

Вероятностно-статистическая оценка ресурсов поднятий по методу Монте-Карло с целью их ранжирования

Г.А. Лыков, Д.А. Тимиров, А.Г. Зиятдинов

В настоящий момент практически все крупные нефтяные месторождения Республики Татарстан характеризуются значительной выработанностью запасов. В данных условиях для стабилизации добычи одной из наиболее важных проблем является обеспеченность запасами. Следовательно, вопрос о подготовке новых запасов за счет поискового и разведочного бурения всегда остается актуальным. Этот процесс сопряжен со значительными рисками даже в хорошо изученных и старых нефтедобывающих регионах, таких как Республика Татарстан. Возрастает доля поднятий, опоискование, разведка и разработка которых нерентабельна из-за относительно небольших размеров, амплитуд и, соответственно, запасов.

В отечественной практике оценку ресурсов и запасов углеводородов принято производить детерминистическими методами, в то время как за рубежом используют статистические методы оценки.

С целью оптимизации рисков, сопряженных с поисковым и разведочным бурением (ранжирование нефтеперспективных объектов, выбор очередности бурения), авторами использован вероятностно-статистический метод оценки ресурсов поднятий или залежей, подготовленных к глубокому бурению.

Вероятностно-статистический метод подсчета ресурсов нефти производится на основе объемного метода, где каждый параметр, участвующий в формуле подсчета ресурсов, рассматривается как случайная величина, а значения ресурсов – как функция этих случайных параметров. Для оценки запасов или ресурсов по методу Монте-Карло каждый подсчетный параметр (площадь, толщина, пористость, нефтенасыщенность и т.д.) задается в виде распределения, т.е. набором значений с разной вероятностью. Параметры и тип распределений обосновываются фактическими данными по близрасположенным месторождениям.

В нашем случае для параметра «площадь» распределение выбрано логнормальное (lognormal), для всех остальных подсчетных параметров – равномерное (uniform). Площадь является основным параметром, влияющим на оценку объемов запасов и ресурсов. В оценке российской классификации обычно площадь структуры принимается по последней замкнутой изогипсе (максимальной величине). В вероятностно-

статистической оценке геологических рисков по методу Монте-Карло данная величина задается логнормальным распределением через величины минимально и максимально возможных площадей нефтеносности подготовленного поднятия.

В результате вероятностно-статистической оценки прогнозные ресурсы по объекту представляются в виде значений P_{90} , P_{50} и P_{10} . P_{90} – это минимально оцененная величина ресурсов, подтверждающаяся с вероятностью 90 % (низкая степень риска), P_{50} – это оптимальная или базовая величина ресурсов с вероятностью 50 %, P_{10} – это оцененная величина ресурсов с вероятностью 10 % (высокая степень риска).

На основе данных вероятностного распределения каждого подсчетного параметра методом Монте-Карло рассчитаны результирующие распределения величины ожидаемых ресурсов нефти. Полученная функция распределения вероятностей величины ресурсов рассматривается как кривая, отражающая уровень риска существования ресурсов в заданном диапазоне.

Рассмотрим применение вероятностно-статистической оценки ресурсов методом Монте-Карло на практике на примере трёх поднятий, подготовленных к глубокому поисковому бурению.

Для начала необходимо узнать перспективные на нефть отложения по аналогии с ближайшими соседними поднятиями и месторождениями с учетом данных паспорта структуры. По соседним месторождениям (месторождениям-аналогам) определяются минимальные и максимальные возможные подсчетные параметры для каждого продуктивного горизонта: эффективные нефтенасыщенные толщины, пористость, нефтенасыщенность, пересчетный коэффициент и плотность нефти. По структурным картам рассчитываются минимальная и максимальная площади возможной нефтеносности каждого продуктивного горизонта с учетом заполненности ловушки.

Результаты расчетов выводятся в виде таблиц с графиками гистограмм распределения вероятностных значений подготовленных извлекаемых ресурсов от P_0 (вероятность 0 %) до P_{100} (вероятность 100 %) с шагом 10 %.

Для оценки величины ресурсов в качестве примера выбраны Восточно-Долинное (Яналифская площадь Бугульминско-Тумутукской разведочной зоны, юго-восточный склон Южно-Татарского свода (ЮТС)), Кимовское (Черемшано-Бастрыкская разведочная зона, западный склон ЮТС) и Западно-Сакловское (Тлянчи-Тамакская разведочная зона, северо-восточный склон ЮТС) поднятия.

Перспективы нефтеносности Восточно-Долинного поднятия связаны с отложениями бобриковского горизонта, турнейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы и пашийского горизонта верхнего отдела девонской системы (рис. 1).

Согласно паспорту на Восточно-Долинную структуру, подсчитанные объемным методом перспективные ресурсы нефти по категории С₃ (Д₀) составляют 1683,5/706,7 тыс. т.

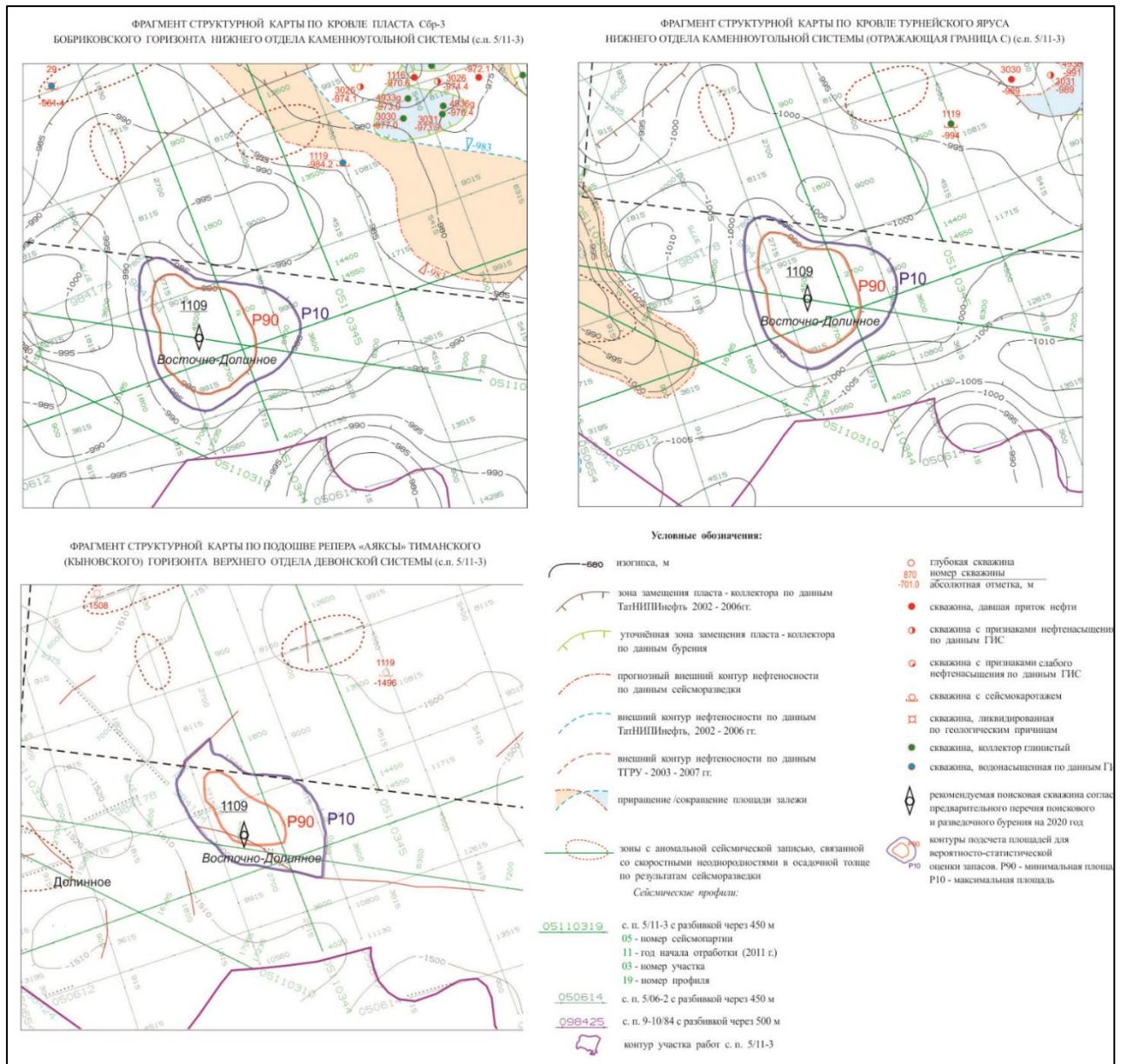


Рис. 1. Границы площадей структуры Р₁₀ и Р₉₀ на основе структурных карт, отражающих границы Восточно-Долинного поднятия

Согласно вероятностно-статистической оценке по методу Монте-Карло, извлекаемые ресурсы нефти по категории C_3 (D_0) с вероятностью P_{50} составят 262 тыс. т, в том числе:

- по бобриковскому горизонту – 139 тыс. т;
- по турнейскому ярусу – 50 тыс. т;
- по пашийскому горизонту – 73 тыс. т.

С вероятностью P_{90} на Восточно-Долинном поднятии прогнозируется 99 тыс. т извлекаемых ресурсов нефти, с вероятностью P_{10} – 762 тыс. т (рис. 2).

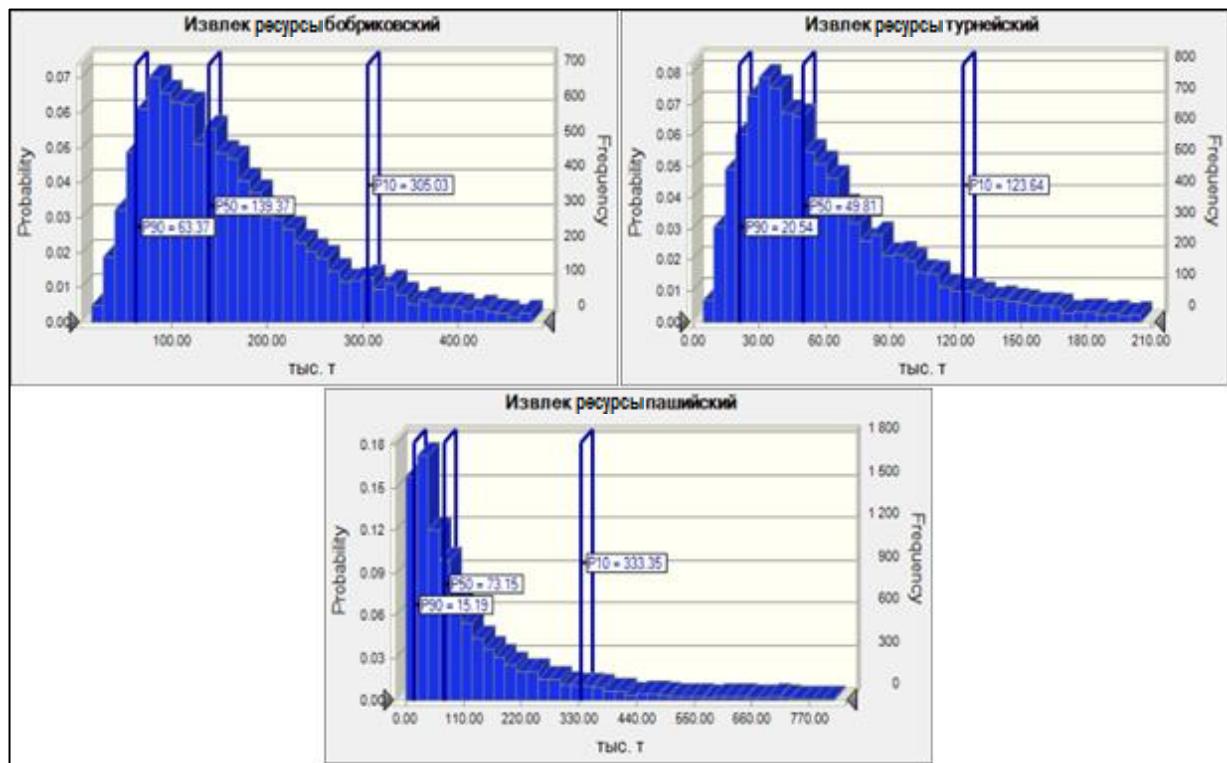


Рис. 2. Прогнозные извлекаемые ресурсы нефти по категории C_3 (D_0) Восточно-Долинной структуры

Перспективы нефтеносности Кимовского поднятия связаны с отложениями верейского горизонта, башкирского яруса среднего отдела каменноугольной системы, тульского горизонта нижнего отдела каменноугольной системы и тиманского горизонта верхнего отдела девонской системы (рис. 3).

Согласно паспорту, подсчитанные объемным методом перспективные ресурсы нефти по категории C_3 (D_0) Кимовского поднятия составляют 1157/336 тыс. т.



Рис. 3. Границы площадей структуры Р₁₀ и Р₉₀ на основе структурных карт, отражающих границы Кимовского поднятия

Согласно вероятностно-статистической оценке по методу Монте-Карло, прогнозные извлекаемые ресурсы нефти по категории С₃ (Δ_0) с вероятностью Р₅₀ составят 153 тыс. т, в том числе:

- по верейскому горизонту — 20 тыс. т;
 - по башкирскому ярусу — 21 тыс. т;
 - по тульскому горизонту — 25 тыс. т;
 - по тиманскому горизонту — 87 тыс. т.

С вероятностью P_{90} на Кимовском поднятии прогнозируется 74 тыс. т извлекаемых ресурсов нефти, с вероятностью P_{10} – 343 тыс. т (рис. 4).

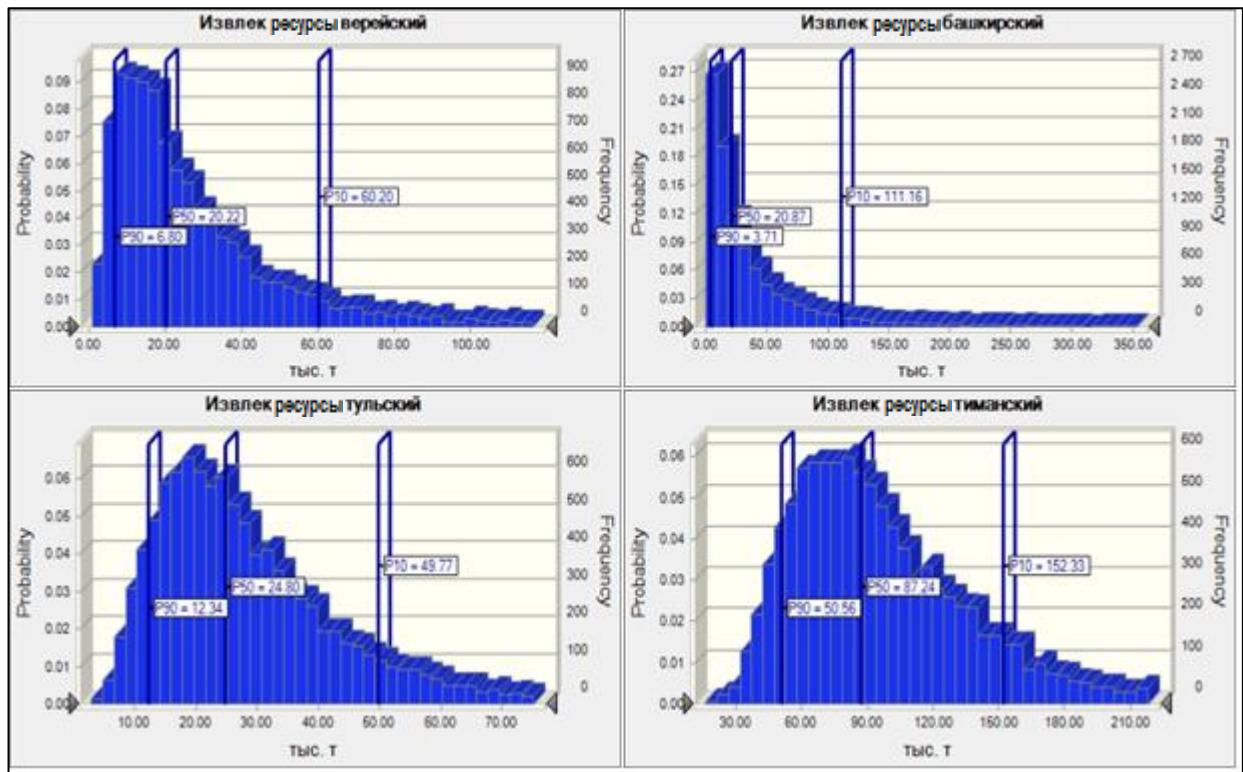


Рис. 4. Прогнозные извлекаемые ресурсы нефти по категории C_3 (Δ_0) Кимовской структуры

Перспективы нефтеносности Западно-Сакловского поднятия связаны с отложениями пашийского горизонта верхнего отдела девонской системы.

Согласно паспорту, подсчитанные объемным методом перспективные ресурсы нефти по категории C_3 (Δ_0) Западно-Сакловского поднятия составляют 374/164 тыс. т (рис. 5).

Согласно вероятностно-статистической оценке по методу Монте-Карло, прогнозные извлекаемые ресурсы нефти пашийского горизонта по категории C_3 (Δ_0) с вероятностью P_{50} составят 40 тыс. т. С вероятностью P_{90} на Западно-Сакловском поднятии прогнозируется 15 тыс. т извлекаемых ресурсов нефти, с вероятностью P_{10} – 104 тыс. т (рис. 6).

Таким образом, по результатам расчетов извлекаемых ресурсов по методу Монте-Карло первоочередным к бурению следует считать Восточно-Долинное поднятие.

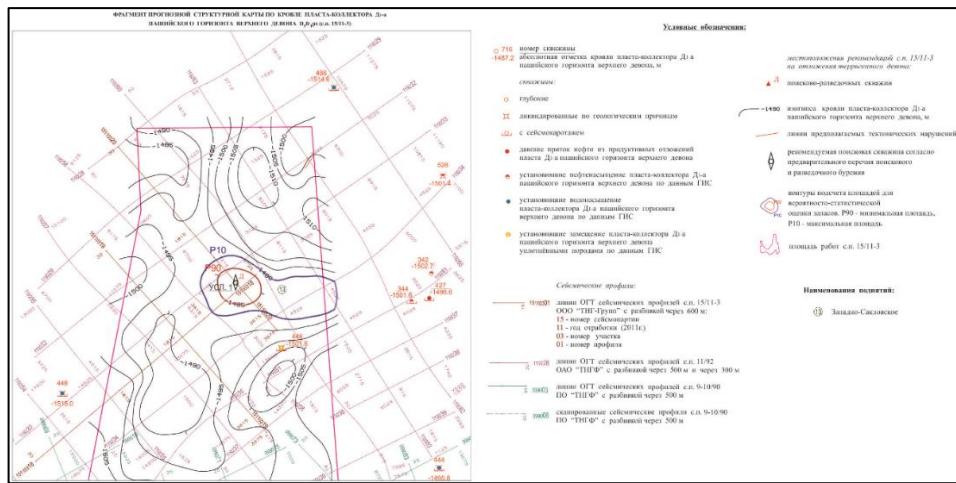


Рис. 5. Границы площадей структуры Р₁₀ и Р₉₀ на основе структурной карты, отражающей границы Западно-Сакловского поднятия

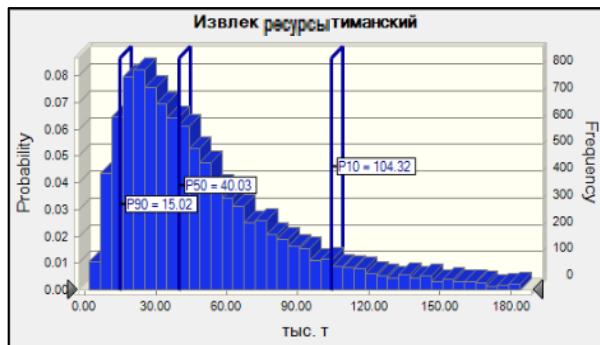


Рис. 6. Прогнозные извлекаемые ресурсы нефти по категории С₃ (Д₀)
Западно-Сакловской структуры

Сравнение рассчитанных прогнозных извлекаемых ресурсов нефти показывает, что в большинстве случаев ресурсы Р₁₀, рассчитанные вероятностно-статистическим методом, незначительно меньше ресурсов, рассчитанных объёмным методом. Однако ресурсы Р₁₀, рассчитанные вероятностно-статистическим методом, на некоторых структурах больше ресурсов, рассчитанных объёмным методом. В большей степени это связано с изменением площади структуры (проведены сейморазведочные работы), увеличением толщины и пористости (учтены месторождения-аналоги с большими значениями) (см. таблицу).

Несмотря на то, что применение стохастических методов Монте-Карло трудоемко и сопряжено с недостатком данных, метод позволяет оптимизировать затраты, избежать неоправданных капитальных вложений и повысить эффективность поискового и разведочного бурения.

Следовательно, применение данного метода дает несравненное преимущество при оценке перспектив нефтегазоносности, что позволяет оценить возможные риски геолого-разведочных работ.

Прогнозные извлекаемые ресурсы нефти подготовленных поднятий

Наименование поднятия	Номер скважины	Горизонт	Диапазон площадей, тыс. м ²		Диапазон эффективных нефтенасыщенных толщин, м		Диапазон пористости		Диапазон нефтенасыщенности		Диапазон Θ		КИН	Извлекаемые ресурсы, тыс. т			Суммарные извлекаемые ресурсы по поднятиям, тыс. т					
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		P ₉₀	P ₅₀	P ₁₀	P ₉₀	P ₅₀	P ₁₀	паспорт		
Восточно-Долинное (восточный купол), БТЗ	1109	бобриковский	878,5	1610,9	0,9	3,8	19,8	24,0	76,5	84,9	0,940	0,940	0,888	0,888	0,43	63	139	305	99	262	762	706,7
		турнейский	862,7	1534,6	1,4	7,4	10,0	16,0	60,0	66,4	0,950	0,950	0,887	0,893	0,20	21	50	124				
		пашийский	348,8	1226,4	0,5	8,3	15,4	20,4	65,4	84,5	0,837	0,912	0,840	0,878	0,54	15	73	333				
Кимовское, ЧБЗ	1046	верейский	277,2	1079,3	0,7	3,7	14,0	22,0	68,0	78,0	0,963	0,971	0,894	0,932	0,20	7	20	60	74	153	373	336
		башкирский	277,2	1079,3	0,4	9,1	13,0	16,0	63,0	78,0	0,965	0,981	0,905	0,937	0,22	4	21	111				
		тульский	158,3	484,8	1,1	2,4	20,0	25,0	71,0	90,0	0,949	0,959	0,898	0,915	0,36	12	25	50				
		тиманский	1054,0	2144,9	0,8	1,8	20,0	25,0	60,0	70,0	0,915	0,970	0,868	0,896	0,40	51	87	152				
Западно-Сакловское, ТТЗ	усл. 1	пашийский	331,7	1494,7	0,6	2,0	17,0	20,0	73,0	82,0	0,934	0,950	0,871	0,898	0,44	15	40	104	15	40	104	164