



**А.Б. Сапожников**  
канд. геол.-мин. наук  
АО «Пангея»<sup>1</sup>  
директор по развитию  
sapozhnikov\_ab@pangea.ru

# Необходимость актуализации принципов стадийности геологоразведочных работ с целью оптимизации выявления и освоения скоплений углеводородов

<sup>1</sup>Россия, 127015, ул. Большая Новодмитровская, 12, стр. 1.

*В статье рассматривается современное состояние геологоразведочных работ. Результаты проведения поисково-разведочных работ в ряде регионов, в которых осуществляется многолетняя разработка месторождений нефти и газа, указывают на необходимость корректировки существующей системы стадийности данных исследований. Для поддержания ресурсной базы углеводородов на уровне, который необходим для стабильного развития добычи нефти и газа районов с богатой историей развития добычной отрасли, требуется проведение региональных работ. Вместе с тем отмечается, что целесообразна корректировка целей и задач их проведения. Подчеркивается необходимость геологоразведочных работ разрабатываемых залежей. В ходе их проведения наряду с традиционными вопросами следует особое внимание уделить техногенным изменениям коллекторов*

**Ключевые слова:** нефть; газ; углеводороды; поиски и разведка; региональные работы; коллектор; техногенные изменения

Основной целью ГРР является открытие и оценка запасов залежей нефти и газа и их дальнейшее освоение. Практически все геолого-геофизические исследования так или иначе ориентированы на ее достижение. Привлечение больших объемов финансовых средств для данных изысканий определяет необходимость их оптимизации. В связи с этим более века назад была разработана последовательность проведения ГРР. В ее основу положен принцип перехода изучений от крупных объектов к более мелким, который позволил создать систему стадийности проведения изыскательских работ на нефть и газ. Процесс проведения ГРР условно был разделен на три стадии: региональную, поисковую и разведочную [1], на каждой из которых реализовывался свой комплекс методов изыскательских работ.

Первоначально в ходе изучения территории целевого бассейна оценивались общие перспективы нефтегазоносности, выявлялись, а затем подготавливались к глубокому бурению поисковые объекты, открывались и разведывались месторождения углеводородов. В последующем данную процедуру предполагалось повторять в случае начала освоения более погруженных горизонтов уже известной нефтегазоносной провинции. Отметим, что опыт освоения многих нефтегазоносных регионов в целом подтвердил правомерность принятия данной системы проведения ГРР. В первую очередь он позволяет получить реальные результаты при освоении новых регионов.

Вместе с тем из сказанного следует, что для многих нефтегазоносных территорий, на которых открыт ряд месторождений нефти и газа, проведение региональных ГРР утрачивает всякий смысл, с чем сложно согласиться. Целесообразность их проведения обусловлена необходимостью восполнения минерально-сырьевой базы нефтегазодобывающей отрасли. Сегодня отчетливо прослеживается общая тенденция усложнения структуры ресурсной базы УВ. Достаточно часто при выявлении новых залежей УВ используется результаты обобщения геолого-геофизических материалов, полученных при изучении близлежащих месторождений. Кроме этого появляются новые технологии полевых изысканий физических свойств недр. Получается, что региональные работы по исследованиям геологического строения осадочных бассейнов нужно осуществлять с определенной периодичностью. При этом цели и задачи данных изысканий будут перманентно эволюционировать в зависимости как от изменений геолого-геофизической изученности, так и от создания новых

методик и технологий геолого-геофизических изысканий.

Получается, что при проведении типизации ГРР необходимо учитывать изученность нефтегазоносного региона. С этой целью предлагается выделить ряд классов, отражающих знания о характере нефтегазоносности исследуемого региона.

**А. Возможной нефтегазоносности.** Исследуются районы, в пределах которых залежи УВ еще не выявлены. Зафиксированы только косвенные признаки (следы проявления УВ на дневной поверхности, выявленные в обнажениях нефтегазоматеринские породы (НГМП), достаточная толщина осадочного чехла и т.п.), прогнозирование нефтегазоносных комплексов (НГК), анализ потенциальных зон нефтегазоаккумуляции (ЗНГА).

**Б. Потенциальной нефтегазоносности.** Изучаются глубокопогруженные горизонты с еще недоказанной нефтегазоносностью районов, в пределах которых открыты залежи нефти и газа, приуроченные к в вышележащим отложениям.

**В. Доказанной нефтегазоносности.** В пределах исследуемой территории открыт ряд залежей, большая часть которых не введена в промышленную разработку.

**Г. Промышленной нефтегазоносности.** В пределах исследуемой территории большая часть открытых залежей введена в промышленную разработку.

Наряду с этим при анализе стадий проведения ГРР необходимо учитывать, что изучение месторождений не заканчивается с началом его разработки [3, 4]. На этом этапе освоения скопленных УВ не только существенно увеличиваются объемы геолого-геофизической информации, обусловленное эксплуатационным бурением и, достаточно часто, выполнением сейсморазведочных работ 3D, но и получением материалов о неоднородностях фильтрационных свойств пластов, которые определяются на основании анализа материалов работы добывающих и нагнетательных скважин [7]. Отметим, что в ходе проведения работ по вводу месторождения в эксплуатацию периодически происходит открытие новых залежей углеводородов. При этом следует учитывать возможность формирования техногенных залежей в процессе эксплуатации месторождений с длительной историей [5], которые наряду с возможностью извлечения дополнительного количества УВС сырья определяют появление серьезных экологических рисков. Данные ГРР предлагается именовать эксплуатационно-оценочными. Предлагается выделить 4 основные стадии проведения ГРР:

- региональный;
- поисковый;
- разведочный;
- эксплуатационно-оценочный.

Рассмотрим особенности проведения всех стадий ГРП по мере изменения информации о нефтегазоносности территории работ. Для начала рассмотрим особенности выполнения региональных ГРП. Как известно, главной целью их проведения является изучения геологического строения исследуемого осадочного бассейна. Необходимо выявить основные литолого-стратиграфические комплексы, фациальную зональность, структурные этажи, а также выполнить тектоническое районирование и определить главные этапы тектонического развития. На основании проведенных исследований решается ряд прикладных задач, представляющих повышенный интерес для нефтегазовой геологии (прогнозирование перспектив нефтегазоносности; выявление и исследование строения зон нефтегазонакопления, оценка ресурсной базы УВ исследуемого осадочного бассейна и т.п.). В настоящее время наиболее оптимально ответы на данные вопросы можно получить в ходе бассейнового моделирования. Существующие программные пакеты позволяют достаточно эффективно осуществить увязку всех геолого-геофизических исследований, выполнить реконструкцию тектонического развития территории, просчитать особенности изменений теплового потока и горного давления, а также оценить масштабы генерации УВ, их миграции, аккумуляции и возможного разрушения палеозалежей нефти и газа.

При изучении нового региона, статус которого – «возможной нефтегазоносности», объективно возникают серьезные проблемы, обусловленные дефицитом геолого-геофизической информации. Наличие скоплений УВ в пределах исследуемой территории можно предполагать только по наличию нефтегазопроявлений и/или выявленных в процессе проведения геологических съемок отложений с высоким содержанием органического вещества. О возможном наличии пород-коллекторов и покрышек также приходится судить по результатам исследований обнажений. В это время не лучше обстоит дело с информацией о структурном строении района работ. Во многом это обусловлено редкой сетью региональных профилей сейсморазведки и явным дефицитом кондиционных данных о скоростном законе. Практически отсутствует в достаточном объеме информация о значении температуры и давления, а также о степени преобразованности органического вещества прогнозируемых НГМП.

На данном этапе определяются потенциальные НГК, в составе которых выделяются возможные нефтегазоматеринские толщи, породы-коллекторы и флюидопоры [1]. Кроме этого должна быть получена информация о термобарическом режиме территории и геохимии пластовых вод. В результате проведенных геолого-геофизических исследований создается реальная база для выполнения бассейнового моделирования, позволяющего выявить наиболее перспективные участки для проведения поисковых работ, для которых делается оценка ресурсов.

По мере улучшения изученности региона перед региональными работами ставятся новые задачи. Выявляются закономерности изменений коллекторских свойств, фациальной зональности, свойств нефти и газа, термобарических условий, состава органического вещества, истории тектонического развития и т.п.). На основании полученных результатов осуществляется актуализация модели бассейна. Повышается надежность оценки генерации УВ, на основании комплексного анализа новых данных о структурно-литологическом строении полигона работ и особенности изменений состава и свойств нефти и газа уточняются пути их миграции УВ. Сопоставление результатов расчета обновленной модели и запасов нефти и газа уже открытых месторождений позволяют оценить перспективы проведения дальнейших ГРП. Также материалы статистической обработки подсчетных параметров и представление об основных трендах изменений позволят повысить точность оценки ресурсов перспективных объектов. Кроме этого накопленная геолого-геофизическая информация о строении нефтегазоносного бассейна на определенном этапе работ позволит начать поиск скоплений УВ, не приуроченных к антиклинальным структурам.

Современные условия освоения залежей нефти и газа наряду с экономическими ставят на повестку дня новые геологические задачи, которые следует решать при проведении поисково-разведочных работ. В первую очередь это касается расширения диапазона исследуемых нефтегазонасыщенных пород. Сегодня нельзя ограничиваться работы только с коллекторами. Накопленный нефтяной геологией опыт убедительно доказывает о возможности извлечения УВС из пород, фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) которых меньше кондиционных значений [11]. Отсутствие у специалистов по разработке кондиционной информации по нефтегазонасыщенным породам-неколлекторам существенно сдерживает процесс по разработке новых технологий.

Также на повестке дня сегодня встает вопрос о выявлении и освоении жильного типа месторождений нефти и газа [2].

Другой актуальной темой при проведении поисково-разведочных работ является прогноз особенностей изменений коллекторских свойств продуктивных отложений в процессе эксплуатации залежей УВ [9]. В центре внимания геологов должен оказаться комплекс процессов, возникающих в результате нарушения равновесия, обусловленного антропогенным фактором. Данные техногенные изменения пород целесообразно разделить на физические, химические и физико-химические.

В ходе проявления процессов физической группы происходят соответствующие изменения размеров пустот, обусловленные как увеличением, так и уменьшением пластового давления; засорение пустотного пространства механическими примесями, попадающими в пласт с закачиваемым флюидом в ходе выполнения процедур по поддержанию пластового давления, разрушение коллектора в результате создания большой депрессии; трещинообразование, которое может осуществляться или благодаря выполнению гидроразрыва пласта, или вследствие нарушения температурного режима объекта разработки. Как показывают расчеты масштабы последней разновидности физической группы техногенных процессов могут быть значительные [10, 6]. Так, в случае охлаждения всего лишь на 1 °С двух таких крупных карбонатных массивов, к которым приурочены месторождения Карачаганак и Тенгиз, произойдет общее увеличение объема пустот рассматриваемых объектов на 11,3 и 12,7 млн м<sup>3</sup>, соответственно.

В ходе развития техногенных изменений продуктивных отложений, обусловленных проявлением химического фактора, следует учитывать два направления их развития. Во-первых, соответствующие преобразования происходят в результате химических реакций между закачиваемым агентом и поровыми водами. Например, попадание ионов кальция в пустоты, насыщенных сульфатными водами, приведет к образованию гипса, что негативно повлияет на коллекторские свойства продуктивных отложений. Во-вторых, следует ожидать реакции пород с закачиваемыми в пласт растворами. В частности, при закачке воды в отложения, в состав которых входит ангидрит (актуально для продуктивных отложений Прикаспийской впадины и Восточно-Сибирской платформы) следует ожидать появления гипса [9]. Попадание больших объемов кислотных растворов в глинистые отложения мо-

жет привести к потере породообразующими минералами катионов, что повлечет за собой разбухание цемента и, соответственно, ухудшение ФЕС пород.

Физико-химические процессы, вероятно, оказывают наибольшее влияние на ФЕС коллекторов. В частности, следует ожидать широкого распространения в пластах техногенного минералообразования. Особенно это характерно для отложений, содержащих карбонатные воды. Существенное уменьшение пластового давления создает благоприятные условия для осаждения карбонатных кристаллов на стенках пустот. В качестве косвенного признака, указывающего на возможность широкого развития процессов данного вида кальцитизации указывает достаточно часто встречающееся явление зарастания вторичным кальцитом труб, протянутых от добывающих скважин к пунктам первичной подготовки нефти.

Учет рассматриваемой группы техногенных изменений особенно важен при разработке залежей нефти и газа, приуроченных к карбонатным отложениям, т.к. рассматриваемые породообразующие минералы характеризуются ретроградной растворимостью (уменьшается по мере увеличения температуры). В случае закачивания в пласт холодной воды в около скважинном пространстве произойдет ее насыщение. В дальнейшем по мере ее продвижения в пласт по мере прогревания раствора начнется процесс вторичного минералообразования. Самое плохое, что наиболее активно станут зарастать самые мелкие поры, имеющие наибольшую удельную поверхность, что существенно ухудшит сообщаемость между матрицей, содержащих основные запасы УВ, и дренажной системой.

При проведении как солянокислотной обработки, так и гидроразрыва карбонатных отложений следует учитывать, что данные воздействия на пласт сопровождаются выделением тепла, что благоприятно действует на развитие процессов осаждения карбонатных кристаллов на стенках скважин [8].

Отметим, что при периодическом проведении региональных обобщающих ГРР целесообразно не ограничиваться вопросами по выявлению перспективных объектов и оценки ресурсной базы УВ. Необходим анализ характера разработки залежей нефти и газа с целью выявления и систематизации причин изменений ФЕС продуктивных горизонтов. Соответственно необходимость исследовать и прогнозировать техногенные изменения продуктивных отложений в той или иной степени затрагивает и другие стадии ГРР. ■

---

### Литература

1. Бакиров А.А., Табасаранский З.А., Бордовская М.В., Мальцева А.К. Геология и геохимия нефти и газа. М.: Недра. 1982. 288 с.
2. Гаврилов В.П., Григорянц Б.В., Дворецкий П.И. Зоны нефтегазоаккумуляции жильного типа. М.: Недра. 2000. 152 с.
3. Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ВНИИОЭНГ. 1995. 496 с.
4. Горбачев С.Д., Бочкарев В.А., Бочкарев А.В., Кузнецова Г.П. Применение комплексных программ доразведки в районах с высокой степенью изученности (на примере Кандымской группы месторождений) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 1. С. 11–17.
5. Лузин В.Ф., Савинцев В.К., Андреев В.В. Геология и разработка техногенных залежей углеводородов. Иркутск. 2006. 131 с.
6. Страхов П.Н. Некоторые техногенные изменения карбонатных пород-коллекторов в процессе их заводнения // Геология нефти и газа. № 11. 1995. С. 45–48.
7. Страхов П.Н., Богданов О.А., Сапожников А.Б., Страхова Е.П. Необходимость использования материалов сейсморазведки при построении геологических моделей и оценки запасов нефти и газа // Наука и техника в газовой промышленности. 2018. № 2. С. 3–9.
8. Страхов П.Н., Филиппов В.П., Мазанова А.В., Фадеев И.Ю. Проблемы освоения залежей углеводородов, приуроченных к коллекторам сложного строения // Нефтяное хозяйство. 2015. № 12. С. 98–101.
9. Страхов П.Н. Типизация факторов, влияющих на качество геологических моделей разрабатываемых залежей углеводородов // Наука и техника в газовой промышленности. 2016. № 2. С. 10–18.
10. Страхов П.Н. Формирование каверно-порового пространства в карбонатных отложениях. М.: Маркетинг. 2005. 76 с.
11. Филиппов В.П., Страхов П.Н., Колосков В.Н., Богданов О.А. и др. Анализ проблем освоения трудно извлекаемых запасов углеводородов в процессе геологоразведочных работ // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. 2018. № 1. С. 6–9.

---

UDC 553.04

A.B. Sapozhnikov, PhD, Development Director, OOO "Pangea"<sup>1</sup>, sapojnikov\_ab@pangea.ru

<sup>1</sup>12 Bolshaya Novodmitrovskaya str., bldg. 1, Moscow, 127015, Russia.

## The Need to Update the Principles of Staging Exploration to Optimize the Identification and Development of Hydrocarbon Accumulations

**Abstract.** The article discusses the current state of exploration. The results of prospecting and exploration in a number of regions in which the long-term development of oil and gas fields is carried out, indicate the need to adjust the existing system of staging of these studies. It is absolutely clear that in order to maintain the hydrocarbon resource base at a level that is necessary for the stable development of oil and gas production in areas with a rich history of development of the mining industry, regional work is required. However, it is noted that it is advisable to adjust the goals and objectives of their implementation. The work also emphasizes the need for exploration of the developed deposits. In the course of their conduct, along with traditional issues, special attention should be paid to man-made changes in reservoirs.

**Keywords:** oil; gas; hydrocarbons; prospecting and exploration; regional works; reservoir; man-made changes.

---

### References

1. Bakirov A.A., Tabasaranskiy Z.A., Bordovskaya M.V., Malceva A.K. *Geologiya i geohimiya nefi i gaza* [Geology and geochemistry of oil and gas]. Moscow, Nedra Publ., 1982, 288 p.
2. Gavrilov V.P., Grigoryanc B.V., Dvoreckiy P.I. *Zony neftegazonakopleniya zhilnogo tipa* [Zones of vein type oil and gas accumulation]. Moscow, Nedra Publ., 2000, 152 p.
3. Gavura V.E. *Geologiya i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij* [Geology and development of oil and gas fields]. Moscow, VNIIOENG Publ., 1995, 496 p.
4. Gorbachev S.D., Bochkarev V.A., Bochkarev A.V., Kuznetsova G.P. *Primenenie kompleksnyh programm dorazvedki v rajonah s vysokoj stepeny izuchennosti (na primere Kandymskoj grupy mestorozhdenij)* [Application of integrated exploration programs in areas with a high degree of knowledge (using the example of the Kandym group of fields)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij* [Geology, geophysics and development of oil and gas fields], 2018, no. 1, pp. 11–17.
5. Luzin V.F., Savincev V.K., Andreev V.V. *Geologiya i razrabotka tehnogennyh zalezhej uglevodorodov* [Geology and development of man-made hydrocarbon deposits], Irkutsk, 2006, 131 p.
6. Strahov P.N. *Nekotorye tehnogennye izmeneniya karbonatnyh porod-kollektorov v processe ih zavodneniya* [Some technogenic changes in carbonate reservoir rocks during their water flooding]. *Geologiya nefi i gaza* [Geology of oil and gas], 1995, no. 11, pp. 45–48.
7. Strahov P.N., Bogdanov O.A., Sapozhnikov A.B., Strahova E.P. *Neobhadimost ispolzovaniya materialov sejsmorazvedki pri postroenii geologicheskikh modelej i ocenki zapasov nefi i gaza* [The need to use seismic materials when building geological models and estimating oil and gas reserves]. *Nauka i tehnika v gazovoj promyshlennosti* [Science and technology in the gas industry], 2018, no. 2, pp. 3–9.
8. Strahov P.N., Filippov V.P., Mazonova A.V., Fadeev I.Yu. *Problemy osvoeniya zalezhej uglevodorodov, priurochennyh k kollektoram slozhnogo stroeniya* [Problems of development of hydrocarbon deposits confined to reservoirs of complex structure]. *Neftyanoe hozyajstvo* [Oil industry], 2015, no. 12, pp. 98–101.
9. Strahov P.N. *Tipizaciya faktorov, vliyayushih na kachestvo geologicheskikh modelej razrabatyvaemyh zalezhej uglevodorodov* [Typification of factors affecting the quality of geological models of hydrocarbon deposits under development]. *Nauka i tehnika v gazovoj promyshlennosti* [Science and technology in the gas industry], 2016, no. 2, pp. 10–18.
10. Strahov P.N. *Formirovaniye kaverno-porovogo prostranstva v karbonatnyh otlozheniyah* [Formation of cavern-pore space in carbonate sediments]. Moscow, Marketing Publ., 2005, 76 p.
11. Filippov V.P., Strahov P.N., Koloskov V.N., Bogdanov O.A. i dr. *Analiz problem osvoeniya trudno izvlekaemyh zapasov uglevodorodov v processe geologorazvedochnyh rabot* [Analysis of the problems of development of difficultly recoverable hydrocarbon reserves in the process of exploration]. *Vestnik associacii burovnyh podryadchikov* [Bulletin of the Association of Drilling Contractors], 2018, no. 1, pp. 6–9.