ГЕОЛОГИЯ, ПОИСК И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

УДК 553.982

© Кривошеков С.Н., Галкин В.И., Козлова И.А., 2012

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

С.Н. Кривошеков, В.И. Галкин, И.А. Козлова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

Преобладающая часть добычи нефти в России в настоящее время идет на месторождениях, расположенных в старых добывающих регионах. Поддержание текущих уровней добычи нефти требует компенсации запасов за счет открытия новых месторождений на уровне не менее 130 %. Высокая стоимость поисково-разведочного бурения обуславливает необходимость максимального снижения количества «пустых» скважин и повышения тем самым эффективности геологоразведки. В старых нефтедобывающих регионах накоплен огромный фактический материал по месторождениям углеводородов и разведочным площадям. Комплексное использование этой информации для прогноза нефтегазоносности до ввода объекта в бурение является залогом высокой успешности геологоразведки.

Приведена методика регионально-зонального прогноза нефтегазоносности для территорий с высокой степенью изученности. Дано обоснование матрицы элементарных ячеек, используемых для создания геолого-математических моделей прогноза нефтегазоносности. При помощи анализа геохимических характеристик нефтематеринских толщ изучены генерационные и миграционные процессы на территории Пермского края. Это позволило установить основные очаги генерации углеводородов, которые расположены на юге Пермского края, а также в пределах Соликамской депрессии. Изучение распределения битумоидного коэффициента позволило сделать вывод о масштабных субвертикальных и латеральных миграционных процессах, происходивших как в нефтегенерирующих толщах, так и вне их.

На основании этого и с привлечением дополнительных геологических критериев были созданы вероятностно-статистические модели нефтегазоносности. Показана связь открытой нефтегазоносности с разработанными моделями и степенью геолого-геофизической изученности территории. На основании разработанных геолого-математических моделей определены перспективные участки, рекомендуемые для проведения поисково-разведочных работ.

Ключевые слова: углеводороды, месторождение нефти, прогноз, геолого-разведочные работы, степень изученности, органическое вещество, битумоидный коэффициент, доманикиты, нефтематеринские толщи, элементарные ячейки, вероятностно-статистические методы, геолого-математическая модель, Башкирский свод, Соликамская депрессия, перспективы нефтеносности.

DETERMINATION OF POTENTIALLY OIL BEARING AREAS BY BEHAVIORISTICAL METHOD BY THE EXAMPLE OF PERM REGION (KRAI)

S.N Krivoshchekov, V.I. Galkin, I.A Kozlova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

The majority of oil production in Russia now goes to the fields located in the old mining regions. Maintaining current levels of oil stocks requires compensation for the expense of opening new fields of at least 130%. The high costs of exploration drilling results are needed to minimize the number of «empty» wells, and thus enhance the efficiency of exploration. The old oil-producing regions have accumulated a factual material of the hydrocarbon deposits and exploration areas.

Integrated use of this information to predict oil and gas before entering the facility in drilling is the key to the success of high exploration. The technique of regional and zonal forecast of oil and gas in areas with a high exploration degree. The substantiation of the matrix of unit cells used to create upscaling models of oil-and-gas content of the field is given.

With the analysis of geochemical characteristics of the oil source strata studied lasing and migration processes in the Perm region. It is possible to establish the main foci of the generation of hydrocarbons, which are located in the south of the Perm region, as well as within Solikamsk draught loss. The distribution coefficient of bitumen allowed concluding that large-scale sub-vertical and lateral migration processes occurring in oil generated formation, and beyond.

On this basis and with additional geological criteria there have been established probabilistic and statistical models of oil and gas. The relationship developed with an plain oil and gas models, and the degree of geological and geo-physical study of the territory. Based on the developed geo-mathematical models there were identified promising areas that are recommended for exploratory work.

Keywords: hydrocarbons, oil fields, forecast, geological exploration, exploration degree, organic matter, bitumen factor, domanikits, oil source strata, unit cells, probabilistic and statistical methods, geological and mathematical model, Bashkir arching, Solikamskaya draught loss, the prospects of oil-bearing.

Введение

История нефтедобычи в Пермском крае насчитывает уже более 80 лет. Основная нефтегазоносность здесь сосредоточена в девонских и каменноугольных отложениях и определяется преимущественно развитием Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП), на бортах которой в фран-фаменское время формировались рифогенные постройки [1]. Эти постройки и структуры их облекания формируют основной фонд месторождений углеводородов в Пермском крае. Перспективы новых направлений геолого-разведочных работ неоднозначны и связаны, например, с додевонскими отложениями [2].

По степени изученности геолого-геофизическими исследованиями территория относится к высокоизученным. По Пермскому краю степень изученности перспективных земель по состоянию на 01.01.2011 г. составляет: глубоким бурением – 65,4 м/км², сейсморазведкой – 1,07 км/км², структурным бурением – 68,6 м/км². Наиболее изучены районы, относящиеся к ККСП [3].

Система элементарных ячеек

Вопросам вероятностно-статистической оценки ресурсов Пермского края посвящены работы [4–7].

Вероятностный прогноз нефтегазоносности чаще всего основан на разделении имеющейся выборки на классы нефтеносных и пустых точек (структур или скважин) и построении различных вероятностных моделей принадлежности к классу нефтеносных [8]. Для прогнозных оценок по данным моделям наиболее оптимальна регулярная система расположения точек, которая в условиях реального геологического строения и нефтегазоносности недостижима, поскольку из-за различной степени геолого-геофизической изученности участков создается неравномерность распределения имеющихся данных по структурам и скважинам.

Для приближения к равномерному распределению данных всю изучаемую территорию необходимо разделить сеткой на элементарные ячейки, на основании которых уже и обосновывать построение вероятностных моделей нефтегазоносности. Будем считать, что элементарная ячейка характеризуется достаточно однородным геологическим строением, нефтегазоносностью и степенью изученности.

Для создания матрицы элементарных ячеек необходимо определить площадь элементарного участка. Для территории Пермского края данная задача авторами была решена при помощи анализа расстояний между наиболее близкими парами структур. В основе математической модели лежит сравнение наблюдаемого множества расстояний между парами ближайших структур с характеристиками, которые ожидалось бы в том случае, если бы структуры были случайно распределены [9, 10]. Площадь элементарного участка $S_{уч}$ вычислялась по формуле

$$S_{уч} = 0,25 \frac{S_0}{n} + \left(\frac{p}{n} \right)^2 + \left(0,54 + \frac{0,412}{\sqrt{n}} \right)^2,$$

где S_0 – общая площадь области исследования; n – общее число структур; p – периметр изучаемой области.

Данная формула была получена по методу «ближайшего соседа», в ней введением специальных поправок исключено влияние различной степени изученности территории [11]. В результате расчетов площадь элементарного участка была определена равной 144,5 км².

Далее была определена форма элементарного участка путем изучения размеров длинной и короткой осей 935 опосредованных структур Пермского края. Среднее значение отношения размера длинной оси к короткой составляет 1,98. Это позволяет определить размеры элементарных участков как равные 17×8,5 км. Для учета процессов миграции углеводородов из осевых зон ККСП элементарные ячей-

ки были увязаны со срединной линией осевой зоны ККСП. Построенная таким образом матрица элементарных ячеек для территории Пермского края приведена в работе [12].

Для изучения нефтеносности при помощи специально разработанного модуля TemplateAnalyst для ArcGIS 3.0 [13] в пределах каждой ячейки было определено отношение суммарной площади нефтегазоносности ко всей площади ячейки – Pl_n ($\text{км}^2/\text{км}^2$). Данная процедура была проведена по всем основным нефтегазоносным комплексам Пермского края.

Для определения степени изученности территории геолого-геофизическими исследованиями в пределах каждой ячейки были определены: плотность глубоких скважин Pl_{glskv} ($\text{скв}/\text{км}^2$), плотность структурных скважин Pl_{strskv} ($\text{скв}/\text{км}^2$), плотность сейсмопрофилей Pl_{seism} ($\text{км}/\text{км}^2$). При помощи последовательного применения линейного дискриминантного и регрессионного анализов была построена характеристика P_{iz} , комплексно учитывающая изученность территории.

В пределах матрицы элементарных ячеек определены характеристики текущей нефтегазоносности и степени изученности, что позволяет исследовать влияние на нефтегазоносность совокупности различных критериев и строить вероятностные модели, на основании которых можно прогнозировать нефтегазоносность перспективных территорий.

Выбор перспективных участков возможен на основе регионально-зонального прогноза нефтегазоносности. При этом необходимо учитывать генерационные возможности нефтематеринских толщ, миграционные характеристики, благоприятность геологических условий для аккумуляции углеводородов [14].

Анализ генерационно-миграционных характеристик

Генерационный потенциал нефтематеринских толщ Пермского края оценивался по данным геохимических иссле-

дований образцов кернa всей территории Пермского края.

На территории Пермского Прикамья основные нефтепродуцирующие толщи образуют так называемую доманиковую фацию. Для пород, слагающих эти фации, наблюдается повышенное содержание битумов, вплоть до образования горючих сланцев; чаще всего это битуминозные известняки и сланцы, нередко кремнистые сланцы и известняки, также битуминозные. В Пермском Прикамье к доманиковой фации относят преимущественно отложения франского и фаменского горизонтов [15].

Дифференцированный анализ по стратиграфическим подразделениям и глубинам показал сложное и неоднородное распределение генерационных и миграционных процессов в толще фран-фаменских отложений.

Так, например, для территории Башкирского свода характерно четкое различие по содержанию органического вещества фаменских и франских отложений (рис. 1). Наибольшие значения его содержания характерны для доманиковых отложений при глубинах 1960–2260 м (до 13 %). Несколько меньшими значениями обладают саргаевские и верхнефранские отложения. Фаменские же отложения тяготеют к минимальным значениям, не превышая 2 % при глубинах 1600–2000 м. Размах значений битумоидного коэффициента β широк (от 0 до 100 %) для всех отложений и на всех глубинах (рис. 2). Таким образом, можно сделать вывод о том, что основная генерация УВ происходила в доманиковых и в меньшей степени в саргаевских и верхнефранских отложениях, из которых затем происходила как латеральная, так и субвертикальная миграция.

Весьма похожим распределением органического вещества и битумоидного коэффициента характеризуется, например, и Соликамская депрессия.

Для дальнейшего анализа были построены схемы распределения геохимиче-

Рис. 1. Распределение органического вещества в БС: ○ – возр: D₃dm; □ – возр: D₃sr; ◇ – возр: D₃f₃; △ – возр: D₃fm; ● – возр: D₃mn

Рис. 2. Распределение битумоидного коэффициента в БС: ○ – возр: D₃dm; □ – возр: D₃sr; ◇ – возр: D₃f₃; △ – возр: D₃fm; ● – возр: D₃mn

ских характеристик фран-фаменских отложений по территории Пермского края, и в каждой элементарной ячейке были определены их средние значения.

Установлено, что основные очаги генерации нефти расположены на юге Пермского края – в депрессионной части и на бортах ККСП (северо-западный борт только в пределах Верхнекамской впадины) – и на севере края в пределах Соликамской депрессии. Изучение распределения битумоидного коэффициента позволяет сделать вывод о масштабных субвертикальных и латеральных миграционных процессах, происходивших как в нефтегенерирующих толщах, так и вне их [16].

Построение вероятностных моделей прогноза нефтегазоносности

Для создания вероятностных геолого-математических моделей из всех элементарных ячеек была создана выборка, условно разделенная на два класса: нефтеносные и пустые. В выборку включались ячейки, где на сегодняшний день достигнута высокая плотность сейсмопрофилирования и имеются пробуренные глубокие скважины. Ячейки с доказанной нефтеносностью были отнесены к классу нефтеносных, остальные – к классу пустых.

Чтобы уйти от различной размерности используемых геохимических показателей и перейти к количественным вероятностным оценкам, были построены статистические модели для определения вероятности принадлежности объектов к классу нефтеносных $P(X)$ и проведена оценка их информативности по критерию Стьюдента [17, 18]. При помощи последовательного применения линейного дискриминантного и регрессионного анализов была построена модель, комплексно учитывающая геохимические характеристики $P_{\text{КОМПГХ}}$.

Для увязки геохимических показателей с миграцией УВ для каждой ячейки были определены: расстояние от центра ячейки до осевой линии ККСП ($L_{\text{ККСП}}$), расстояние до ближайших неотектонических разломов и разломов по фундаменту ($L_{\text{РАЗЛН}}$ и $L_{\text{РАЗЛФ}}$), коэффициент неотектонической активности ($K_{\text{НА}}$) [19]. Аналогично были построены вероятностные модели принадлежности к классу нефтеносных. Анализ средних значений и t -критерия показал, что наиболее информативными критериями из них являются $L_{\text{ККСП}}$ и $L_{\text{РАЗЛФ}}$.

Построенная модель, учитывающая геохимические и региональные критерии, имеет следующий вид:

$$P_{\text{КОМППр}} = -1,3395 + 0,8630P_{\text{КОМПГХ}} + 0,6766 P(L_{\text{РАЗЛФ}}) + 0,7569 P(L_{\text{ККСП}}) + 0,7609 P(K_{\text{НА}}), R = 0,99, p < 10^{-5}.$$

Рис. 3. Гистограмма $P_{КОМПрег}$:
 пустые; нефтеносные

Гистограмма $P_{КОМПрег}$ приведена на рис. 3. Отсюда видно, что при значениях $P_{КОМПрег}$ менее 0,5 преобладают пустые ячейки, а при значениях более 0,5 наблюдается резкое преобладание нефтеносных ячеек.

По данному уравнению для каждой ячейки были вычислены значения критерия $P_{КОМПрег}$ и построена схема его распределения по территории Пермского края. Данная схема использована для оценки перспектив региональной нефтегазоносности территории Пермского края [20]. Сопоставление разработанного критерия $P_{КОМПрег}$ со средней плотностью нефтеносности $Pl_{n,ср}$ и критерием изученности $P_{из}$ показало, что между ними существует значимая связь. Выполненный анализ данной связи показал, что на разных диапазонах значений $P_{из}$ (рис. 4) связи имеют разные статистически значимые соотношения, что видно из таблицы.

Анализ данных уравнений показал, что при повышении степени изученности увеличиваются значения углового коэффициента при $P_{КОМПрег}$, что характеризует повышение эффективности геолого-разведочных работ.

Анализ значений $Pl_{n,ср}$, $P_{КОМПрег}$ и $P_{из}$ в ячейках позволяет дифференцировать элементарные участки по степени перспективности.

К малоперспективным территориям можно отнести ячейки со значениями $P_{КОМПрег}$ менее 0,5. Эти ячейки имеют низкую степень изученности и нулевую или весьма низкую плотность нефтенос-

Рис. 4. Графики зависимости $Pl_{n,ср}$ от $P_{КОМПрег}$ при разных интервалах $P_{из}$:
 — $P_{из} \leq 0,4$;
 — $P_{из} \in (0,4; 0,5]$; — $P_{из} \in (0,5; 0,7]$; — $P_{из} > 0,4$

Уравнения зависимости

$Pl_{n,ср}$ от $P_{КОМПрег}$

Интервал $P_{из}$	Уравнение зависимости	R	p
Менее 0,4	$Pl_{n,ср} = -0,0002 + 0,0045 P_{КОМПрег}$	0,16	0,001
0,4–0,5	$Pl_{n,ср} = 0,0003 + 0,0208 P_{КОМПрег}$	0,30	0,004
0,5–0,7	$Pl_{n,ср} = -0,0036 + 0,0836 P_{КОМПрег}$	0,24	0,040
Более 0,7	$Pl_{n,ср} = 0,046 + 0,2255 P_{КОМПрег}$	0,32	0,025

ности. Проведение геолого-разведочных работ на этих площадях связано с большими геологическими рисками. К такому относится вся территория Ракшинской седловины; почти вся площадь Камского свода и Висимской впадины, за исключением самой восточной части; северная половина Верхнекамской впадины; северо-западная половина Пермского свода за пределами внешней прибрежной зоны ККСП; почти вся площадь Юрюзано-Сылвенской депрессии, кроме самого севера; крайняя восточная часть Косьюинско-Чусовской седловины; Верхнепечорская депрессия.

Наибольший интерес представляет выделение высокоперспективных ячеек, которые имеют высокий региональный потенциал нефтегазоносности, но характеризуются непределенно высокой степенью изученности, т.е. те ячейки с высоким $P_{КОМПрег}$, где еще можно открыть новые месторождения УВ. Из малоизученных площадей к таковым отнесены все ячейки со значениями $P_{КОМПрег}$ более 0,75. На высокоизученных площадях к таковым отнесены ячейки с $P_{КОМПрег}$ более 0,75, располагающиеся ниже линии линейного тренда.

На рис. 5. приведена схема расположения выделенных таким образом высокоперспективных ячеек.

Закключение

Большинство высокоперспективных ячеек расположено на территории Башкирского свода, Бымско-Кунгурской впадины, Верхнекамской впадины и Соликамской депрессии. Общая площадь высокоперспективных земель составляет 14,4 тыс. км².

Таким образом, выделенные высокоперспективные площади могут быть рекомендованы для проведения на них детальных геолого-разведочных работ с целью выявления локальных поднятий. На площадях высокоперспективных ячеек, где уже имеются разрабатываемые месторождения, рекомендуется проведение сейсморазведочных работ по технологии 3D, поскольку это позволит уточнить строение месторождений и достоверно выявить малоразмерные поднятия, возможно пропущенные при сейсморазведке в предыдущие годы.

Рис. 5. Расположение высокоперспективных ячеек:
 ■ высокопрочные ячейки; Pkempl region:
 □ <0,5; ■ 0,5–0,75; ■ >0,75;
 □ данные отсутствуют

Список литературы

1. Шаронов Л.В. Формирование нефтяных и газовых месторождений северной части Волго-Уральского бассейна. – Пермь: Перм. книжное изд-во, 1971. – 291 с.
2. Додевонские отложения Пермского Прикамья как одно из перспективных направлений геолого-разведочных работ / Т.В. Белоконов, В.И. Галкин, И.А. Козлова, С.Е. Башкова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2005. – № 9–10. – 24–28 с.
3. Обобщение результатов ГРП на территории Пермского края с целью уточнения геологического, тектонического строения, сырьевой базы и нефтегазгеологического районирования / Д.Г. Михайлов, В.В. Макаловский [и др.]; ООО «ПермНИПИнефть». – Пермь, 2011. – С. 310.
4. Галкин С.В. Реализация методик вероятностной оценки перспектив проектов поисков нефтегазовых месторождений в Предуральском прогибе // Известия вузов. Нефть и газ. – 2004. – № 5. – С. 14–21.
5. Зонально-локальный прогноз перспектив нефтегазоносности Соликамской депрессии / В.И. Галкин, И.А. Козлова, С.В. Галкин, А.В. Растегаев, В.В. Мелкомуков // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2007. – № 10. – С. 8–11.
6. О связи характеристик органического вещества пород с плотностью ресурсов углеводородов (на примере Пермского Прикамья) / С.В. Галкин, И.А. Козлова, В.И. Галкин, А.В. Растегаев, А.А. Козлов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М., 2002. – № 11. – С. 9–13.
7. 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.
8. Кривошеков С.Н., Галкин В.И., Волкова А.С. Разработка вероятностно-статистической методики прогноза нефтегазоносности структур // Нефтепромысловое дело. – М., 2010. – № 7. – С. 28–31.
9. Bartels C.P.A., Ketellapper R.H. Exploratory and explanatory statistical analysis data. – Boston: MartinusNijhoff Publishing, 1979. – 284 p.

10. Unwin D. Introductory spatial analysis. – London: Methuen and Co., Ltd, 1981. – 212 p.
11. Donnelly K.P. Simulations to determine the reariance and edge effect of total nearest neighbor distance, in Hodder. – 1 ed. // *Simulation studies in archeology*. – Cambridge: Cambridge Unit. Press, 1978. – P. 91–95.
12. Кривошеков С.Н., Галкин В.И. Построение матрицы элементарных ячеек при прогнозе нефтегазоносности вероятностно-статистическими методами на территории Пермского края // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2008. – № 8. – С. 20–23.
13. Новый инструмент пространственного анализа геолого-геофизической информации – Template-Analyst / М.Г. Барский, А.В. Коноплев, В.В. Хронусов, С.Н. Кривошеков // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2008. – № 8. – С. 17–20.
14. О масштабах миграции углеводородов в пределах Соликамской депрессии Предуральского прогиба и возможностях ее использования для прогноза нефтегазоносности / В.Л. Воеводкин, В.И. Галкин, И.А. Козлова, А.С. Козлов, С.Н. Кривошеков // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2010. – № 12. – С. 6–11.
15. Неручев С.Г., Рогозина Е.К. Нефтегазообразование в отложениях доманикового типа. – Л.: Недра, 1986. – 247 с.
16. Воробьев К.Я. Статистические методы в геохимии. – Саратов, 1970. – 256 с.
17. Davis C.J. Estimation of the probability of success in petroleum exploration // *Mathematical Geology*. – 1977. – Vol. 9. – № 4. – P. 409–427.
18. Kaufman M.G. Statistical issues in the assessment of undiscovered oil and gas resources. – MIT-CEEPR. – 1992. – 20 с.
19. Копылов И.С. Блочное строение Пермского Приуралья на основе линейно-блочного и морфометрического анализа // *Состояние и перспективы нефтегазового потенциала Пермского края и прилегающих регионов: материалы науч.-практ. конф.* – Пермь, 2006. – С. 270–279.
20. Кривошеков С.Н. Разработка регионально-зональных критериев прогноза нефтегазоносности вероятностно-статистическими методами на примере территории Пермского Прикамья // *Нефтяное хозяйство*. – 2011. – № 10. – С. 2–6.

References

1. Sharonov L.V. Formirovanie nefitanykh i gazovykh mestorozhdenii severnoi chasti Volgo-Ural'skogo basseina [The formation of oil and gas fields on the north of the Volga-Urals Basin]. – Perm: Perm. knizhnoe izd-vo, 1971. 291 s.
2. Belokon' T.V., Galkin V.I., Kozlova I.A., Bashkova S.E. Dodevonskie otlozheniia Permskogo Prikam'ia kak odno iz perspektivnykh napravlenii geologorazvedochnykh rabot [Dodevonskie deposits of Perm as one of the promising areas of exploration]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefitanykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2005, no. 9–10, pp. 24–28.
3. Mihaïlov D.G., Makalovskii V.V. et al. Obobshchenie rezul'tatov GRR na territorii Permskogo kraia s tsel'iu utocneniia geologicheskogo, tektonicheskogo stroeniia, syr'evoi bazy i neftegazogeologicheskogo raionirovaniia [Synthesis of the results of exploration in the Perm region in order to clarify the geological, tectonic, raw materials and oil and gas geological zonation]. Perm: PermNIPIneff' Ltd, 2011. 310 p.
4. Galkin S.V. Realizatsiia metodik veroiatnostnoi otsenki perspektiv proektov poiskov neftegazovykh mestorozhdenii v Predural'skom progibe [The implementation of probabilistic methods of assessing the prospects for exploration projects, oil and gas deposits at the Preduralskii sag]. *Izvestiia vuzov. Neft' i gaz*, 2004, no. 5, pp. 14–21.
5. Galkin V.I., Kozlova I.A., Galkin S.V., Rastegaev A.V., Melkomukov V.V. Zonal'no-lokal'nyi prognoz perspektiv neftegazonosnosti Solikamskoi depressii [Zonal-local forecast oil-and-gas content at Solikamsk depression]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefitanykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2007, no. 10, pp. 8–11.
6. Galkin S.V., Kozlova I.A., Galkin V.I., Rastegaev A.V., Kozlov A.A. O sviazi karakteristik organicheskogo veshchestva porod s plotnost'iu resursov uglevodorodov (na primere Permskogo Prikam'ia) [About connection between characteristics of organic matter in rocks and density of hydrocarbon resources (on the Perm example)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefitanykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2002, no. 11, pp. 9–13.
7. Galkin V.I., Rastegaev A.V., Galkin S.V., Voevodkin V.L. Opredelenie perspektivnykh napravlenii poiskov mestorozhdenii nefiti i gaza v Permskom kraia s pomoshch'iu veroiatnostno-statisticheskikh metodov [Determination of promising searches for oil and gas in the Perm region using probabilistic and statistical methods]. *Nauka proizvodstvu*, 2006, no. 1, pp. 1–5.
8. Krivoshchekov S.N., Galkin V.I., Volkova A.S. Razrabotka veroiatnostno-statisticheskoi metodiki prognoza neftegazonosnosti struktur [The development of probabilistic and statistical techniques for the forecast of oil-and-gas content of structures]. *Neftepromyslovoe delo*, 2010, no. 7, pp. 28–31.

9. Bartels C.P.A., Ketellapper R.H. Exploratory and explanatory statistical analysis data. Boston: MartinusNijhoff Publishing, 1979. 284 p.
10. Unwin D. Introductory spatial analysis. London: Methuen and Co., Ltd., 1981. 212 p.
11. Donnelly K.P. Simulations to determine the rearience and edge effect of total nearest neighbor distance, in Hodder, I(ed.). Simulation studies in archeology. Cambridge: Cambridge Unit. Press, 1978, pp. 91–95.
12. Krivoshchekov S.N., Galkin V.I. Postroenie matritsy elementarnykh iacheek pri prognoze neftegazonosnosti veroiatnostno-statisticheskimi metodami na territorii Permskogo kraia [Construction of a matrix of elementary cells for the forecast of oil-and-gas content by probabilistic-statistical methods in Perm region]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2008, no. 8, pp. 20–23.
13. Barskii M.G., Konoplev A.V., Hronusov V.V., Krivoshchekov S.N. Novyi instrument prostanstvennogo analiza geologo-geofizicheskoi informacii – Template-Analyst [New tools for spatial analysis of geological and geophysical information – Template-Analyst]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2008, no. 8, pp.17–20
14. Voevodkin V.L., Galkin V.I., Kozlova I.A., Kozlov A.S., Krivoshchekov S.N. O masshtabakh migratsii uglevodorodov v predelakh Solikamskoi depressii Predural'skogo progiba i vozmozhnostiakh ee ispol'zovaniia dlia prognoza neftegazonosnosti [About the scale of hydrocarbons migration within the Solikamsk depression of Predural'skii sag and the possibility of using oil-and-gas content for prediction]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2010, no.12, pp. 6–11.
15. Neruchev S.G., Rogozina E.K. Neftegazobrazovanie v otlozheniiah domanikovogo tipa [Oil and gas formation in the sediment of doman type]. L.: Nedra, 1986. 247 p.
16. Vorob'ev K.Ja. Statisticheskie metody v geohimii [Statistical methods in geochemistry]. Saratov, 1970. 256 p.
17. Davis C.J. Estimation of the probability of success in petroleum exploration. *Mathematical Geology*, 1977, Vol. 9, no. 4, pp. 409–427.
18. Kaufman M.G. Statistical issues in the assessment of undiscovered oil and gas resources. – MIT-CEEPR, 1992.
19. Kopylov I.S. Blokovoe stroenie Permskogo Priural'ia na osnove lineamentno-blokovogo i morfometricheskogo analiza [Block structure of the Perm Priural'ie based on lineament-block and morphometric analysis]. 3rd *Sci.-Pract. Conf. Sostoianie i perspektivy neftegazovogo potentsiala Permskogo kraia i priliegaiushchikh regionov*. Perm, 2006, pp. 270–279.
20. Krivoshchekov S.N. Razrabotka regional'no-zonal'nykh kriteriev prognoza neftegazonosnosti veroiatnostno-statisticheskimi metodami na primere territorii Permskogo Priam'ia [Development of regionally-zonal forecast oil-and-gas content by probabilistic-statistical methods on the example of Perm]. *Neftianoe khoziaistvo*, 2011, no. 10, pp. 2–6.

Об авторах

Кривошеков Сергей Николаевич (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры геологии нефти и газа Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29; e-mail: krivoshchekov@pstu.ru).

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 просп., 29; e-mail: vgalkin@pstu.ru).

Козлова Инна Анатольевна (Пермь, Россия) – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии нефти и газа Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29; e-mail: ikozlova@pstu.ru).

About the authors

Krivoshchekov Sergey N. (Perm, Russia) – senior lecturer, department of petroleum geology, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky ave., 29; e-mail: krivoshchekov@pstu.ru).

Galkin Vladislav I. (Perm, Russia) – doctor of geological and mineralogical sciences, professor, chair of petroleum geology, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky ave., 29; e-mail: vgalkin@pstu.ru).

Kozlova Inna A. (Perm, Russia) – candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor of petroleum geology, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky ave., 29; e-mail: ikozlova@pstu.ru).

Получено 21.05.2012