

На правах рукописи



Соловьев Станислав Игоревич

**ГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ
ОЦЕНКИ НЕФТЯНЫХ УЧАСТКОВ НЕДР
(на примере Пермского края)**

25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Пермь, 2016

Работа выполнена в ФГБУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

- Научный консультант - Флаасс Александр Сергеевич
доктор геолого-минералогических наук,
профессор
- Официальные
оппоненты - Неганов Валентин Михайлович
доктор геолого-минералогических наук,
Заслуженный геолог РФ, Заместитель
генерального директора – главный геолог ОАО
«Пермнефтегеофизика»
- Коноплев Александр Владимирович
кандидат технических наук, заведующий научно-
исследовательской лабораторией геологического
моделирования и прогноза Пермского
государственного национального
исследовательского университета
- Ведущее предприятие - АО «Камский научно-исследовательский
институт комплексных исследований глубоких и
сверхглубоких скважин», г. Пермь

Защита состоится 22 декабря 2016 года в 16.00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.083.03 на базе ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский политехнический университет», ФГБУН Горный институт Уральского отделения Российской академии наук по адресу: 614990, г.Пермь, ул. Букирева, 15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по адресу: 614990, г.Пермь, ул. Букирева, 15.

Электронная версия текста диссертации доступна на сайте ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: www.psu.ru.

Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте ВАК при министерстве образования и науки РФ: vak.ed.gov.ru/vak и на сайте ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: www.psu.ru.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь, к.т.н.

Мещерякова Ольга Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Важной составляющей в совершенствовании методов поиска и разведки нефтяных месторождений является определение методических приемов для обоснованного выбора направлений развития геологоразведочных работ (ГРР). По мере истощения ресурсов нефти уже имеющихся в пользовании участков, задача воспроизводства минерально-сырьевой базы предприятия становится решаемой только при условии вовлечения в геологоразведку перспективных территорий нераспределенного (государственного) фонда недр.

Государство передает в пользование недр геометризованными блоками – участками недр. В этой связи весьма актуальной становится задача геолого-экономической оценки участков недр. По результатам оценки участка определяется перспективность постановки работ по поискам и разведке месторождений нефти и принимается решение об его приобретении.

Оценка участка предполагает прогноз следующих геологических параметров: разведанные запасы нефти, число ожидаемых к открытию месторождений, запасы нефти месторождений, глубина залегания продуктивных пластов. Также востребованной является экспресс-оценка участков. Областью исследований выполненной работы является методология прогнозирования указанных геологических параметров применительно к нефтяным участкам недр.

Достоверность геолого-экономической оценки участка определяется точностью и качеством выполненного прогноза геологических параметров. Ошибки, допущенные при оценке участков недр, приводят к необоснованным решениям по выбору направлений развития геологоразведочных работ на нефть, и как следствие, к снижению эффективности работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы.

Степень разработанности темы исследования

Различные аспекты оценки нефтяных участков недр широко освещены в научной литературе. Несмотря на большое количество работ по теме исследований, подтверждаемость оценок запасов и ресурсов нефти при освоении новых нефтяных участков недр часто является низкой, что приводит к снижению эффективности геологоразведочных работ. Повышение точности оценок требует обобщения опыта ранее выполненных работ и поиска новых подходов к оценке участков.

Цели и задачи

Цель работы: разработка методических приемов для оценки нефтяных участков недр на основе фактической информации о результатах ранее выполненных работ.

Основные задачи работы:

1) Обоснование методик прогноза: эффективности нефтяных участков, разведанных запасов нефти участка недр, числа нефтяных месторождений, запасов нефти месторождений.

2) Построение схем распределения критериев оценки нефтяных участков недр по территории Пермского края.

Научная новизна заключается в построенных впервые геолого-математических моделях:

- для экспресс-оценки нефтяных участков недр;
- для прогноза разведанных запасов нефти участка недр;
- для прогноза числа нефтяных месторождений на участке недр.

Также впервые построены распределения долей запасов нефти месторождений по рангам.

Практическая значимость работы

Результаты исследований могут быть востребованы недропользователями при планировании работ по поискам и разведке месторождений нефти. Оценка участков является ключевым этапом в определении направлений развития геологоразведочных работ. Верный выбор направлений развития является залогом успешности работ по поискам и разведке месторождений нефти. Практическую значимость имеют:

1) Модели для экспресс-оценки, которые позволяют оценить участки недр на основе упрощенных критериев и могут использоваться при анализе перечней участков недр, определении приоритетов с целью выделения участков для детального анализа, ранжировании участков по степени их перспективности.

2) Модели и распределения для оценки нефтяных участков, которые позволяют прогнозировать запасы нефти, число месторождений, распределение запасов нефти по месторождениям и по глубине.

Методология и методы исследования

В рамках работы проанализировано законодательство в сфере недропользования, периодические издания, книги, отчеты и иные источники по выбранной тематике. Систематизирована на основе архивных данных исходная информация об участках недр. Для построения геолого-математических моделей использовались методы математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

1) Геолого-математические модели для экспресс-оценки нефтяных участков недр, для прогноза разведанных запасов нефти, для прогноза числа нефтяных месторождений.

2) Распределения долей запасов нефти месторождений по рангам.

3) Схемы распределения критериев оценки нефтяных участков недр по территории Пермского края с переоценкой перспектив лицензирования.

Степень достоверности

Достоверность научных положений оценена сопоставлением расчетных параметров с фактически наблюдаемыми. Каждая построенная модель проверена на предмет достоверности результатов, которые можно получить в результате ее использования. С применением рекомендаций, приведенных в работе, осуществлены расчеты прогнозных параметров для участков недр, предлагавшихся в пользование на территории Пермского края в 2010 – 2013 годах. Расчеты свидетельствуют о соответствии полученных оценок результатам предоставления участков недр в пользование.

Апробация результатов

Построенные схемы распределения критериев оценки нефтяных участков

недр используются в Филиале ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИ-ПИНЕФТЬ» в г.Перми при оценке нефтяных участков недр, планирующихся к предоставлению в пользование на территории Пермского края.

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на конференциях молодых ученых и специалистов ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» (2007 – 2013 гг.), международной научно-технической конференции «Проблемы рационального природопользования» (2008 г.), международной научно-технической конференции «Нефтегазовое и горное дело» (2009 г.), научно-практической конференции ПГТУ (2006 г.).

Объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, девяти разделов и заключения. Объем работы – 184 страницы, включая 21 рисунок, 45 таблиц, список литературы из 106 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 дано краткое описание положений действующего законодательства в области недропользования, описана текущая практика предоставления нефтяных участков недр в пользование, проанализированы интересы недропользователей и государства, описаны применяемые подходы к оценке нефтяных участков недр, приведены сведения о критериях оценки участков.

Действующий порядок предоставления участков в пользование предполагает оценку нефтяных участков недр в два этапа:

1) Экспресс-оценка. Оценка участков производится при публикации перечней предлагаемых для предоставления в пользование участков недр, в которые могут включаться до нескольких сотен участков недр в различных регионах России. На данном этапе с использованием упрощенных критериев требуется определить наиболее перспективные участки для дальнейшей оценки.

2) Оценка с расчетом экономических критериев. На данном этапе по наиболее перспективным участкам осуществляется прогноз запасов участка, объемов ГРП, показателей разработки, осуществляется расчет итоговых экономических критериев (NPV, EMV, IRR и пр.). Решение о приобретении участка принимается по результатам расчета экономических критериев.

В рамках анализа применяемых методик прогноза геологических параметров при оценке нефтяных участков недр рассмотрены следующие методы:

1. Метод переводных коэффициентов.

Основы метода приведены в методике расчета минимального (стартового) размера разового платежа за пользование недрами. Применяется Распорядителями недр для расчета величины стартовых и разовых платежей, а также недропользователями для экспресс-оценки участков. Суть метода заключается в прогнозе разведанных запасов по участку недр исходя из его начальных ресурсов (запасов) по категориям. Прогноз разведанных запасов осуществляется перемножением начальных ресурсов (запасов) на соответствующие категориям ресурсов (запасов) переводные коэффициенты. Переводные коэффициенты закреплены однозначно и не дифференцированы по регионам и элементам районирования.

Недостаток метода: метод не позволяет учесть специфику ГРП в районе работ, что предполагает возможность ошибок при прогнозировании прироста запасов на конкретном участке недр и позволяет охарактеризовать метод как недостаточно информативный.

2. Метод с использованием распределения Парето.

Применение метода описано в монографии «Геолого-экономическая оценка нефтегазовых объектов (на примере Пермского края)», выполненной в институте «ПермНИПИнефть». При использовании метода ресурсы подготовленных структур перемножаются на коэффициенты достоверности, в результате чего определяется прогнозный прирост запасов нефти по результатам ГРП. Запасы разбиваются по нефтегазоносным комплексам, залежам и месторождениям с использованием распределения Парето. Метод применяется недропользователями при оценке нефтяных участков недр.

Недостаток метода: метод ограничен в области применения в связи с тем, что расчеты коэффициентов достоверности произведены только для категории ресурсов C_3 . Многие из участков, предлагаемых для предоставления в пользование, содержат в себе прогнозные ресурсы категорий D_1 и D_2 , часто участки могут содержать в себе ресурсы и запасы различных категорий.

3. Метод вероятностной оценки.

Применяется недропользователями для оценки участков недр на этапе их приобретения, а также при аудите ресурсов и планировании ГРП на имеющихся в пользовании лицензионных участках. При вероятностной оценке с привлечением специализированного программного обеспечения строится распределение ресурсов по каждому геологическому объекту, определяются вероятности геологического успеха, минимальный экономический размер месторождения, вероятности экономического успеха, строится распределение ресурсов в случае экономического успеха. Осуществляется полноценная оценка объектов на запасы, соответствующие вариантам P_{10} , P_{50} , P_{90} , P_{mean} .

Недостатки метода: высокая трудоемкость, что не позволяет применять метод для экспресс-оценки участков, требования к наличию специализированного программного обеспечения и полного объема геологической информации по объектам.

4. Метод экспертных оценок (эвристический метод).

Метод заключается в привлечении экспертов, которые на основании собственного опыта и интуиции, с привлечением фактической информации оценивают перспективность участка и/или расчетные параметры проекта его освоения. Метод применяется недропользователями при определении отдельных параметров в рамках оценки участков недр, а также при экспресс-оценке, когда на основе ограниченного числа характеристик участков делаются выводы о перспективах их приобретения.

Недостатки метода: высокий уровень субъективности, и, как следствие – недостаточная информативность.

Целесообразность приобретения всех нефтяных участков недр в Пермском крае оценивалась с использованием четырех перечисленных методов. Если рассматривать лицензионные участки недр, на которых крупнейшими недрополь-

зователями Пермского края проводились ГРР, то можно отметить, что на 60% из них не было открыто ни одного нефтяного месторождения, введенного в промышленную разработку. Учитывая, что решение о приобретении лицензии во всех случаях принимается только для перспективных участков, среднюю информативность четырех методов можно оценить не более 40%.

В главе 2 приведены общие сведения о геологическом строении, состоянии ГРР и нефтедобычи на территории исследований – в Пермском крае, описана информационная база для анализа.

Изначально планировалось ограничиться нефтяными участками недр Пермского края, на которые были выданы лицензии вида НР и НП. Однако в процессе работы обнаружилась недостаточность объема информации, связанная с непродолжительностью функционирования государственной системы лицензирования. В связи с этим объем информации дополнен геологоразведочными площадями, работы на которых осуществлялись с 1978 по 1992 год. Объем исходной информации включает 83 лицензии на 41 участок недр, а также 45 геологоразведочных площадей.

Предлагая нефтяные участки недр в пользование, Распорядители недр публикуют информацию об участках, которая представляет собой типовой набор сведений, на основании которых недропользователи принимают решения о целесообразности приобретения участков. В связи с этим, базовую основу использованных *характеристик участков* сформировали типовые сведения об участках, публикуемые Распорядителями недр в СМИ, а именно: расстояние до ближайшего месторождения ($R_{\text{мест}}$), расстояние до нефтепровода ($R_{\text{нефт}}$), изученность поисково-разведочным бурением ($I_{\text{бур}}$), изученность сейсморазведкой ($I_{\text{сейсм}}$), извлекаемые запасы категории C_1 ($C_{1\text{нач}}$), извлекаемые запасы категории C_2 ($C_{2\text{нач}}$), извлекаемые ресурсы категории C_3 ($C_{3\text{нач}}$), извлекаемые ресурсы категории D_1 ($D_{1\text{нач}}$), извлекаемые запасы категорий C_1+C_2 ($C_1C_{2\text{нач}}$), извлекаемые ресурсы категорий C_3+D_1 ($C_3D_{1\text{нач}}$), площадь участка (S). Дополнительно рассмотрены характеристики расположения относительно ККСП: расстояние до оси ККСП ($R_{\text{ККСП}}$), толщина верхнедевонских карбонатных отложений ($H_{\text{Д3карб}}$), толщина нижнекаменноугольных терригенных отложений ($H_{\text{С1терр}}$) и производные характеристики, которые представляют собой отношения сырьевой базы участков по категориям к их площади, а именно: плотность запасов категории C_1 ($P_{\text{С1нач}}$), плотность запасов категории C_2 ($P_{\text{С2нач}}$), плотность ресурсов категории C_3 ($P_{\text{С3нач}}$), плотность ресурсов категории D_1 ($P_{\text{Д1нач}}$), плотность запасов категорий C_1+C_2 ($P_{\text{С1С2нач}}$), плотность ресурсов категорий C_3+D_1 ($P_{\text{С3Д1нач}}$), плотность начальных суммарных ресурсов ($P_{\text{НСР}}$). В состав характеристик также включены характеристики, значения которых становятся известными по окончании работ – это проведенные на участке объемы ГРР: объем поисково-разведочного бурения ($V_{\text{бур}}$), объем сейсморазведки 2Д ($V_{\text{сейсм2Д}}$), объем сейсморазведки 3Д ($V_{\text{сейсм3Д}}$), а также полученный по результатам ГРР прирост запасов категорий ABC_1 (Z_{ABC1}). Всего, участки описаны 25 характеристиками, поделенными на 8 групп.

Среди участков недр выделено 4 *вида*: геологоразведочные площади (участки, работы на которых проводились без лицензий), лицензионные участ-

ки (участки, на которые были оформлены лицензии), поисковые (участки, на которых преимущественно велись работы по поискам и оценке) и разведочные участки (участки, на которых преимущественно велись разведочные работы).

В главе 3 предложены методические приемы для оценки нефтяных участков недр. Для участков принят критерий *эффективности* – наличие введенных в разработку нефтяных месторождений (продуктивных структур), открытых и разведанных в результате ГРП на участке. С использованием принятого критерия, участки поделены на две группы: эффективные (46,5% участков) и неэффективные (53,5% участков). С помощью t-теста Стьюдента проверена гипотеза о равенстве средних значений в группах для каждой из характеристик. Для всех участков в целом, гипотеза о равенстве средних значений отклонена для 12 характеристик из 24 (характеристика Z_{ABC1} не рассматривалась), т.е. 50% характеристик обладают способностью разделять участки на группы.

Далее с помощью пошагового *дискриминантного анализа* построены модели для прогноза отнесения участков к группе эффективных. Модели построены отдельно для выделенных видов участков, а также для *классов* участков, т.е. с разделением участков по элементам районирования и зонам ККСП. Модели для видов участков и класса «борт ККСП» (бортовая зона ККСП), представлены в табл. 1.

Модели для прогноза эффективности участков

Таблица 1

Виды / классы	Дискриминантная функция	n	χ^2 / p	R	%
все участки					
в целом	$Z^1_{Об} = 0,00003V_{бур} - 0,01799R_{ККСП} + 0,23639I_{бур} + 0,00329H_{D3карб} - 0,00036S + 0,00007C3_{нач} + 0,00002C2_{нач} - 2,22029$	86	$\frac{56,7}{0,000}$	0,71	85
борт ККСП	$Z^1_{Борт} = -0,00073S + 0,00002V_{бур} + 0,00006D1_{нач} + 0,00004C2_{нач} + 0,00003C3_{нач} - 0,30758$	41	$\frac{18,8}{0,002}$	0,63	81
геологоразведочные площади					
в целом	$Z^2_{Об} = 0,00004V_{бур} + 0,00549H_{D3карб} + 0,25182I_{бур} - 0,01562R_{ККСП} + 0,00004C3_{нач} + 0,00080P_{НСР} - 3,32062$	45	$\frac{36,3}{0,000}$	0,77	87
борт ККСП	$Z^2_{Борт} = 0,54886I_{бур} + 0,00008C3_{нач} + 0,00001V_{бур} - 3,04508$	17	$\frac{8,0}{0,045}$	0,67	88
лицензионные участки					
в целом	$Z^3_{Об} = 0,00002V_{бур} - 0,02253R_{мест} + 0,01841P_{C1C2_{нач}} + 0,00009D1_{нач} + 0,00198H_{D3карб} + 0,00007C3_{нач} - 1,83436$	41	$\frac{25,8}{0,000}$	0,72	83
борт ККСП	$Z^3_{Борт} = -0,00059S + 0,00002V_{бур} + 0,00015C2_{нач} + 0,00006D1_{нач} + 0,00006C3_{нач} - 0,37297$	24	$\frac{14,7}{0,012}$	0,73	83
поисковые участки					
в целом	$Z^4_{Об} = 0,00003V_{бур} + 0,00012C3_{нач} + 0,14855I_{бур} + 0,00003C1C2_{нач} + 0,00148H_{D3карб} + 0,04316P_{D1_{нач}} - 2,46392$	71	$\frac{39,0}{0,000}$	0,67	86
борт ККСП	$Z^4_{Борт} = 0,00002V_{бур} - 0,00063S + 0,00006C3_{нач} + 0,00007D1_{нач} - 0,43769$	31	$\frac{15,4}{0,004}$	0,66	84
разведочные участки					
в целом	$Z^5_{Об} = 0,02582P_{НСР} + 0,00169S + 0,00001C1C2_{нач} + 0,02971I_{бур} + 0,00086H_{C1терр} - 3,37224$	15	$\frac{13,3}{0,021}$	0,85	100

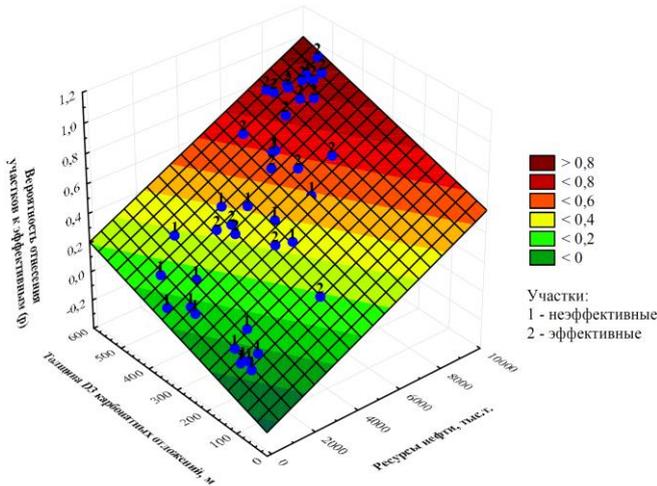


Рис. 1. Зависимость между вероятностями отнесения участков к эффективным, толщинами верхнедевонских карбонатных отложений и ресурсами нефти

охотно шли на риск и успешно осваивали объекты на новых, удаленных от традиционных районов нефтедобычи территориях.

С использованием полученных моделей, рассчитаны вероятности отнесения участков к эффективным. На рис. 1 для поисковых участков приведена зависимость между вероятностью отнесения участков к эффективным (p), характеристиками толщины верхнедевонских карбонатных отложений ($H_{D3карб}$) и

начальных ресурсов нефти ($C3D1_{нач}$) с разделением участков на группы. Для наглядности представления полученных результатов, выполнена интерполяция вероятностей отнесения участков к эффективным по территории Пермского края. Построенная схема приведена на рисунке 2 и иллюстрируют районирование территории Пермского края по степени перспективности работ по приобретению и освоению новых нефтяных участков недр. Как видно из построенной схемы, наибольшие перспективы лицензирования в пределах Пермского края связаны с южными и юго-восточными территориями, с бортами Камско-Кинельской системы прогибов, с районом Соликамской депрессии.

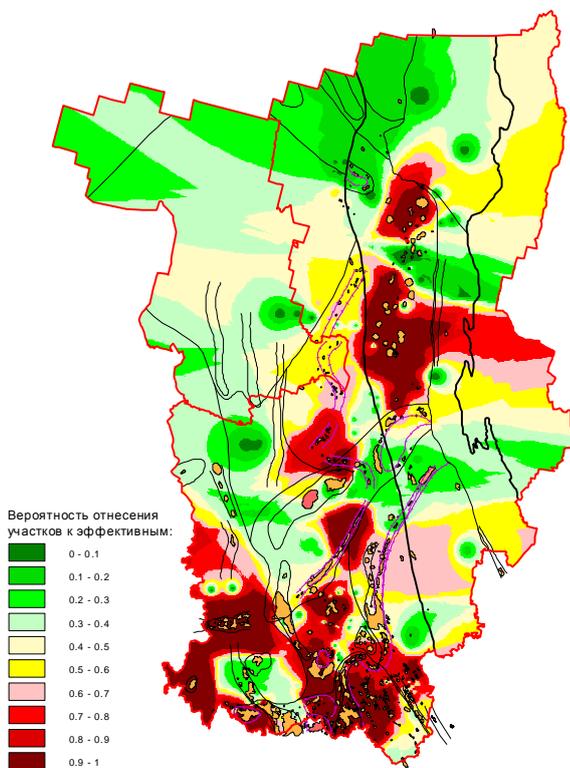


Рис. 2. Схема распределения вероятностей отнесения участков к эффективным по территории Пермского края

Рассмотренные в работе нефтяные участки недр предусматривают этап геологического изучения. Задача прогноза разведанных запасов нефти по таким участкам сводится к задаче прогноза прироста

Всего построено 48 моделей. Наиболее часто в моделях присутствуют характеристики $I_{бур}$, $C3_{нач}$, $C1C2_{нач}$, $R_{D1нач}$, $R_{НСР}$, $H_{D3карб}$, S , $V_{бур}$. Более чем в 50% моделей присутствуют характеристики $H_{D3карб}$ и $V_{бур}$. Отмечается, что характеристики расположения относительно объектов инфраструктуры ($R_{мест}$, $R_{нефт}$) встречаются в 67% моделей, построенных для лицензионных участков. В моделях, построенных для геологоразведочных площадей, данные характеристики отсутствуют совсем. Судя по всему, это свидетельствует о том, что до 1992 г., недропользователи более

запасов нефти по результатам ГРП. Прирост извлекаемых запасов категорий ABC_1 по рассмотренным участкам выражен итоговой характеристикой Z_{ABC_1} . Корреляционный анализ показывает, что значимые связи с характеристикой Z_{ABC_1} зафиксированы для 9 характеристик из 24 по всем участкам без деления на виды. Наиболее сильные связи ($R > 0,5$) зафиксированы для характеристик $C_{2нач}$, $P_{C_{2нач}}$, $P_{C_{1C_{2нач}}}$, $V_{бур}$. Влияние начальных запасов категории C_2 (характеристики $C_{2нач}$, $P_{C_{2нач}}$, $P_{C_{1C_{2нач}}}$) очень сильно выражено для разведочных участков, для поисковых участков имеются сильные связи с характеристиками $P_{НСР}$, $V_{сейсм2Д}$, $V_{сейсм3Д}$.

Методом пошагового регрессионного анализа построены модели для прогноза разведанных запасов. Для повышения информативности, участки с экстремальными фактическими и модельными значениями Z_{ABC_1} исключены из обучающей выборки. Построенные модели (частично) представлены в табл. 2.

Модели для прогноза прироста разведанных запасов

Таблица 2

Виды / классы	Уравнение регрессии (тыс. т.)	n	F / p	R
все участки				
в целом	$Z_{ABC_1}^1_{Об(м)} = 49,56103P_{C_{2нач}} + 0,02768V_{бур} + 32,4837P_{Д1нач} + 0,29311C_{2нач} + 1,34642P_{C_{3нач}} - 2,98978R_{ККСП} - 133,6$	82	$\frac{50,5}{0,000}$	0,90
борт ККСП	$Z_{ABC_1}^1_{Борт(м)} = 61,05984P_{C_{2нач}} - 0,02979V_{бур} + 30,25342P_{Д1нач} + 0,86292P_{НСР} + 8,30127P_{C_{3нач}} - 98,5$	40	$\frac{17,2}{0,000}$	0,85
геологоразведочные площади				
в целом	$Z_{ABC_1}^2_{Об(м)} = 0,03708V_{бур} + 1,70057P_{НСР} + 1,70881H_{D3карб} + 0,00681C_{3нач} - 578,8$	42	$\frac{11,0}{0,000}$	0,74
борт ККСП	$Z_{ABC_1}^2_{Борт(м)} = 62,65366P_{C_{2нач}} + 0,03615V_{бур} + 0,00859C_{3Д1нач} + 0,46147P_{НСР} - 325,8$	16	$\frac{5,9}{0,009}$	0,83
лицензионные участки				
в целом	$Z_{ABC_1}^3_{Об(м)} = 0,02830V_{бур} + 46,24159P_{C_{2нач}} + 11,65692V_{сейсм3Д} + 30,83079P_{C_{3Д1нач}} + 0,35098C_{2нач} - 693,8$	41	$\frac{34,6}{0,000}$	0,91
борт ККСП	$Z_{ABC_1}^3_{Борт(м)} = 36,58271P_{C_{1C_{2нач}}} + 0,042763C_{2нач} + 0,01490V_{бур} + 29,70419P_{C_{3Д1нач}} - 104,6$	24	$\frac{19,7}{0,000}$	0,90
поисковые участки				
в целом	$Z_{ABC_1}^4_{Об(м)} = 0,02707V_{бур} + 0,02184C_{1нач} + 3,02296V_{сейсм3Д} + 1,11613P_{НСР} + 0,02617C_{3нач} + 17,40530P_{Д1нач} - 370,2$	70	$\frac{25,2}{0,000}$	0,84
борт ККСП	$Z_{ABC_1}^4_{Борт(м)} = 0,02675V_{бур} + 25,27565P_{C_{1нач}} + 4,11681V_{сейсм3Д} + 34,07410P_{C_{3Д1нач}} + 0,03369V_{сейсм2Д} - 587,2$	30	$\frac{28,8}{0,000}$	0,93
разведочные участки				
в целом	$Z_{ABC_1}^5_{Об(м)} = 0,77741C_{2нач} - 45,78257R_{нефт} + 0,04376V_{бур} + 0,11393C_{3Д1нач} - 1,42612S - 805,3$	15	$\frac{18,6}{0,000}$	0,96

Всего построено 40 моделей. Модели преимущественно включают в себя характеристики сырьевой базы, производные характеристики и объемы ГРП, что объясняется тесной связью характеристик данных групп с характеристикой итогового прироста запасов. Характеристики других групп встречаются редко, что отличает построенные модели от дискриминантных функций для прогноза эффективности участков. На рисунке 3 приведена схема распределения прогнозных значений прироста разведанных запасов (приходящегося на один уча

сток недр) по территории Пермского края.

Из сравнения характеристики $V_{\text{бур}}$ с характеристикой Z_{ABC_1} проистекает характеристика эффективности поисково-разведочного бурения, которая выражается в тоннах полученного прироста запасов категорий ABC_1 на метр бурения. Данная характеристика является ключевой в определении эффективности ГРП, ее прогнозное значение для участка недр отражает его перспективность.

Для участков рассчитаны значения полученной по результатам работ эффективности поисково-разведочного бурения, характеристике условно присвоено обозначение $E_{\text{бур}}$. Модели для прогноза эффективности поисково-разведочного бурения построены методом пошагового регрессионного анализа и представлены (частично) в табл. 3. Участки с экстремальными фактическими и модельными значениями $E_{\text{бур}}$ исключены из обучающей выборки.

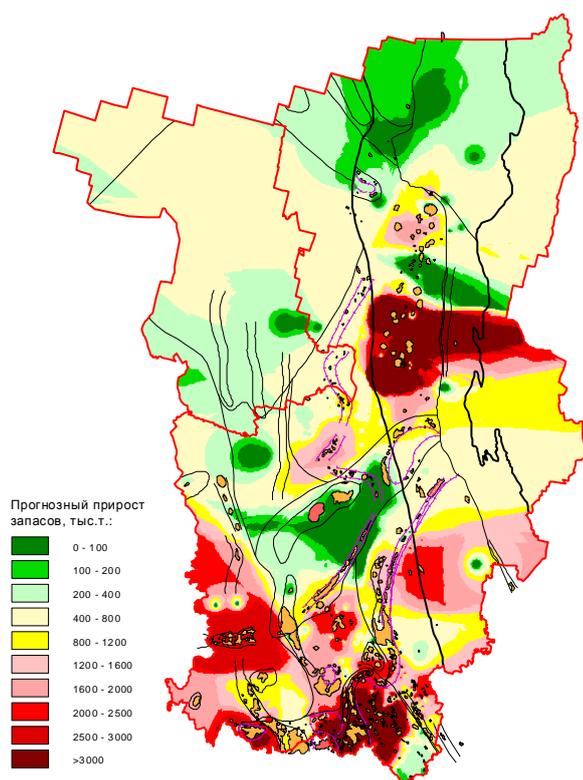


Рис. 3. Схема распределения прогнозных значений прироста запасов по территории Пермского края

значениями $E_{\text{бур}}$ исключены из обучающей выборки.

Модели для прогноза эффективности поисково-разведочного бурения

Таблица 3

Виды / классы	Уравнение регрессии (т/м)	n	F / p	R
все участки				
в целом	$E_{\text{бур}}^1_{\text{Об(м)}} = 1,79574P_{\text{C2нач}} + 1,26586P_{\text{Д1нач}} + 0,07247H_{\text{Д3карб}} - 0,26653R_{\text{ККСП}} + 0,10105V_{\text{сейсм3Д}} - 1,48086I_{\text{бур}} - 6,97$	85	$\frac{36,1}{0,000}$	0,86
борт ККСП	$E_{\text{бур}}^1_{\text{Борт(м)}} = 1,80377P_{\text{C2нач}} + 1,40777P_{\text{Д1нач}} - 0,19387R_{\text{мест}} + 0,01091P_{\text{НСР}} + 0,08152V_{\text{сейсм3Д}} + 23,06$	40	$\frac{25,3}{0,000}$	0,89
геологоразведочные площади				
в целом	$E_{\text{бур}}^2_{\text{Об(м)}} = 1,46977P_{\text{C2нач}} - 0,28825P_{\text{Д1нач}} + 0,07513H_{\text{Д3карб}} - 0,08532R_{\text{мест}} + 0,00397V_{\text{сейсм2Д}} - 6,27$	44	$\frac{7,7}{0,000}$	0,71
борт ККСП	$E_{\text{бур}}^2_{\text{Борт(м)}} = 1,32058P_{\text{C2нач}} - 0,04674R_{\text{мест}} + 0,05094P_{\text{НСР}} + 0,00045C3Д1_{\text{нач}} + 22,72$	16	$\frac{4,2}{0,027}$	0,78
лицензионные участки				
в целом	$E_{\text{бур}}^3_{\text{Об(м)}} = 1,19577P_{\text{C2нач}} + 1,46470P_{\text{Д1нач}} + 0,13758V_{\text{сейсм3Д}} + 0,50660P_{\text{C1C2нач}} + 0,01078H_{\text{Д3карб}} - 0,23468R_{\text{мест}} + 5,62$	40	$\frac{60,5}{0,000}$	0,96
борт ККСП	$E_{\text{бур}}^3_{\text{Борт(м)}} = 0,04505C2_{\text{нач}} + 1,48992P_{\text{Д1нач}} - 0,03737R_{\text{мест}} + 7,61$	23	$\frac{16,7}{0,000}$	0,87
поисковые участки				
в целом	$E_{\text{бур}}^4_{\text{Об(м)}} = 0,14271V_{\text{сейсм3Д}} + 0,00058C1C2_{\text{нач}} + 0,02803H_{\text{Д3карб}} + 0,86846P_{\text{Д1нач}} - 0,03129R_{\text{мест}} - 1,33$	70	$\frac{12,0}{0,000}$	0,70

Виды / классы	Уравнение регрессии (т/м)	n	F / p	R
борт ККСП	$E_{\text{бур}}^4_{\text{Борт(м)}} = 2,29175R_{\text{Д1нач}} - 0,04082R_{\text{мест}} + 0,14867V_{\text{сейсмЗД}} + 0,00059C_1C_{2\text{нач}} + 4,43$	29	$\frac{5,8}{0,001}$	0,73
разведочные участки				
в целом	$E_{\text{бур}}^5_{\text{Об(м)}} = 1,51107R_{\text{С1С2нач}} + 1,23239R_{\text{Д1нач}} + 0,05332H_{\text{ДЗкарб}} + 14,68$	13	$\frac{23,6}{0,000}$	0,94

Всего построено 38 моделей. По сравнению с приведенными выше моделями, модели для прогноза $E_{\text{бур}}$ редко содержат характеристики из группы сырьевой базы. Уравнения регрессии содержат преимущественно производные характеристики, что говорит о том, что плотности начальных запасов (ресурсов) на единицу площади участка сильнее влияют на эффективность бурения по сравнению с запасами (ресурсами) участков в абсолютном исчислении. Влияние проведенных на участках объемов сейсморазведки на $E_{\text{бур}}$, судя по составу характеристик в моделях, является сильно выраженным. Практически по всем выделенным видам и классам участков, данные характеристики присутствуют более чем в половине построенных моделей за исключением моделей, построенных для геологоразведочных площадей и моделей, построенных с разделением по зонам ККСП.

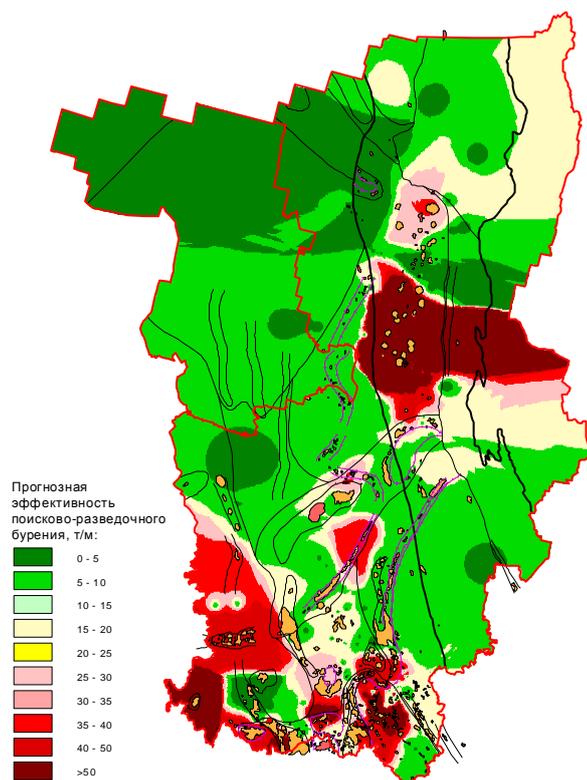


Рис. 4. Схема распределения прогнозных значений эффективности поисково-разведочного бурения по территории Пермского края

В первом случае, причина видимо заключается в отсутствии характеристики объема сейсморазведки 3Д, а также из-за особенностей проведения сейсморазведочных работ в советское время (большие объемы работ на удаленных, высокорисковых территориях). Во втором случае – в значительном влиянии производных характеристик, а также характеристик сырьевой базы для участков бортовой зоны ККСП. На рисунке 4 приведена схема распределения прогнозных значений эффективности поисково-разведочного бурения по территории Пермского края.

Построение уравнений регрессии для прогноза разведанных запасов является одним из возможных методов решения задачи. Не менее важным видится поиск альтернативных подходов. Широко применяется метод *переводных коэффициентов*, реализованный в утвержденных государственными органами методических документах. Как было указано выше, метод переводных коэффициентов в применяемой форме не дает приемлемых результатов из-за того, что не позволяет учесть региональную специфику района работ и требует адаптации.

По участкам прослежена история перевода ресурсов (запасов) геологических объектов из одной категории в другую. Полученные в результате анализа переводные коэффициенты (табл. 4) не являются аналогами традиционных переводных коэффициентов, рассчитанных с использованием выборок, составленных из структур и геологических объектов, т.к. при расчетах учтены начальные ресурсы (запасы) по всем геологическим объектам в границах участка недр и итоговые значения прироста запасов категорий ABC_1 , полученные в результате геологического изучения. То есть в начальной ресурсной базе участков учтены ресурсы (запасы) также и тех геологических объектов, работы на которых по каким-либо причинам не проводились. Полученные переводные коэффициенты для категории запасов C_2 изменяются от 0,14 до 0,80; для категории ресурсов C_3 – от 0,08 до 0,53; для категории ресурсов D_1 – от 0,02 до 0,18. Переводные коэффициенты для лицензионных участков выше, чем для геологоразведочных площадей. Переводные коэффициенты для разведочных участков выше, чем для поисковых участков. Данные закономерности являются ярко выраженными.

С целью выявления неучтенных факторов влияния на прирост запасов, для каждого участка найдено отношение фактического прироста запасов к прогнозному, полученному с использованием вычисленных переводных коэффициентов. Полученному отношению условно присвоено название *поправочного коэффициента* (K_{Π}). С помощью корреляционного анализа выявлены характеристики, значимо влияющие на величину K_{Π} . По всем участкам без деления на классы, из 12 характеристик, не относящихся к группам сырьевой базы и производным характеристикам, значимые корреляционные связи зафиксированы для 4 характеристик: $R_{НСР}$, $V_{бур}$, $V_{сейсм2Д}$, $V_{сейсм3Д}$. Для лицензионных участков имеется значимая связь с характеристикой $H_{D3карб}$, а также сильная связь ($R=0,63$) с характеристикой $V_{сейсм3Д}$. Учитывая наличие выявленных связей, для повышения информативности прогноза разведанных запасов с помощью переводных коэффициентов, построены модели для прогноза величины K_{Π} . Модели, построенные с применением метода пошагового регрессионного анализа представлены (частично) в табл. 4. Участки с экстремальными фактическими и модельными значениями K_{Π} исключены из обучающей выборки.

Переводные коэффициенты, а также модели для прогноза величины K_{Π} (поправочного коэффициента)

Таблица 4

Виды / классы	Переводные коэффициенты по категориям			Регрессионный анализ для прогноза величины K_{Π}			
	C_2	C_3	D_1	Уравнения регрессии	n	F / p	R
все участки							
В целом	0,63	0,17	0,14	$K_{\Pi}^{1\text{Об(м)}} = 0,00002V_{бур} + 0,00563V_{сейсм3Д} - 0,00020S + 0,00025H_{D3карб} - 0,00049R_{мест} + 0,06$	82	$\frac{23,0}{0,000}$	0,78

Виды / классы	Переводные коэффициенты по категориям			Регрессионный анализ для прогноза величины K_{Π}			
	C_2	C_3	D_1	Уравнения регрессии	n	F / p	R
борт ККСП	0,60	0,25	0,14	$K_{\Pi}^1_{\text{Борт(м)}} = 0,00001V_{\text{бур}} + 0,00137P_{\text{НСР}} - 0,00227R_{\text{нефт}} + 0,34$	35	$\frac{3,4}{0,029}$	0,50
геологоразведочные площади							
в целом	0,71	0,14	0,12	$K_{\Pi}^2_{\text{Об(м)}} = 0,00261H_{\text{D3карб}} + 0,00001V_{\text{бур}} - 0,00596R_{\text{ККСП}} + 0,00011V_{\text{сейсм2Д}} + 0,00205P_{\text{НСР}} - 0,50$	41	$\frac{5,1}{0,001}$	0,65
борт ККСП	0,60	0,20	0,18	$K_{\Pi}^2_{\text{Борт(м)}} = -0,00199S - 0,46882I_{\text{сейсм}} + 0,01190P_{\text{НСР}} + 1,93$	13	$\frac{6,3}{0,014}$	0,82
лицензионные участки							
в целом	0,52	0,28	0,14	$K_{\Pi}^3_{\text{Об(м)}} = 0,00001V_{\text{бур}} + 0,00566V_{\text{сейсм3Д}} - 0,00017S + 0,00022H_{\text{D3карб}} - 0,00342R_{\text{мест}} + 0,23$	41	$\frac{14,1}{0,000}$	0,82
борт ККСП	0,60	0,35	0,14	$K_{\Pi}^3_{\text{Борт(м)}} = 0,00001V_{\text{бур}} + 0,00263V_{\text{сейсм3Д}} - 0,00022S + 0,69$	24	$\frac{4,6}{0,013}$	0,64
поисковые участки							
в целом	0,20	0,13	0,11	$K_{\Pi}^4_{\text{Об(м)}} = 0,00004V_{\text{бур}} - 0,00024S - 0,00741R_{\text{ККСП}} + 0,00363V_{\text{сейсм3Д}} + 0,00082P_{\text{НСР}} + 0,40$	67	$\frac{14,3}{0,000}$	0,73
борт ККСП	0,25	0,22	0,17	$K_{\Pi}^4_{\text{Борт(м)}} = 0,00002V_{\text{бур}} + 0,00098P_{\text{НСР}} + 0,00071V_{\text{сейсм3Д}} - 0,03$	28	$\frac{8,9}{0,000}$	0,73
разведочные участки							
в целом	0,80	0,45	0,17	$K_{\Pi}^5_{\text{Об(м)}} = 0,00510H_{\text{D3карб}} - 0,37883I_{\text{бур}} + 0,00464V_{\text{сейсм3Д}} + 0,43$	11	$\frac{7,5}{0,014}$	0,87

Всего для прогноза K_{Π} построено 23 модели. Наиболее часто в моделях присутствуют характеристики $P_{\text{НСР}}$, $H_{\text{D3карб}}$, а также характеристики объемов ГРР. Интересная особенность связана с редко встречающимися группами характеристик: в моделях, построенных для геологоразведочных площадей, не встречаются характеристики расположения относительно объектов инфраструктуры ($R_{\text{мест}}$, $R_{\text{нефт}}$), но при этом чаще всего встречаются характеристики геолого-геофизической изученности ($I_{\text{бур}}$, $I_{\text{сейсм}}$). В моделях, построенных для лицензионных участков, напротив: отсутствуют характеристики геолого-геофизической изученности, но чаще всего встречаются характеристики расположения относительно объектов инфраструктуры. Судя по всему, это связано с тем, что в последние годы недропользователи проводили ГРР преимущественно вблизи разрабатываемых месторождений, где были получены высокие приросты запасов, что привело к зависимости конечных результатов работ от расположения участков. Для геологоразведочных участков данный фактор имеет меньшее значение, но в условиях большей дифференцированности изученности территории края геолого-геофизическими методами это привело к большему числу характеристик данной группы в построенных моделях.

Поправочный коэффициент является множителем, позволяющим корректировать результаты расчетов при использовании переводных коэффициентов. В результате сопоставления прогнозных и фактических значений прироста запасов, установлено, что ввод в формулу расчета K_{Π} позволил увеличить коэффициент корреляции R для всех классов участков (наиболее сильно – для поисковых, а также для отдельных классов лицензионных участков и всех участков в целом). Выполненный анализ свидетельствует, что использование поправочного коэффициента K_{Π} при прогнозе разведанных запасов по методу переводных коэффициентов приводит к увеличению информативности прогноза.

Прогноз *структуры открытий* включает в себя прогноз числа нефтяных месторождений, запасов нефти месторождений, глубины залегания запасов.

На рассмотренных участках произведено 230 открытий. В качестве открытий приняты продуктивные структуры, поставленные на баланс предприятий в качестве отдельных месторождений, а также поставленные на баланс в составе открытых ранее месторождений. Средние извлекаемые запасы одного открытия – 299 тыс.т. На лицензионных участках совершено 168 открытий, на геологоразведочных площадях – 62 открытия. При этом средние запасы открытия для геологоразведочных площадей выше на 51,1% средних запасов открытия для лицензионных участков. Наиболее результативными на открытия являются платформенные участки. В среднем, на один платформенный участок приходится 3,7 открытий. Участки Предуральяского краевого прогиба (ПКП) менее результативны. На один участок ПКП в среднем приходится 0,8 открытий, но средние запасы открытия ПКП в 3,2 раза выше средних запасов открытия платформы.

По всем участкам без деления на виды, значимые корреляционные связи с числом открытий зафиксированы для 16 характеристик из 24. Наиболее сильные связи ($R > 0,5$) зафиксированы для характеристики $R_{НСР}$, а также для характеристик группы итоговых объемов ГРП. Модели для прогноза *числа нефтяных месторождений*, построенные с применением метода пошагового регрессионного анализа, представлены (частично) в табл. 5. С целью повышения информативности прогноза, из обучающей выборки исключены разведочные участки, которые характеризуются наличием незначительного числа открытий с высокими запасами.

Модели для прогноза числа нефтяных месторождений

Таблица 5

Виды / классы	Уравнение регрессии (шт.)	n	F / p	R
все участки				
в целом	$N_{мест}^1_{Об(м)} = 0,00011V_{бур} + 0,02144V_{сейсмЗД} + 0,00008C1_{нач} - 0,00045S + 0,00001C3Д1_{нач} - 0,37$	71	$\frac{93,1}{0,000}$	0,94
борт ККСП	$N_{мест}^1_{Борт(м)} = 0,00013V_{бур} + 0,00964V_{сейсмЗД} + 0,00002C3Д1_{нач} - 0,42$	31	$\frac{47,3}{0,000}$	0,92
геологоразведочные площади				
в целом	$N_{мест}^2_{Об(м)} = 0,00010V_{бур} + 0,00362H_{D3карб} + 0,03940P_{Д1нач} - 1,77$	35	$\frac{37,8}{0,000}$	0,89

Виды / классы	Уравнение регрессии (шт.)	n	F / p	R
борт ККСИ	$N_{\text{мест}}^2 \text{Борт(м)} = 0,00014V_{\text{бур}} + 0,00007C3_{\text{нач}} + 0,00004D1_{\text{нач}} - 1,16$	11	$\frac{8,1}{0,011}$	0,88
лицензионные участки				
в целом	$N_{\text{мест}}^3 \text{Об(м)} = 0,00010V_{\text{бур}} + 0,01814V_{\text{сейсмЗД}} + 0,00975P_{\text{НСР}} + 0,00007C1_{\text{нач}} + 0,00045C3_{\text{нач}} - 1,57$	36	$\frac{49,8}{0,000}$	0,95
борт ККСИ	$N_{\text{мест}}^3 \text{Борт(м)} = 0,00012V_{\text{бур}} + 0,00005C1C2_{\text{нач}} + 0,00880V_{\text{сейсмЗД}} + 0,00679P_{\text{НСР}} - 0,61$	20	$\frac{25,5}{0,000}$	0,93

Всего построена 21 модель. В моделях отсутствуют характеристики из групп расположения относительно объектов инфраструктуры ($R_{\text{мест}}$, $R_{\text{нефт}}$) и геолого-геофизической изученности ($I_{\text{бур}}$, $I_{\text{сейсм}}$). Учитывая наличие характеристик данных групп в моделях для прогноза разведанных запасов, можно говорить, что эти характеристики больше влияют на размеры месторождений, чем на их число. Часто встречаются характеристики объемов ГРП, сырьевой базы и производные характеристики, причем характеристики сырьевой базы встречаются чаще, чем производные. Указанная особенность отличает модели для прогноза числа нефтяных месторождений от ранее построенных и представляется логичной: даже при высокой плотности начальных запасов (ресурсов) на участке, в случае его небольшой площади, открытий на участке, скорее всего, окажется немного.

Зная прогнозное значение разведанных запасов нефти по участку и число ожидаемых к открытию нефтяных месторождений, возникает вопрос о том, как распределены эти запасы между месторождениями. Фактические данные говорят о том, что запасы по месторождениям не распределены равномерно. Так, например, разведанные запасы самого значительного открытия в пределах Енапаевского участка в 318 раза выше, чем наименее значительного. Стандартной является ситуация, когда два или три наиболее масштабных открытия в пределах одного участка обеспечивают более значительный вклад в суммарный прирост запасов, чем все остальные вместе взятые. Так, на Жуковском участке два открытия из шестнадцати обеспечили 62% суммарного прироста запасов. На Западно-Ножовском участке, три открытия из четырнадцати обеспечили 57 % суммарного прироста запасов.

Аналізу подвергнута структура открытий, совершенных на двух участках из числа наиболее результативных – Жуковском и Чернушинском. Открытиям присвоены ранги. Наиболее значительному по величине запасов открытию присвоен ранг 1, второму по запасам – ранг 2, третьему – ранг 3 и т.д. Далее, запасы открытий поделены на суммарный прирост запасов по участку и вычислены доли запасов открытий в суммарном приросте запасов. Результаты сопоставления рангов открытий и долей их запасов в суммарном приросте по обоим участкам приведены на рис. 5.

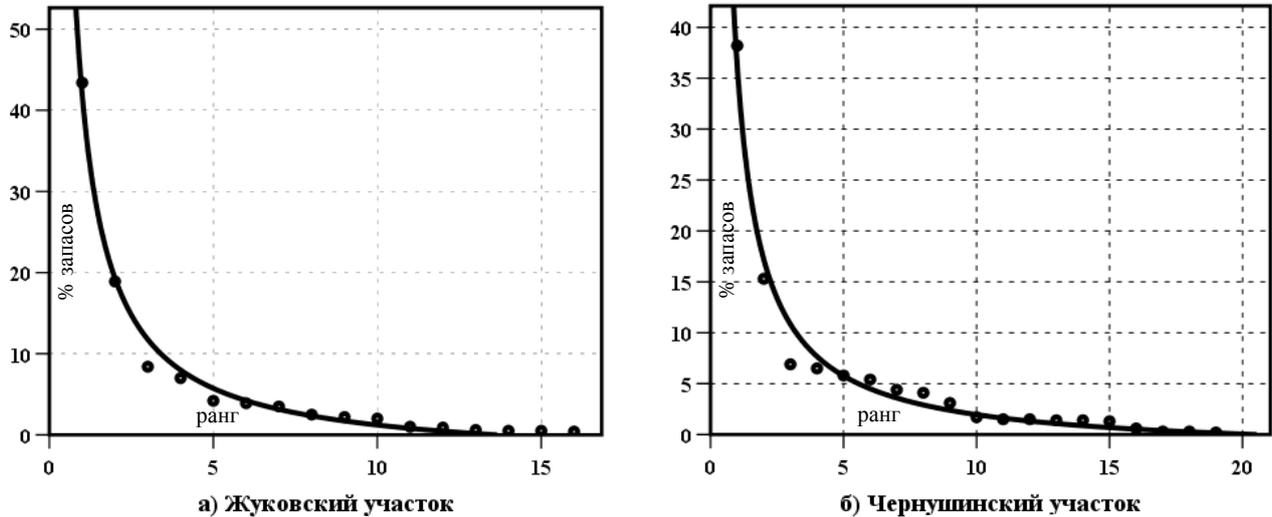


Рис. 5. Сопоставление рангов и долей запасов открытий для Жуковского и Чернушинского участков

Очевидно, что зависимость между рангами открытий и долями их запасов в суммарном приросте не является линейной. По результатам анализа, наиболее удачно аппроксимирующей кривой для такого рода зависимостей признана обратная (гиперболическая) кривая. В табл. 6 приведено сравнение различных видов кривых и показателей качества их аппроксимации для Жуковского и Чернушинского участков.

Аппроксимация связей между рангами открытий и долями из запасов в суммарном приросте

Таблица 6

№	Вид модели	Жуковский участок		Чернушинский участок	
		R^2	F	R^2	F
1	Линейная модель	0,47	12,4	0,45	14,2
2	Логарифмическая модель	0,78	48,9	0,76	52,9
3	Обратная модель	0,99	1226,1	0,98	801,6
4	Квадратичная модель	0,75	19,2	0,69	17,5
5	Кубическая модель	0,89	33,8	0,83	23,7
6	Степенная модель	0,95	292,9	0,87	112,3
7	Экспоненциальная модель	0,95	285,3	0,94	264,7

На основе полученных данных, построены два вида модельных *распределений долей запасов нефти месторождений* по рангам: фактическое и пересчетное. В первом случае, выделялись группы участков по числу открытий (рангов) и вычислялись средние значения долей запасов открытий в суммарном приросте запасов для открытий с рангом 1, с рангом 2 и т.д. Во втором случае, полученные фактические распределения пересчитаны с помощью выбранной нелинейной модели (обратных кривых). Оба распределения для десяти рангов открытий представлены в табл. 7.

Распределения долей запасов нефти месторождений по рангам

Таблица 7

Фактическое распределение										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100 %									
2	72 %	28 %								
3	63 %	24 %	13 %							
4	54 %	23 %	15 %	8 %						
5	49 %	21 %	15 %	9 %	6 %					
6	46 %	20 %	14 %	9 %	6 %	5 %				
7	40 %	20 %	14 %	9 %	7 %	5 %	5 %			
8	39 %	20 %	14 %	9 %	6 %	5 %	4 %	3 %		
9	38 %	19 %	13 %	9 %	6 %	5 %	4 %	3 %	3 %	
10	38 %	17 %	11 %	9 %	6 %	5 %	5 %	4 %	3 %	2 %
Пересчетное распределение										
1	100 %									
2	72 %	28 %								
3	63 %	25 %	12 %							
4	54 %	23 %	14 %	9 %						
5	50 %	22 %	13 %	9 %	6 %					
6	46 %	21 %	13 %	9 %	6 %	5 %				
7	40 %	20 %	13 %	9 %	7 %	6 %	5 %			
8	40 %	19 %	12 %	9 %	7 %	5 %	4 %	4 %		
9	38 %	19 %	12 %	9 %	7 %	5 %	4 %	3 %	3 %	
10	38 %	18 %	12 %	9 %	6 %	5 %	4 %	3 %	3 %	2 %

Механизм использования полученных распределений прост. На примере пересчетного распределения: если на участке к открытию ожидается три нефтяных месторождения, то большее из них (открытие с рангом 1), вероятно, обеспечит 63% от суммарных разведанных запасов участка, второе по запасам (открытие с рангом 2) – 25%, третье (ранг 3) – 12%.

Анализ информативности прогноза с использованием полученных распределений позволил определить пересчетное распределение как более информативное по сравнению с фактическим. Коэффициент корреляции при сопоставлении фактических и прогнозных запасов открытий имеет равное значение ($R=0,94$). Однако пересчетное распределение является более «плавным» и логичным. Фактическое распределение имеет «скачки» долей запасов открытий для отдельных рангов относительно выбранной модели (обратных кривых).

Прогноз *глубины залегания запасов нефти* предложено осуществлять посредством прогнозирования запасов в разрезе нефтегазоносных комплексов (НГК): эйфельско-кыновский, верхнедевонско-турнейский, визейский, среднекаменноугольный, верхнекаменноугольно-нижнепермский. Для открытий, совершенных на участках выявлена следующая закономерность: в разрезе открытий, имеющих наиболее значительные запасы, как правило, продуктивно больше НГК. Так, например, более трех продуктивных НГК не встречено в разрезе ни одного из открытий. Залежи в трех НГК встречены в разрезе 15 из 229 от-

крытий (7%), в двух НГК – в разрезе 71 открытия из 229 (31%), в одном НГК – в разрезе 143 открытий из 229 (62%).

В рамках работы рассчитаны доли запасов открытий, приходящиеся на НГК с разделением участков на классы. Среди открытий всех участков без деления на классы, 3% запасов приходится на эйфельско-кыновский НГК, 24% – на верхнедевонско-турнейский НГК, 53% – на визейский НГК, 20% – на среднекаменноугольный НГК, 0,2% – на верхнекаменноугольно-нижнепермский НГК. По классам участков: доли запасов открытий, приходящиеся на эйфельско-кыновский НГК варьируются от 0% до 46% (Верхнекамская впадина), на верхнедевонско-турнейский НГК – от 0% до 61% (Березниковская зона нефтегазонакопления), на визейский НГК – от 1% (Березниковская зона нефтегазонакопления) до 100% (Майкорская зона нефтегазонакопления), на среднекаменноугольный НГК – от 0% до 60% (класс участков вне ККСП), на верхнекаменноугольно-нижнепермский НГК – от 0% до 1% (Соликамский НГР).

Использование методических приемов, предложенных в работе применительно к нефтяным участкам, предлагавшимся в пользование на территории Пермского края в 2010-2013 годах, позволило выделить три наиболее перспективных участка – Вишерский, Поспеловский и Пожвинский. Результаты прогноза эффективности совпали с оценками недропользователей – все три участка переданы в пользование и на них успешно ведутся геологоразведочные работы. Прогноз прироста запасов в сравнении с оценками недропользователей по Поспеловскому участку практически совпал (2700 / 3052 тыс.т.), по Вишерскому участку оказался оптимистичней (4700 / 3060 тыс.т.), по Пожвинскому пессимистичней (2100 / 3875 тыс.т.) оценок недропользователя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты работы заключаются в разработке:

- 1) Геолого-математических моделей для экспресс-оценки нефтяных участков недр.
- 2) Методики прогноза разведанных запасов нефти участка недр с использованием переводных и поправочного коэффициента. Рассчитаны значения переводных коэффициентов, построены геолого-математические модели для прогноза значений поправочного коэффициента.
- 3) Геолого-математических моделей для прогноза числа нефтяных месторождений.
- 4) Модельных распределений долей запасов нефти месторождений по рангам, распределения запасов нефти по НГК.
- 5) Схем распределения предложенных критериев оценки нефтяных участков недр по территории Пермского края.

Полученные результаты рекомендуется использовать при оценке нефтяных участков недр.

Список работ, опубликованных автором:**Издания, рекомендованные ВАК:**

1. Соловьев С.И. Рекомендации к выбору объектов лицензирования // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – №8. – с. 40-42.
2. Соловьев С.И., Флаасс А.С. Применение методов статистического анализа к оценке перспектив лицензирования участков недр Пермского края // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2009. – №10. – с. 13-16.
3. Соловьев С.И. Разработка математических моделей для экспресс-оценки перспектив лицензирования нефтяных участков недр // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2013. – №8. – с. 41-44.
4. Соловьев С.И. О подходах к оценке геологических параметров проектов освоения нефтяных участков недр, предусматривающих этап геологического изучения // Нефтяное хозяйство. – 2013. – №9. – с. 18-21.
5. Черепанов С.С., Назаров А.Ю., Пятунина Е.В., Лядова Н.А., Путилов И.С., Соловьев С.И. Результаты и перспективы развития геологоразведочных работ в Пермском крае // Нефтяное хозяйство. – 2015. – №12. – с. 84-87.
6. Галкин В.И., Соловьев С.И. Районирование территории Пермского края по степени перспективности приобретения нефтяных участков недр // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – №16. – с. 14-23.
7. Галкин В.И., Алексеев А.О., Соловьев С.И. Разработка статистической модели для оценки степени перспективности приобретения нефтяного участка (на примере территории Пермского края) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – №1. – с. 29-32.
8. Габнасыров А.В., Лядова Н.А., Путилов И.С., Соловьев С.И. Опыт изучения доманикитов как нетрадиционного источника углеводородов в ПАО «ЛУКОЙЛ» // Нефтяное хозяйство. – 2016. – №8. – с. 78-83.

Прочие издания:

1. Соловьев С.И. Оптимизация методики проведения геологоразведочных работ на объектах сложного строения // Нефтегазовое и горное дело. – 2005. – Вып. 6. – с. 29-32.
2. Соловьев С.И. Применение палеоструктурного анализа при поисках залежей нефти в клиноформном комплексе // Молодежная наука ГНФ ПГТУ: сб. статей. – 2006. – Вып. 1 – с. 18-22.
3. Соловьев С.И. Рекомендации к геологической оценке объектов лицензирования (площадей ГРП) // Научные исследования и инновации. – 2008. – Т. 2. – №4. – с. 103-107.
4. Соловьев С.И. Учет тектонического фактора при оценке перспектив объектов лицензирования Пермского края // Проблемы рационального природопользования: материалы международной научно-технической конференции (г. Пермь, 29 – 31 октября 2008). – 2008. – с. 135-141.
5. Соловьев С.И. Разработка рекомендаций к оценке перспектив лицензирования // Научные исследования и инновации. – 2010. – Т. 4. – №1. – с. 11-14.