

2. О п а р и н В.Н., В о с т р и к о в В.И., Т а п с и е в А.П. и др. Об одном кинематическом критерии прогнозирования предельного состояния массивов горных пород по шахтным сейсмологическим данным // ФТПРПИ. 2006. № 6. С. 3 – 10.
3. Л о б а н о в а Т.В., Н о в и к о в а Е.В. Влияние массовых взрывов на деформирование горных пород Шерегешевского железорудного месторождения. – В кн.: ГЕО-Сибирь-2009. Т. 2. Недропользование. Горное дело. Новые направления и технология поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. – Новосибирск: изд. СГГА, 2009. С. 205 – 209.
4. Л о б а н о в а Т.В., Т р о ф и м о в а О.Л., Л о б а н о в С.А. Мониторинг сдвижения земной поверхности Шерегешевского месторождения при массовых взрывах. – В кн.: Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сибирский государственный индустриальный университет; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2013. С. 68 – 75.

© 2014 г. Т.В. Лобанова, С.А. Лобанов
Поступила 19 марта 2014 г.

УДК 553.98

В.И. Исаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ОЦЕНКА ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ ПОИСКОВ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В ДОЮРСКОМ ОСНОВАНИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Результаты геоплотностного моделирования, выполненного по данным сейсморазведки, гравиразведки и бурения на траверсе Красноленинского свода, выявили в пределах Рогожниковской группы месторождений масштабную зону разуплотнения доюрского комплекса пород, отождествленную с вторичными коллекторами – резервуарами [1].

Послойное изучение в разрезах Северо-Рогожниковского и Рогожниковского месторождений концентраций и молекулярно-массового распределения ароматических и алкановых углеводородов (УВ) установило миграцию нефтяных УВ из юрских в нижележащие триасовые отложения [2, 3]. Последнее согласуется с «осадочной» концепцией «главного источника» – юрском генезисе нефтей в резервуарах доюрского основания.

Результаты исследований на Рогожниковской группе месторождений позволили рекомендовать стратегию поисков залежей нефти в доюрском основании центральной части Западной Сибири [4]. Первоочередными участками поисков являются территории сосредоточения уже известных залежей в нижних этажах

осадочного чехла. Именно на этих территориях необходимо проводить работы по выявлению возможных зон разуплотнения в доюрском комплексе. Если выявляется зона разуплотнения, то именно эти территории являются первоочередным объектом детализации поисков залежей в фундаменте. Ресурсоэффективность стратегии состоит в возможности наращивания ресурсной базы, прежде всего на землях уже действующих нефтепромыслов с развитой инфраструктурой.

Теоретическое и экспериментальное обоснование стратегии поисков залежей нефти в доюрском разрезе Западной Сибири обеспечивает выполнение следующих геолого-экономических показателей:

- комплексное освоение недр месторождений УВ с приростом осваиваемых ресурсов за счет расширения стратиграфического диапазона поисков и освоения;
- уменьшение объемов капитальных затрат за счет прироста осваиваемых ресурсов на землях нефтепромыслов с уже обустроенной инфраструктурой;
- снижение геологоразведочного риска.

Прирост ресурсов углеводородов за счет залежей в доюрском комплексе

Для оценки прироста ресурсов за счет освоения залежей в доюрском основании проведен расчет извлекаемых геологических ресурсов для каждого нефтегазоносного комплекса (НГК) на Северо-Рогожниковском, Рогожниковском и Ханты-Мансийском месторождениях [5]. Ресурсы определяются объемом коллекторов, средними значениями коэффициентов пористости, нефтенасыщенности и извлечения нефти: $Q = Fh_n k_p k_n \eta$, где Q – извлекаемые геологические ресурсы нефти, м³; F – площадь нефтеносности, м²; h_n – средняя эффективная мощность НГК (пласта), м; k_p – коэффициент открытой пористости, отн. ед.; k_n – коэффициент нефтенасыщенности, отн. ед.; η – коэффициент извлечения нефти, отн. ед.

Нефтегазоносность на Северо-Рогожниковском месторождении выявлена в доюрских отложениях (Tr), среднеюрском (пласты ЮК₂₋₄), верхнеюрском (ЮК₁, ЮК₀) и меловом (ВК₁₋₂) НГК. Залежи, в основном, пластово-сводового типа; залежи в доюрских отложениях – с элементами тектонического экранирования. Исходные данные и результаты оценки извлекаемых геологических ресурсов нефти по Северо-Рогожниковскому месторождению при $k_p = 0,50$ и $\eta = 0,25$ приведены ниже:

НГК	F , тыс. м ²	h_n , м	k_p , отн. ед.	Q , тыс. м ³	Q , %
Меловой	360000	32	0,10	144000	94,4
Юрские	5760	10	0,16	1152	0,8
Доюрский	6750	51	0,17	7315	4,8
Итого:				152467	100,0

Ресурсы доюрского НГК по Северо-Рогожниковскому месторождению составляют заметный (порядка 5 %) вклад в общий объем извлекаемых геологических ресурсов.

На Рогожниковском месторождении установлена нефтеносность в образованиях триаса (Tr), тюменской (пласты ЮК₂₋₆), абалакской (ЮК₁), тутлеймской (ЮК₀) свит, в отложениях викуловской (ВК₁) свиты. Также непромышленные притоки нефти получены из отложений пласта АК₃ фроловской свиты. Исходные данные и результаты оценки извлекаемых геологических ресурсов нефти по Рогожниковскому месторождению при $k_p = 0,10$, $k_n = 0,50$ и $\eta = 0,25$ представлены ниже:

НГК	Пласт	F , тыс. м ²	h_n , м	Q , тыс. м ³	Q , %
Меловой		424000	5	26500	8,4
Юрские	ЮК ₇	93	4	11460	3,6
	ЮК ₅	93	10		
	ЮК ₄	152449	6		
	ЮК ₂₋₃	93	10		
Доюрский		441911	50	276194	87,9
Итого:				314154	100,0

На Рогожниковском месторождении основная (порядка 88 %) доля извлекаемых геологических ресурсов приходится на залежи доюрского основания.

В доюрском НГК на Ханты-Мансийском месторождении открыто три нефтяные залежи: две – в пределах Ханты-Мансийской структуры и одна – в пределах Нижнегаляновского поднятия. Нефтеносность доюрского комплекса приурочена к карбонатным породам. Особенностью этих пород является наличие в них пустотного пространства, связанного не только с порами, но и с трещинами, кавернами, обеспечивающими высокодебитные притоки нефти из этого объекта. Исходные данные и результаты оценки извлекаемых геологических ресурсов нефти по Ханты-Мансийскому месторождению при $k_p = 0,10$, $k_n = 0,50$ и $\eta = 0,25$ приведены ниже:

НГК	F , тыс. м ²	h_n , м	Q , тыс. м ³	Q , %
Юрские	760	3	24	0,3
Доюрский	16796	40	8398	99,7
Итого:			8422	100,0

На Ханты-Мансийском месторождении практически все извлекаемые геологические ресурсы приходятся на ресурсы доюрского НГК.

Таким образом, оценка среднего прироста ресурсов УВ на месторождениях центральной части Западной Сибири (на примере трех представительных месторождений) за счет залежей в доюрском основании составляет порядка 60 %.

Извлекаемые геологические ресурсы нефти по Северо-Рогожниковскому, Рогожниковскому и Ханты-Мансийскому месторождениям приведены ниже:

Месторождение	Меловой и юрские НГК		Доюрский НГК		Итого, %
	Q, тыс. м ³	Q, %	Q, тыс. м ³	Q, %	
Северо-Рогожниковское	145152	95,2	7315	4,8	100
Рогожниковское	37960	12,1	276194	87,9	100
Ханты-Мансийское	24	0,3	8398	99,7	100
Итого:	183136	38,6	291908	61,4	100

Уменьшение объемов капитальных затрат

Освоение новых мелких и средних месторождений УВ сопряжено со значительными трудностями организационно-экономического характера. Капитальные вложения в создание транспортной инфраструктуры нередко составляют свыше 70 % затрат на обустройство месторождения, а в некоторых случаях превышают их в 2 – 3 раза [6]. Это, как правило, приводит к нецелесообразности освоения месторождения по причине экономической неэффективности.

По мере уменьшения размеров месторождений значение удельных капитальных вложений увеличивается.

Мелкие и средние месторождения по величине извлекаемых запасов делятся [7] на четыре группы: *I* – до 1 млн. т; *II* – от 1 до 3 млн. т; *III* – от 3 до 10 млн. т; *IV* – от 10 до 30 млн. т.

Структура капитальных вложений в освоение мелких и средних месторождений [6] приведена в таблице.

Высокое значение удельных капитальных вложений (в особенности для групп месторождений *I* и *II*) вызвано очень большой (до 45 %) долей затрат на строительство внешних коммуникаций, что объясняется значительной удаленностью большинства месторождений от районов с развитой инфраструктурой.

Снизить величину капитальных вложений можно путем реализации комплексного ин-

фраструктурного проекта. Сущность этого проекта заключается в том, что при освоении группы мелких и средних месторождений, расположенных в одном районе, строится единый коридор коммуникаций, который включает автодорогу, нефтепровод, газопровод и другие объекты. Либо при освоении новых мелких и средних месторождений используется инфраструктура уже эксплуатируемого месторождения.

Опираясь на разработанную стратегию поисков [4], недропользователи, которые уже эксплуатируют месторождения, приуроченные к юрским НГК, могут провести дополнительные исследования объектов в доюрском НГК. За счет этого увеличение ресурсов может составить до 60 %. При этом эксплуатационные расходы вырастут пропорционально извлекаемым запасам, а капитальные затраты возрастут существенно меньше, так как промысел обустроен, транспортная сеть развита.

Таким образом, за счет сокращения затрат на промышленное обустройство и исключение затрат на внешние коммуникации, недропользователь, осуществляя прирост запасов за счет залежей доюрского НГК, снижает капитальные затраты не менее, чем на 16 %.

Снижение геологоразведочного риска

Сфера применения стратегии поисков залежей нефти в доюрском основании [4] – региональные исследования, поисковые работы и переоценка ресурсов районов нефтепромыслов, лицензирование участков недр Западной Сибири.

Спектр потенциальных потребителей включает следующие организации и компании:

- государственные органы управления фондом недр на территориях Западной Сибири, наиболее перспективных на выявление и освоение залежей нефти в доюрском основании;
- региональные и территориальные научно-аналитические центры, выполняющие НИР по оценке ресурсов и определению объектов лицензирования;

Структура капитальных вложений в освоение мелких и средних месторождений

Группа месторождений	Удельные капитальные вложения, руб./т	Затраты, %			
		на строительство скважин	на промышленное обустройство	на оборудование для нефтедобычи	на внешние коммуникации
<i>I</i>	3600	30	20	5	45
<i>II</i>	2500	40	20	5	35
<i>III</i>	1800	53	18	4	25
<i>IV</i>	1300	65	15	4	16

– научно-исследовательские институты РАН, отраслевые научно-исследовательские институты, университеты – исполнители инициативных и заказных НИР по оценке ресурсов и определению объектов поисков; эти исполнители занимаются проблемой региональной и зональной оценки нефтегазоносности доюрского комплекса;

– нефтяные и сервисные компании, осуществляющие поиски, разведку и освоение месторождений УВ в нижнеюрском и доюрском НГК на указанных выше территориях.

Согласно концепции «главного источника» [2, 3] нефть, генерируемая материнскими юрскими отложениями, из юры поступает в резервуары триаса и палеозоя. Поэтому потенциальными «потребителями» стратегии поисков [4] являются компании, которые разрабатывают нижнеюрские залежи и месторождения с залежами в доюрском комплексе пород.

Освоение новых месторождений УВ, как правило, экономически привлекательно только при условии *минимизации затрат на создание транспортной инфраструктуры* или условий переработки сырья непосредственно на месторождении [6]. Кроме того, затраты включают не только бесспорные затраты на выявление, оконтуривание и подсчет запасов полезных ископаемых на одном участке, но и затраты, необходимые для проверки перспективности нескольких других участков недр, на которых промышленные запасы не были выявлены. Иными словами, это затраты, обусловленные геологоразведочным риском [8].

Теоретически обосновано и экспериментально доказано [2, 3], что основным источником УВ для залежей фундамента являются материнские породы (залежи УВ отложений юрских горизонтов). Поэтому разработанную стратегию [4] могут эффективно применять недропользователи, которые уже имеют месторождения с нефтегазоносными объектами в юре. Если промышленная перспективность вышележащих юрских отложений доказана, следовательно, снижается геологоразведочный риск.

Основным показателем, характеризующим эффективность освоения месторождения, является накопленный дисконтированный поток наличности (NPV). С учетом принятых условий определено значение NPV для каждого месторождения в каждой группе.

Расчетные значения NPV для групп мелких и средних месторождений [8] приведены ниже:

Группа месторождений	NPV _{max} , млн. руб.	NPV _{min} , млн. руб.	Среднее значение NPV, млн. руб.
<i>I</i>	-1013	-1242	-1114
<i>II</i>	-748	-1013	-819
<i>III</i>	-202	-713	-510
<i>IV</i>	2481	-121	956

Результаты расчетов показывают, что освоение нефтяных месторождений групп *I – III* и части месторождений группы *IV* экономически нецелесообразно.

Однако по приведенным выше расчетам ресурсы залежей в доюрском основании могут существенно превышать 10 – 30 млн. т, то есть по показателю NPV освоение этих залежей будет эффективным.

Существуют варианты геолого-экономической оценки недр, в рамках которых прирост запасов не является гарантией целесообразности вложения денег в проект [9]. Но в рамках предложенной стратегии поисков и освоения затраты на геологоразведочные работы на доюрский НГК недропользователь несет не на первой стадии освоения, когда прибыль нулевая [9], а на третьей стадии освоения, когда идет промышленная добыча нефти из юрских горизонтов.

Выводы. Предложенная стратегия поисков нефтеперспективных объектов в доюрском основании обеспечивает прирост осваиваемых ресурсов за счет залежей в доюрском НГК до 60 %. Экономический эффект приложения стратегии достигается путем уменьшения объемов капитальных затрат, за счет прироста ресурсов на землях нефтепромыслов с уже обустроенной инфраструктурой, не менее чем на 16 %. Разработанную стратегию поисков рекомендуется применять на месторождениях с нефтегазоносными объектами в юре. В случае, когда промышленная нефтегазоносность вышележащих юрских отложений уже доказана, у недропользователя снижается геологоразведочный риск. Определены основы технологии поисков нефтегазоперспективных объектов в доюрском разрезе путем сейсморазведки и гравиразведки с последующей комплексной интерпретацией данных методом геоплотного моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. И с а е в В.И. Прогноз зон нефтегазонакопления на траверсе Красноленинский свод – Ляпинский мегапрогиб (по результатам геоплотного моделирования) // Изв.

- Томского политехн. ун-та. 2008. Т. 312. № 1. С. 26 – 33.
2. Коржов Ю.В., Исаев В.И., Кузина М.Я., Лобова Г.А. Генезис доюрских залежей нефти Рогожниковской группы месторождений (по результатам изучения вертикальной зональности алканов) // Изв. Томского политехн. ун-та. 2013. Т. 323. № 1. С. 51 – 56.
 3. Коржов Ю.В., Исаев В.И., Жильцова А.А., Латыпова О.В. Распределение ароматических углеводородов в разрезе отложений нефтегазоносных комплексов (на примере месторождений Краснотеннинского свода) // Геофизический журнал. 2013. Т. 35. № 1. С. 113 – 129.
 4. Исаев В.И. О генезисе залежей нефти и стратегии их поисков в доюрском основании центральной части Западной Сибири (на примере Краснотеннинского свода) // Вестник РАЕН (ЗСО). 2013. Вып. 15. С. 89 – 95.
 5. Атлас «Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа» // Под ред. Э.А. Ахпателова, В.А. Волкова, В.Н. Гончаровой и др. – Екатеринбург: ИздатНаукаСервис, 2004. – 148 с.
 6. Зиновьев А.А., Мелехин А.Е. Проблемы освоения мелких и средних месторождений углеводородов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2008. № 2. С. 22 – 26.
 7. Коржубаев А.Г., Мартынов И.В. Налог на добычу и эффективность разработки мелких и средних нефтяных месторождений в Ямало-Ненецком АО // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2008. № 5. С. 33 – 36.
 8. Хакимов Б.В. Ценообразование на продукцию геологического изучения недр в рыночных условиях // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2008. № 3. С. 25 – 31.
 9. Ампилов Ю.П., Лапо А.В. Анализ геолого-экономических показателей, применяемых при оценке эффективности разведки и освоения участков недр // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 5. С. 29 – 34.

© 2014 г. В.И. Исаев

Поступила 17 марта 2014 г.