МЕТОДОЛОГИЯ УЧЕТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ЭТАПЕ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С.В. Галкин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, г. Пермь, Россия

Поисково-разведочные работы на нефть и газ характеризуются высокими рисками их отрицательного результата, т.е. отсутствием месторождений с промышленными запасами углеводородов. Для Пермского края эффективность поискового бурения на новых площадях во многом определяет экономические перспективы развития на его территории нефтяной промышленности. За период эксплуатации нефтяных месторождений для территории исследования накоплен большой статистический материал, позволяющий эффективно реализовывать вероятностно-статистические методы, в том числе при планировании первоочередных объектов для поисковых и разведочных работ. Основой для этого может служить количественная оценка геологических рисков проектов поисков и разведки нефтяных месторождений.

В статье с использованием международного опыта проведен анализ методик учета геологических рисков на различных стадиях поисков и разведки нефтяных месторождений. Показано, что динамика геологических рисков носит стадийный характер, по мере развития поисково-разведочных работ, освоения открытых месторождений величины геологических рисков закономерно снижаются. Субъективность или недоучет именно поисковых рисков может привести и часто приводит к неверным выводам при экономическом планировании проектов нефтедобычи. Таким образом, планирование инвестиционных проектов в нефтегазовой промышленности весьма специфично, прежде всего ввиду высокой неопределенности геологической информации.

На примере одного из приоритетных в плане развития нефтедобычи районов Пермского края обосновывается вероятностная методика учета геологических рисков при планировании новых проектов нефтедобычи. Методика заключается в обосновании прогнозных оценок успешности поисков, распределения открытий промышленных месторождений нефти, оценки потенциальных запасов углеводородов. Вероятностная методика позволяет на основе оценки геологических рисков провести прогнозные расчеты экономической оценки проектов. Возможности разработанной вероятностной методики показаны на примере оценки перспектив приоритетного для нефтедобычи Пермского края поискового проекта, реализация которого к настоящему времени успешно начата.

Ключевые слова: поиски нефтяных месторождений, разведочный этап, коэффициент успешности, вероятностно-статистические методы, геологические риски, запасы нефти и газа, инвестиционные проекты, экономические показатели.

ACCOUNTING METHODS OF GEOLOGICAL RISKS ON THE STAGE OF OIL FIELDS EXPLORATION

S.V. Galkin

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Exploration for oil and gas are characterized by high risk of a negative result, i.e. the lack of fields with commercial reserves of hydrocarbons. To Perm effective exploration drilling in new areas largely determines the economic development prospects in its territory the oil industry. During the period of exploitation of oil fields for the area of research has accumulated large amount of statistical material to effectively implement probabilistic-statistical methods, including the planning of priority sites for prospecting and exploration.

The basis for this can serve as a quantitative assessment of the geological risks of the projects of prospecting and exploration of oil fields. This paper is written, using international experience in the analysis of accounting methods of geological risks at various stages of exploration of oil fields. It is shown that the dynamics of geological risk is stepwise in nature, with the development of exploration, development of fields discovered natural values of geological risks are reduced. Subjectivity, or underestimation of risk is the search may, and often leads to incorrect conclusions when economic planning projects oil production. Thus, the planning of investment projects in oil and gas industry is very specific, primarily due to the high uncertainty of geological information.

In the example of one of the priorities in terms of oil production areas of the Perm region substantiates the probabilistic method of accounting geological risks when planning new projects oil production. The method consists in justifying the assessment of future success of exploration, distribution, discovery of commercial deposits of oil, evaluation of potential hydrocarbon reserves. The probabilistic method allows for an assessment of geological risks to forward estimates of economic evaluation. Features designed probabilistic methods shown in the example of the priority assessment of the prospects for oil production Perm exploratory project, which to date has successfully begun to be realized.

Keywords: search for oil deposits, exploration phase, success rate, probabilistic and statistical methods, geological risk, reserves of oil and gas investment projects and economic indicators.

Введение

При оценке перспектив инвестиционных проектов в сфере недропользования с целью осуществления их основной задачи – максимизации прибыли – используются стандартные экономические показатели: чистый дисконтированный доход (NPV), индекс рентабельности (PI), дисконтированный срок окупаемости инвестиций (DPP) и т.д. Методика расчета и физический смысл перечисленных показателей приведены в многочисленных работах, например в [1, 2]. Часто применяемая на практике схема расчета геолого-экономических показателей при планировании поисковых работ на нефть принципиально не отличается от методик, используемых, например, в строительстве. При таком подходе учет рисков осуществляется лишь на уровне возможности изменения ценовой конъюнктуры (величины капитальных или эксплуатационных затрат, цены готовой продукции, курса валют и т.д.).

Между тем геологические риски инвестиционных проектов, связанных с поисками новых месторождений, весьма велики. Значительное количество поисковых скважин даже при высокой проработке принимаемых решений все равно оказывается пустым. Например, в среднем по России успешность бурения для поиска нефти за последние 20 лет составляет лишь 33 % при этой же характеристике в 1980–1989 гг. – 51 %. Текущая успешность нефтепоисковых работ по международным оценкам также близка к указанной величине. Ошибки недоучета поисковых рисков намного отрицательнее сказываются на результатах поисковых работ, чем, например, упрощение модели в ценовых характеристиках.

Таким образом, процесс поисков нефтяных месторождений характеризуется высокой неопределенностью конечного результата, затраты на бурение пустых скважин могут привести не только к отсутствию прибыли (убыточности проекта), но и вообще к полному отсутствию

за все время реализации проекта положительных инвестиционных потоков.

Недостатки неучета геологических рисков хорошо иллюстрируются абстрактным примером из работы [3]. Допустим, что на некоторой площади к глубокому бурению подготовлено 10 объектов, каждый с извлекаемыми ресурсами категории C_3 1 млн т. Примем коэффициент перевода ресурсов категории C_3 в запасы категории C_1 равным 0,70. Данное положение можно трактовать двояко. Первый вариант заключается в уменьшении запасов по каждому месторождению до 0,7 млн т. Согласно второму варианту, который более приближен к действительности, в результате бурения должно быть подготовлено 7 объектов с запасами в каждом 1 млн т. В этом случае 3 разбуренных объекта окажутся непродуктивными. В обоих случаях суммарные извлекаемые запасы категории C_1 рассмотренной площади равны 7 млн т ($10 \times 0,7$ или 7×1). Однако очевидно, что по второму варианту будут пробурены, как минимум, 3 пустые поисковые скважины. Поисковые скважины являются наиболее дорогостоящими, что негативно отразится на капитальных затратах проекта. В наибольшей степени бурение лишних поисковых скважин скажется на малоразмерных объектах с небольшими запасами нефти. Бурение лишних поисковых скважин будет происходить именно на первоначальном, наиболее важном для положительного экономического баланса этапе.

Методы оценки геологических рисков

Международный опыт показывает, что подавляющее большинство крупных компаний старается вкладывать свои инвестиции в крупные долгосрочные проекты поисковых работ с большими перспективами запасов, обеспечивающими устойчивые потоки дохода от производства много лет. Соответственно, экономические оценки проектов обычно рекомендуются производить на основании пессими-

стического, наиболее вероятного и оптимистического сценариев развития поисковых работ, ориентируясь преимущественно на ожидаемые открытия запасов. Последние чаще всего оцениваются экспертным путем, что не во многом снижает субъективность решений.

Отсутствие количественных вероятностных оценок успешности поисков приводит к высокому субъективизму и недоучету при проектировании поисковых рисков. В начале 90-х гг. XX века большинство ведущих иностранных нефтяных компаний подтвердило, что их научные специалисты постоянно слишком высоко оценивают предполагаемые запасы, обычно завышая их на 30–80 % [4]. В частности, даже с учетом применения современных технологий, глубоководные проекты BP-Amoco's подтвердили только 45 % предсказанных запасов, при поисках в Норвежском Северном море подтверждено лишь 38 % предсказанных запасов [5]. На взгляд автора, основной причиной завышения предсказанных запасов является недоучет геологических рисков поисковых работ.

Вопросы экономического планирования в условиях неопределенности рассмотрены в многочисленных работах [1, 6, 7]. Задача оценки рисков сводится к тому, чтобы тем или иным способом оценить влияние изменения любых исходных данных на экономические показатели проекта и определить вероятности принятия этими показателями различных значений. При оценках рисков наиболее распространенными являются методы: точечных значений, дискретных вероятностей (дерева вероятных исходов) и моделирования распределения (Монте–Карло). Любой из этих методов основывается на многовариантных расчетах NPV как функции некоторых задаваемых переменных.

В методе точечных значений, задаваясь некоторым сочетанием величин, например капитальных затрат и цен на продукцию, получают три значения NPV, одно из кото-

рых базовое (M), а два других – как возможные максимальное (оптимистическое – O) и минимальное (пессимистическое – Π). По трем известным значениям NPV оценивается вероятность его равенства некоторому заданному V [6]. Вероятность значения показателя $V = 0$ определяется из выражения:

$$P = A^2/B, \text{ если } M < V < O$$

или

$$P = 1 - (1 - A)^2/(1 - B), \text{ если } M > V > O,$$

где $A = (V - \Pi)/(O - \Pi)$,

$$B = (M - \Pi)/(O - \Pi).$$

Слабым местом метода точечных значений является весьма грубая оценка распределения анализируемых величин всего по трем случайным значениям. Кроме того, данный способ оперирует итоговыми значениями NPV, являющимися сложными функциями многих переменных, различные значения которых отнюдь не равновероятны.

При методе дискретных вероятностей используются непосредственно исходные переменные (цена продукции и т.д.), различным значениям которых приписывают некоторые априорные вероятности, а вероятность того или иного сочетания параметров (сценария) определяется произведением частных вероятностей исходных событий. Недостатком данного метода, например при оценке влияния варьирования цены продукции на NPV, является постулирование вероятностей исходных значений, а также фиксированный и симметричный характер распределения вероятностей.

В методе Монте–Карло исходные параметры задаются в виде непрерывных функций распределения, считающихся типичными для каждой из величин (нормальное, логнормальное и др.). По этим распределениям производится случайная автоматизированная выборка значений и соответствующих им вероятностей каждого параметра и группировка их в сценарии для расчета по каждому из них итоговых NPV. Объем

таких сценариев с помощью применения специальных компьютерных программ может быть доведен до нескольких тысяч. По полученным значениям NPV строятся гистограммы и графики кумулятивной вероятности (кривые распределения), анализ которых позволяет оценить наиболее вероятные исходы реализации проекта. Следует заметить, что в методе Монте-Карло анализируемые параметры рассматриваются как независимые величины, хотя в действительности это часто не так.

Вероятностная прогнозная оценка геологических рисков

Учет только ценовых рисков в целом правомерен при решении многих геологических задач. При рассмотрении проектов, связанных с разработкой нефтяных месторождений, с помощью некоторой адаптации также можно оценивать их геолого-экономические характеристики. При этом необходимо учитывать, что риски проведения поисковых работ на нефть, прежде всего, связаны с возможным неподтверждением структур ($P_{\text{подт}}$), отсутствием промышленной нефтеносности ($P_{\text{нефт}}$) и завышением планируемых запасов над реальными ($P_{\text{зап}}$). Риски, связанные с разбуриванием непродуктивных объектов, должны учитываться введением в геолого-экономические расчеты вероятностной оценки успешности поисков ($P_{\text{усп}}$), которая может быть рассчитана как произведение вероятностных оценок $P_{\text{подт}}$ и $P_{\text{нефт}}$ [8].

Как показано выше, эффективность поисково-разведочных работ зависит от степени изученности объектов. На основании этого перспективные объекты можно разделить на три категории. К первой отнесем объекты с предварительно оцененными запасами категории C_2 , ко второй – перспективные ресурсы категории C_3 , к третьей – прогнозные ресурсы категории D_1 .

Подтверждаемость запасов категории C_2 следует признать наиболее высокой, так как запасы непосредственно примы-

кают к уже разрабатываемым запасам месторождений, риски заключаются в основном в корректировке значений запасов категории C_2 при переводе их в промышленные категории. Для этих условий геологические риски могут быть связаны с более низкими в сравнении с прогнозными показателями работы скважин или с завышенной оценкой запасов эксплуатационных объектов. Первая проблема подробно рассмотрена в работе [9] и может быть решена путем построения распределения работы скважин по дебитам нефти. В целом неверная оценка продуктивности скважин снижает достоверность экономической оценки проектов.

По проблеме подтверждаемости запасов нефти Э.М. Халимовым в работе [10] приведены следующие статистические данные: для запасов категории А погрешность составляет 5–10 %; категории В – 10–20 %; категории C_1 – 15–65 %; категории C_2 – 25–95 %. Погрешности в оценках запасов зависят не только от степени изученности, но и от размеров месторождений и сложности их строения. Более низкой подтверждаемостью запасов характеризуются малоразмерные месторождения. Так, по данным за 1976–1985 гг. для запасов категории C_1 объемом более 10 млн т подтверждаемость составила 96 %, а для объемов менее 10 млн т – лишь 73 % [10].

Согласно данным А.В. Берлина и других (2002) для мелких месторождений УВ Удмуртии в 43 % случаев подтверждаемость балансовых запасов составила 93 %, извлекаемых – 83 %. Более низкая подтверждаемость извлекаемых запасов связана с необоснованным завышением коэффициентов нефтеизвлечения на стадии разведки [11]. Вопросы, связанные с точностью оценки коэффициентов нефтеизвлечения, также подробно рассмотрены в работах [12–14]. Таким образом, сложность геологического строения (изменчивость нефтенасыщенных толщин и коллекторских свойств, расчлененность

и т.д.) при оценке подтверждаемости запасов можно считать подчиненным признаком по отношению к размеру залежи.

Риски, обусловленные вероятностью потерь вследствие неверного определения уровня прогнозируемых запасов, значительно усложняют проектирование в нефтегазовой отрасли. Если, например, в машиностроении считается, что себестоимость изделия примерно на 85 % определяется на стадии конструирования [15], то в нефтегазодобывающей отрасли даже на поздних стадиях разработки величина издержек производства сильно варьирует в зависимости от технологических схем. Кроме того, особенностью нефтегазодобывающей отрасли является значительная территориальная неравномерность распределения месторождений УВ и удаленность потребителей продукции. Для нефтегазовых проектов следствием этого является существование опережающего роста капитальных вложений в инфраструктуру, защиту окружающей среды и т.д. В итоге, если в промышленности стоимость машин и оборудования составляет около 40 % всех фондов, то в нефтегазодобывающей отрасли – 16–18 %. При этом до 70 % всех капиталовложений расходуются на бурение новых скважин, относящихся к пассивной части основных фондов [15].

При количественной оценке рисков на стадии разведочных работ на нефть при проектировании можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в работе [16]. Согласно им на стадии эксплуатации крупных месторождений, после разбуривания дополнительными скважинами, не требуется учитывать риск, связанный с учетом геологических и технологических факторов. На стадии разработки мелких месторождений, на которой реализуется технологическая схема, данный риск рекомендуется принимать равным 14 % [16].

В таблице, взятой из работы [16], приведены оценки риска финансовых потерь на ранней стадии разработки вследствие

Оценки риска финансовых потерь на ранней стадии разработки

Геологические запасы месторождения, млн т	Степень сложности	Средняя погрешность оценки извлекаемых запасов, %		Величина геологических и технологических рисков, %	
		Кат. С ₁	Кат. С ₂	Кат. С ₁	Кат. С ₂
До 2,5	Без разделения	55	85	48	76
2,5–10	Низкая	35	55	29	48
	Высокая	42,5	70	36	62
10–25	Низкая	30	50	24	43
	Высокая	35	60	29	52
25–100	Низкая	25	40	19	33
	Высокая	30	45	24	38
100–300	Низкая	17,5	30	12	24
	Высокая	22,5	40	17	33

неопределенности геологических и технологических показателей проектов. В отличие от запасов категорий А и В интервалы изменения показателей подтверждаемости запасов категорий С₁ и С₂ имеют более широкие пределы. Представленные показатели риска усреднены для размеров нефтяных месторождений, групп сложности геологического строения и степени изученности запасов. Следует заметить, что для большинства современных месторождений наибольший практический интерес представляет информация о месторождениях до 10 млн т, для которых геологические и технологические риски существенно выше.

Ко второй категории относятся подготовленные к глубокому бурению структуры с подсчитанными ресурсами категории С₃. Применительно к территории Пермского края проблема достоверной оценки запасов и ресурсов рассмотрена в работах [17, 18]. Для подготовленных структур уже известны предполагаемые по сейсморазведке или структурно-параметрическому бурению размеры (амплитуды, площади и т.д.) и местоположение объекта. С достаточной достоверностью известны глубины залегания целевых отражающих горизонтов, прослеживаемость отражений и другие

информативные показатели. Для оценки перспектив подтверждаемости и нефтегазоносности возможно применение вероятностно-статистических методов, в комплексе учитывающих кондиционность подготовки, размеры структур и обстановку их геологического формирования. При определении необходимых для реализации экономических оценок коэффициентов успешности поисков могут использоваться вероятностно-статистические методы, в частности, может быть рекомендован метод построения вероятностных кривых [19, 20]. В конечном итоге, рассчитав с помощью вероятностных методов прогнозные оценки $P_{\text{усп}}$ и потенциальные запасы конкретных месторождений, можно их ранжировать, вводя в глубокое бурение в качестве первоочередных наиболее перспективные объекты.

При планировании поисков в районах, где еще нет подготовленных к глубокому бурению структур (прогнозные ресурсы категории D_1), необходима геолого-экономическая оценка целесообразности инвестиций в геофизические или структурно-параметрические работы. Примерами выполненного вероятностного прогноза для оценки перспектив региональных исследований являются работы [21, 22]. Планируемые ресурсы категории S_3 при этом обычно рассчитываются исходя из ожидаемого для данных районов прироста на 1 погонный километр сейсморазведочных работ или на 1 метр проходки структурно-параметрического бурения.

Важным обстоятельством является и то, что в данной ситуации конкретное местоположение структур возможно оценить лишь ориентировочно. Исходя из приблизительности такой оценки, для подобных объектов при оценке перспектив их подготовки и последующего разбуривания можно оперировать только характеристиками, имеющими региональное распространение. К таким характеристикам, прежде всего, относятся показатели, контролирующие генераци-

онный потенциал территорий, возможные толщины и свойства пород-коллекторов в потенциально продуктивных пластах, сейсмогеологические условия районов поисков. Следует заметить, что размеры подготовленных к глубокому бурению структур также существенно влияют и на перспективы подтверждаемости локальных поднятий.

Реализация методики оценки геологических рисков на примере территории Верхне-Камского месторождения калийных солей

Возможности учета геологических рисков поисковых работ с помощью вероятностно-статистических методов покажем на примере выполнения геолого-экономической оценки перспектив нефтеносности района, сочлененного с территорией Верхне-Камского месторождения калийных солей (ВКМКС). Месторождение ВКМКС по своим размерам и запасам полезного сырья относится к категории уникальных, ввиду чего глубокое нефтепоисковое бурение на его территории ограничено. Высокоперспективная территория ВКМКС глубоким бурением к настоящему времени опоискована крайне слабо. Осадочный разрез здесь осложнен мощной толщей (до 800 м) нижнепермских галогенных отложений, а по нижележащим отложениям позднедевонско-раннекаменноугольного возраста – Камско-Кинельской системой впадин (ККСВ). Практически все месторождения углеводородов приурочены к зоне развития внутренних прибортовых барьерных построек или одиночных атоллов ККСВ.

Для обоснования сохранности недр и экономической эффективности нефтепоисковых работ в рамках государственного контракта была выполнена работа «Комплексное освоение территориально-совмещенных месторождений руд и нефти» (2005 г.). Полученные в результате расчеты прогнозной вероятностной оценки количества открытий месторождений УВ приведены на рис. 1.

Рис. 1. Вероятностное распределение количества открытых месторождений при введении в поисковое бурение подготовленных структур ВКМКС

При реализации проектов поисков на территории ВКМКС и введении в глубокое бурение 10 объектов наиболее вероятным (56 %) является открытие 6–7 промышленных месторождений нефти. Вероятность открытия 5 месторождений существенно меньше и составляет менее 20 %, открытие менее 4 месторождений маловероятно (8 %). Вероятность открытия 8 месторождений и более в результате расчетов оценена в 16 %.

На основании методики, предложенной в работе [19], для возможных приростов запасов рассчитаны плотности распределения $f(x)$ и функции распределения $F(x)$. Исходя из вида $F(x)$ (кумулятивной кривой) можно оценить значения приростов УВ, соответствующих различным вероятностям (рис. 2). В результате величина математического ожидания предполагаемых приростов запасов нефти $M(x)$ составляет в данном случае 30,0 млн т.

В частности, при разбуривании 10 подготовленных структур ВКМКС с достоверностью 90 % (риск 10 % – P10) можно прогнозировать величину приростов запасов на уровне, превышающем 24,4 млн т. С вероятностью 10 % (риск 90 % – P90) можно оценить, что приросты запасов не превысят 31,6 млн т. Наиболее вероятное значение приростов запасов (вариант P50), которое можно рассматривать как базовый вариант поисков, составляет 30,0 млн т. Таким образом, на основании этих данных можно говорить о перспективах района ВКМКС уже не с качественных, а с количественных позиций.

Рис. 2. Вид плотности $f(x)$ и функции распределения $F(x)$ прироста запасов УВ, рассчитанных по формуле, производящей функции (биномиальное распределение) для территории ВКМКС: — $f(x)$; — $F(x)$

Заключение

На основе данных о вероятностном распределении количества открытых месторождений в совокупности с информацией о потенциальных запасах подготовленных объектов ВКМКС оценены вероятности возможных исходов поисковых работ. Были рассчитаны распределения количества открытых месторождений и приростов запасов по ним соответственно с вероятностью поисковых рисков 10 % (вариант P10), 25 % (вариант P25), 50 % (вариант P50), 75 % (вариант P75), и 90 % (вариант P90). Таким образом, варианты P10, P25, P75 P90 характеризуют возможные отклонения результатов поисков от наиболее вероятного (базового) варианта P50. В частности, в варианте P10 рассмотрен вероятностный исход открытия 5 месторождений с суммарным приростом запасов 24,4 тыс. т; в варианте P25 – открытие 5 месторождений с суммарным приростом 28,2 тыс. т; в варианте P50 – открытие 6 месторождений с суммарным приростом 30,0 тыс. т; в варианте P75 – открытие 7 месторождений с суммарным приростом 30,8 тыс. т; в варианте P90 – открытие 8 месторождений с суммарным приростом 31,6 тыс. т.

После проведения технико-экономических расчетов проект выхода с поисковым бурением на нефть на территорию ВКМКС был признан экономически высокоэффективным и экологически безо-

пасным. К настоящему времени в результате проведения работ на первоочередном нефтепоисковом объекте – Зыряновской структуре – получены промышленные притоки нефти, а предварительная прогнозная оценка объекта позволяет судить о его высоких запасах.

Таким образом, прогнозная оценка геологических рисков позволила выйти с

глубоким бурением в новый высокоперспективный район. В целом можно говорить о том, что территория ВКМКС для Пермского края является приоритетным направлением развития нефтегазодобывающей промышленности, для чего существуют и успешно опробованы технологии, обеспечивающие промышленную и экологическую безопасность.

Список литературы

1. Эддоус М., Стенсфилд Р. Методы принятия решений / пер. с англ. под ред. член.-корр. РАН И.И. Елисеевой. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 590 с.
2. Дергачев А.Л., Хилл Дж., Казаченко Л.Д. Финансово-экономическая оценка минеральных месторождений / под ред. В.И. Старостина. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 176 с.
3. Галкин С.В., Иванов А.А. Вероятностно-статистическая методика учета рисков поисковых работ при оценках альтернативных инвестиционных проектов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – М., 2002. – № 4. – С. 29–34.
4. Rose P.R. Risk analysis and management petroleum exploration ventures. AAPG. Methods in Texas. – USA, 2003.
5. Harper F.G. BP prediction accuracy in prospect assessment. A 15-year retrospective: preprint of paper to be presented at AAPG international conference. – Birmingham, 1999.
6. Brock W., Rothschild M., Stiglitz E. Stochastic capital theory // Joan Robinson and modern economic theory. – New York: Mac Millan Press, 1989. – P. 591–622.
7. Hill J.H. Geological and economical estimate of mining projects. – London, 1993.
8. Галкин С.В. Возможности вероятностной оценки приростов запасов при проектировании поисков нефтегазовых месторождений (на примере платформенной части Пермского края) // Известия вузов. Нефть и газ. – 2004. – № 6. – С. 13–20.
9. Воеводкин В.Л., Галкин С.В., Поплыгин В.В. Прогнозирование дебитов нефти при технико-экономическом обосновании проектов освоения и поисков месторождений территории ВКМКС // Нефтепромысловое дело. – 2010. – № 7. – С. 45–47.
10. Халимов Э.М., Гомзиков В.К., Фурсов А.Я. Управление запасами нефти. – М.: Недра, 1991. – 283 с.
11. Берлин А.В., Струкова Н.А., Дацик М.И. Особенности разработки мелких нефтяных месторождений // Проблемы и перспективы геологического изучения и освоения мелких нефтяных месторождений: сб. науч. тр. – Ижевск, 2002. – С. 38–39.
12. Оценка коэффициентов извлечения нефти для месторождений Пермского края на основе статистических моделей / С.В. Галкин, Т.Б. Поплаухина, А.В. Распопов, Г.П. Хижняк // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 38–39.
13. Оценка возможностей определения коэффициентов извлечения нефти по обобщенным статистическим моделям (на примере территории Пермского края) / В.И. Галкин, С.В. Галкин, А.Н. Аношкин, И.А. Акимов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2007. – № 10. – С. 51–53.
14. Опыт применения методики оценки коэффициента нефтевытеснения при проектировании разработки нефтяных месторождений Пермского края / Г.П. Хижняк, Т.Б. Поплаухина, С.В. Галкин, А.А. Ефимов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2009. – № 8. – С. 42–45.
15. Стратегия сырьевого развития и обеспечения в народнохозяйственном развитии / отв. ред. А.А. Арбатов. – М.: Наука, 1989. – 279 с.
16. Халимов К.Э. Переход на международную классификацию запасов нефти – требование времени // Нефть, газ и бизнес. – М., 2002. – № 5. – С. 10–13.
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. – М., 2006. – № 1. – С. 1–5.

18. Зонально-локальная оценка перспектив нефтегазоносности Соликамской депрессии / В.И. Галкин, И.А. Козлова, С.В. Галкин, А.В. Растегаев, В.В. Мелкомукоев // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М., 2007. – № 10. – С. 8–11.
19. Галкин С.В. Реализация методики вероятностной оценки перспектив проектов поисков нефтегазовых месторождений в Предуральском краевом прогибе // Известия вузов. Нефть и газ. – 2004. – № 5. – С. 14–21.
20. Галкин В.И., Кривошеков С.Н. Обоснование направлений поисков месторождений нефти и газа в Пермском крае // Научные исследования и инновации. – 2009. – Т. 3, № 4. – С. 3–7.
21. 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.
22. Додевонские отложения Пермского Прикамья как одно из перспективных направлений геолого-разведочных работ / Т.В. Белоконов, В.И. Галкин, И.А. Козлова, С.Е. Пашкова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2005. – № 9–10. – С. 24–28.

References

1. Jeddous M., Stensfild R. Metody priniatii reshenii. Moscow: Audit, 1997. 590 s.
2. Dergachev A.L., Hill Dzh., Kazachenko L.D. Finansovo-ekonomicheskaya otsenka mineral'nykh mestorozhdenii [Financial and economic evaluation of mineral deposits]. Moscow, 2000. 176 s.
3. Galkin S.V., Ivanov A.A. Veroyatnostno-statisticheskaya metodika ucheta riskov poiskovykh rabot pri otsenkakh al'ternativnykh investitsionnykh projektov [Probabilistic-statistical method of accounting risk research works in the assessments of alternative investment projects]. *Geologia, geofizika i razrabotka neftiannykh mestorozhdenii*, 2002, no. 4, pp. 29–34.
4. Rose P.R. Risk analysis and management petroleum exploration ventures. USA: AAPG. Methods in Texas, 2003.
5. Harper F.G. BP prediction accuracy in prospect assessment. A 15-year retrospective: preprint of paper to be presented at AAPG international conference. England: Birmingham, 1999.
6. Brock W., Rothschild M., Stiglitz E. Stochastic capital theory. *Joan Robinson and modern economic theory*. New York: Mac Millan Press, 1989, pp. 591–622.
7. Hill J.H. Geological and Economical Estimate of Mining Projects. London, 1993.
8. Galkin S.V. Vozmozhnosti veroyatnostnoi otsenki prirostov zapasov pri proektirovanii poiskov neftegazovykh mestorozhdenii (na primere platformennoi chasti Permskogo kraia) [Features a probabilistic assessment stocks of increments in the design of oil and gas field searches (for example, the platform part of the Perm region)]. *Izvestiya vuzov. Neft' i gaz*, 2004, no. 6, pp. 13–20.
9. Voevodkin V.L., Galkin S.V., Poplygin V.V. Prognozirovaniye debitov nefi pri tekhniko-ekonomicheskom obosnovanii projektov osvoeniya i poiskov mestorozhdenii territorii VKMKS [Prediction of production rates of oil in the feasibility study, project development and searches of deposits territory VKMKS]. *Neftpromyslovoe delo*, 2010, no. 7, pp. 45–47.
10. Halimov Je.M., Gomzikov V.K., Fursov A.Ja. Upravleniye zapasami nefi [Management of oil reserves]. Moscow: Nedra, 1991. 283 s.
11. Berlin A.V., Strukova N.A., Dacik M.I. Osobennosti razrabotki melkikh neftiannykh mestorozhdenii [Features of the development of small oil fields]. *Sbornik nauchnykh trudov "Problemy i perspektivy geologicheskogo izucheniya i osvoeniya melkikh neftiannykh mestorozhdenii"*. Izhevsk, 2002, pp. 38–39.
12. Galkin S.V., Poplauhina T.B., Raspopov A.V., Hizhnjak G.P. Otsenka koefitsientov izvlecheniya nefi dlia mestorozhdenii Permskogo kraia na osnove statisticheskikh modelei [Problems and prospects for exploration and development of small oil fields]. *Neftianoe hoziaistvo*, 2009, no. 4, pp. 38–39.
13. Galkin V.I., Galkin S.V., Anoshkin A.N., Akimov I.A. Otsenka vozmozhnostei opredeleniya koefitsientov izvlecheniya nefi po obobshchennym statisticheskim modeliam (na primere territorii Permskogo kraia) [Evaluation of options determining the coefficients of the oil recovery in generalized statistical models (on the example of Perm region)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2007, no. 10, pp. 51–53.
14. Hizhniak G.P., Poplauhina T.B., Galkin S.V., Efimov A.A. Opyt primeneniya metodiki otsenki koefitsienta neftevytesneniya pri proektirovanii razrabotki neftiannykh mestorozhdenii Permskogo kraia [Experience of application methodology for assessing the coefficient of oil displacement in the design of the development of oil deposits of Perm kray]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2009, no. 8, pp. 42–45.

15. Strategiiia syr'evogo razvitiia i obespecheniia v narodnohoziaistvennom razvitiu [Strategy development and raw materials in the national economic development]. Moscow: Nauka, 1989. 279 s.

16. Halimov K.Je. Perekhod na mezhdunarodnuii klassifikatsiiu zapasov nefi – trebovanie vremeni [Transition to International Classification of oil reserves – the requirement of time]. *Neft', gaz i biznes*, 2002, no. 5, pp. 10–13.

17. Galkin V.I., Rastegaev A.V., Galkin S.V., Voevodkin V.L. Opredelenie perspektivnykh napravlenii poiskov mestorozhdenii nefi i gaza v Permskom krae s pomoshch'iu veroiatnostno-statisticheskikh [Determination of promising searches for oil and gas fields in the Perm region using probabilistic and statistical]. *Nauka – proizvodstvu*, 2006, no. 1, pp. 1–5.

18. Galkin V.I., Kozlova I.A., Galkin S.V., Rastegaev A.V., Melkomukov V.V. Zonal'no-lokal'naia otsenka perspektiv neftegazonosnosti Solikamskoï depressii [Zonal-local assessment of the prospects of oil and gas Solikamsk depression]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2007, no. 10, pp. 8–11.

19. 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.

20. Galkin V.I., Krivoshchekov S.N. 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 nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2008, no. 8, pp. 20–23.

22. 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 nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2005, no. 9–10, pp. 24–28.

Об авторе

Галкин Сергей Владиславович (Пермь, Россия) – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры разработки нефтяных и газовых месторождений, декан горно-нефтяного факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29; e-mail: gnfd@pstu.ru).

About the author

Galkin Sergey V. (Perm, Russia) – doctor of geological and mineralogical sciences, professor, department of oil and gas fields, dean of the mining faculty, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky ave., 29; e-mail: gnfd@pstu.ru).

Получено 28.04.2012