of Visean terrigenic oil and gas complex in the South of Perm territory)]. *Neftepromyslovoe delo*, 2015, no. 6, pp. 15-19.
34. Melkishev O.A. Issledovaniie osobennosti raspredeleniia neftegazonosnosti na iuge Permskogo kraia (v predelakh Bashkirskogo svoda) [Study of the distribution features of oil and gas potential in the south of Perm Krai (within the Bashkir arch)]. *Problemy razrabotki mestorozhdenii uglevodorodnykh i rudnykh poleznykh iskopaemykh*, 2014, no. 1, pp. 48-51.
35. Melkishev O.A., Galkin V.I., Kozhevnikova E.E., Karaseva T.V. Zonal'nyi prognoz neftegazonosnosti devonskogo terrigenosnogo kompleksa na iuge Permskogo kraia [Prediction of zonal hydrocarbon potentials Devonian clastic sediments on the south of Perm region]. *Nefiannoe khoziaistvo*, 2014, no. 6, pp. 4-8.
36. Merson M.E., Galkin V.I., Rastegaev A.V. Ispol'zovaniie geologo-matematicheskikh metodov dlia prognoza neftegazonosnosti lokal'nykh struktur [Use of geological and mathematical methods for forecasting oil and gas potential of local structures]. Perm: Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2006, 291 p.
37. Armstrong, M. Basic Linear Geostatistics. Springer, 1998, 155 p.
38. Horne R.N. Modern well test analysis: A computer Aided Approach. 2nd ed. Palo Alto: PetrowayInc, 2006, 257 p.
39. Houze O., Viturat D., Fjaere O.S. Dinamie data analysis. Paris: Kappa Engineering, 2008, 694 p.
40. Huber P.J. Robust statistics procedures. Philadelphia: SIAM, 1977, 56 p.
41. Huber P.J. Robust statistics. N.Y.: Wiley, 308 p.
42. Isaaks E.H., Srivastava R.M. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, 1989, 561 p.
43. Kaufman M.G. Statistical issues in the assessment of undiscovered oil and gas resources. MITCEEPR, 1992, 30 p.
44. Montgomery D.C., Peck E.A. Introduction to liner regression analysis. New York: John Wiley & Sons, 1982, 504 p.
45. Dem'ianov V.V., Saveleva E.A. Geostatistika: teoriia i praktika [Geostatistics: Theory and Practice]. Ed. R.V. Arutunian. Moscow: Nauka, 2010, 327 p.
46. Savelev A.A., Mukharamova S.S., Piliugin A.G., Chizhikova N.A. Geostatisticheskii analiz dannykh v ekologii i prirodopol'zovanii (s primeneniem paketa R) [Geostatistical analysis of data in ecology and nature management (using the R package)]. Kazan': Kazanskiy universitet, 2012, 120 p.
47. Davydenko A.Iu. Veroiatnostno-statisticheskie metody v geologo-geofizicheskikh prilozheniiakh [Probabilistic-statistical methods in geological and geophysical applications]. Irkutsk, 2007, 29 p.
48. Devis Dzh.S. Statisticheskii analiz dannykh v geologii [Statistical analysis of data in geology]. Moscow: Nedra, 1990, book 1, 319 p.
49. Devis Dzh.S. Statisticheskii analiz dannykh v geologii [Statistical analysis of data in geology]. Moscow: Nedra, 1990, book 2, 426 p.
50. Dement'ev L.F. Matematskie metody i EVM v neftegazovoi geologii [Mathematical methods and computers in oil and gas geology]. Moscow: Nedra, 1983.
51. Dement'ev L.F. Sistemnye issledovaniia v neftegazopromyslovoi geologii [Systematic research in oil and gas field geology]. Moscow: Nedra, 1988, 204 p.
52. Dem'ianov V.V., Kanevskii M.F., Saveleva E.A., Timonin V.A., Chernov S.Iu. Kriging i bazovye modeli geostatistiki [Kriging and Basic Geostatistical Models]. Moscow, VINITI, 1999, 13 p.
53. Galkin V.I., Rastegaev A.V. O neobkhodimosti ucheta geologo-tektonicheskikh uslovii pri podgotovke struktur k glubokomu bureniu seismorazvedkoi [The need to integrate geotectonic conditions in preparing structure for deep drilling with seismic]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Neft' i gaz*, 2000, vol. 2, no. 3, pp. 13-18.
54. Lunev V.G. Razrabotka i sovershenstvovaniie metodov prognozirovaniia nefteperspektivnykh ob'ektov v vizeiskoi terrigennoi tolschke Permskogo Prikam'ia na osnove seismogeologicheskogo modelirovaniia i seismofatsial'nogo analiza [Development and improvement of methods for forecasting oil-promising objects in the Visean terrigenous strata of the Perm Kraia region based on seismogeological modeling and seismic facies analysis]. Ph. D. thesis. Perm, 1986.
55. Instruktsiia po otsenke kachestva strukturnykh postroeniia i nadezhnosti vyivlennykh i podgotovlennykh ob'ektov po dannym seismorazvedki MOV-OGT (pri rabotakh na nef' i gaz) [Instructions for assessing the quality of structural constructions and the reliability of identified and prepared objects based on seismic exploration data (in oil and gas operations)]. Moscow: VNIIGeofizika, 1984.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Вклад автора 100 %.