

Р.С. Хисамов<sup>1</sup>, Г.Г. Ганиев<sup>2</sup>, Р.Г. Ханнанов<sup>2</sup>, Р.Г. Абдулмазитов<sup>3</sup>, Р.Б. Хисамов<sup>3</sup><sup>1</sup> ОАО «Татнефть», Альметьевск, khisamov@tatneft.ru<sup>2</sup> НГДУ «Бавлынефть», Бавлы, hannanov@tatneft.ru<sup>3</sup> ТамНИПИнефть, Бузульма, abdulmazitov@tatnipi.ru

## НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТКРЫТИЯ И РАЗРАБОТКИ БАВЛИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

История открытия Бавлинского месторождения самым непосредственным образом связана с планомерным и многолетним проведением большого объема геолого-разведочных работ по изучению геологического строения и нефтеносности крайнего юго-востока республики и прилегающих территорий западных районов Башкирии, начатых в 30-е годы прошлого столетия с целью выявления в его пределах перспективных для поисков на нефть и газ структурных поднятий.

Для данного региона, в частности, большое значение имели решения совещания, проведенного под руководством главного геолога Наркомнефти СССР М.Ф. Мирчинка, где 25 декабря 1942 г. был утвержден план разведочных работ по Башнефтекомбинату. По этому плану предусматривалось бурение на Бавлинской структуре трех разведочных скважин общим метражом 3900 м с целью установления особенностей её стратиграфического разреза, определения промышленного значения выявленных по разрезу продуктивных горизонтов и уточнения тектонических элементов структуры как по верхним, так и по нижним горизонтам. В сентябре 1943 г. было начато бурение скважины № 1 с проектной глубиной 2150 м и вскрытием докембрийских отложений. В этой скважине к концу 1944 г. были вскрыты терригенные отложения угленосного горизонта и известняков верхнетурнейского подъяруса, при одновременном опробовании которых в декабре 1944 г. был получен приток нефти с дебитом 5 – 8 т/сутки с обводненностью 17%. Тем самым было установлено наличие нефтяных залежей в этих отложениях и подтверждено существование Бавлинского нефтяного месторождения. При дальнейшем разбуривании в разрезе горизонта D<sub>I</sub> был вскрыт нефтенасыщенный пласт в интервале 1777,0 – 1796,5 м, в процессе его опробования 16 сентября 1946 г. был получен мощный фонтан нефти дебитом более 300 т/сут. Таким образом, было открыто одно из крупнейших на юго-востоке республики месторождений в терригенных отложениях пашийского горизонта (D<sub>I</sub>), эксплуатация которого начата в апреле 1947 г.

В процессе интенсивного разбуривания Бавлинской структуры более чем 20 разведочными и эксплуатационными скважинами по системе поперечных профилей на расстоянии 2 – 5 км к началу 1950 г. по многим из них были получены значительные по дебитам фонтаны нефти, а по скважинам, давшим воду, было установлено положение внешнего контура месторождения. В результате залежь нефти горизонта D<sub>I</sub> была оконтурена с юго-запада, юга и юго-востока. Первый проект разработки горизонта D<sub>I</sub> Бавлинского месторождения был составлен в институте Гипровостокнефть в конце 1949 г. под руководством К.Б. Аширова и А.И. Губанова, и это позволило перейти к целенаправленному бурению скважин (последующие проекты составлялись в ТамНИПИнефти). Одновременно продолжалось бу-

рение разведочных и оценочных скважин для изучения геологического строения месторождения. В результате расширялась площадь нефтеносности девонских отложений и открывались новые участки. Так, в 1954 г. к северу от основной залежи была установлена нефтеносность горизонта D<sub>I</sub> Ново-Бавлинской площади, в 1962 г. – Крым-Сарайского участка, в 1963 г. – расположенного на западе Жмакинского участка. В 1955 г. установлена нефтеносность горизонта D<sub>III</sub> Ново-Бавлинской площади. В процессе разведочного бурения на отложения карбонатного девона и нижнего карбона (C<sub>I</sub>), начатого в середине 50-х годов, установлена промышленная нефтеносность и уточнено строение турнейского яруса и угленосного горизонта нижнего карбона и фаменского яруса верхнего девона в пределах основной залежи и Ново-Бавлинской площади, а также Крым-Сарайского, Акбашского, Коробковского и Жмакинского участков.

Исследования показали, что осадочная толща, залегающая на гранито-гнейсах кристаллического фундамента, представлена отложениями девонской, каменноугольной, пермской и четвертичной систем. Нефтепроявления различной интенсивности установлены в разрезе палеозоя Бавлинского месторождения по целому ряду горизонтов терригенного и карбонатного девона и карбона. Наиболее значительны они по терригенным коллекторам живетского яруса среднего девона – горизонты D<sub>III</sub> и D<sub>IV</sub>, пашийского горизонта нижнефранского подъяруса верхнего девона (горизонт D<sub>I</sub>), бобриковского горизонта визейского яруса нижнего карбона, а также по карбонатным коллекторам турнейского яруса. Менее значительны нефтепроявления в карбонатных коллекторах данково-лебедянского и заволжского горизонтов верхнефаменского подъяруса верхнего девона и алексинского горизонта визейского яруса нижнего карбона.

Наибольшей площадью нефтеносности характеризуются отложения верхнетурнейского подъяруса и бобриковского горизонта C<sub>I</sub>. Основные залежи пашийского горизонта расположены в юго-восточной части месторождения. Залежи горизонтов D<sub>III</sub> и D<sub>IV</sub> живетского яруса, а также алексинского горизонта (C<sub>I</sub>) представлены в основном отдельными небольшими залежами. Продуктивные отложения представлены различным количеством залежей, отличающихся размерами и амплитудой. По горизонту D<sub>IV</sub> в пределах Бавлинской площади выявлены четыре небольших залежи, оконтуренные изогипсой – 1540 м, которые являются пластово-сводовыми литологически экранированными. Залежи горизонта D<sub>III</sub> вскрыты и на основной залежи, и на Ново-Бавлинской и различаются по площади нефтеносности. В пределах основной залежи и северо-восточной части они оконтурены изогипсами – 1530 – 1535 м, а Ново-Бавлинской – 1540 – 1545 м. На значительной части площади залежи развиты зоны замещения. Залежи отнесены к типу пластово-сводовых литологически экранированных.

По отложениям пашийского горизонта ( $D_1$ ) в пределах месторождения выделяется шесть самостоятельных отличающихся по размерам и амплитуде залежей нефти, которые в целом оконтуриваются изогипсой – 1490 м. Наиболее крупными из них являются залежи в пределах собственно Бавлинской и Ново-Бавлинской площадей, и гораздо меньшими размерами характеризуются залежи Крым-Сарайской площади и Жмакинского участка. Залежи могут быть классифицированы как пластово-сводовые.

В настоящее время положительные результаты опробования в интервалах отложений данково-лебединского и заволжского горизонтов фаменского яруса получены по отдельным скважинам в пределах небольших залежей, расположенных в различных частях месторождения.

В турнейском ярусе нефтеносные отложения кизеловского и черепетского (на отдельных повышенных частях структур) горизонтов приурочены к залежи, занимающей большую часть месторождения и оконтуренной изогипсой – 987 м. Залежь отнесена к типу массивно-пластовых.

К терригенным отложениям бобриковского горизонта приурочена крупная многопластовая залежь, также занимающая площадь всего месторождения. Она представляет собой единую гидродинамическую систему, поскольку выделяемые пласты взаимосвязаны многочисленными зонами слияния и поэтому для всех пластов принят единый ВНК. По площади залежи отмечается наличие значительного количества зон, представленных неколлектором. В целом залежь бобриковского горизонта пластово-сводовая, местами литологически осложненная.

Нефтеносность отложений алексинского горизонта связана в основном с небольшими залежами, оконтуренными по изогипсе – 930 м. Тип залежей пластово-сводовый.

Таким образом, и в настоящее время основными эксплуатационными объектами из перечисленных выше являются пашийский и бобриковский горизонты. По результатам проведенных обширных по объему обобщающих исследовательских работ в 1961 – 1962 гг. в б. ТатНИИ был произведен подсчет запасов и в последующем составлены проекты разработки по отложениям пашийского горизонта и технологические схемы разработки по залежам бобриковского горизонта и вернетурнейского подъяруса. Запасы всех продуктивных горизонтов Бавлинского месторождения были подсчитаны в начале 2000-х годов.

В открытии месторождения принимали активное участие А.А. Трофимук, М.В. Мальцев, Т.М. Золоев. На различных этапах большую организаторскую работу по руководству НГДУ «Бавлынефть», а также инженерной и геологической службами осуществляли такие специалисты как А.Д. Обносков, Р.Ш. Мингареев, А.И. Горюнов, А.А. Захаров, А.П. Аширов, А.К. Мухаметзянов, И.В. Саблин, Н.А. Хисамутдинов, Г.Г. Ганиев, Г.Н. Едигаров, Н.М. Байков, Б.А. Маликов, Ш.Г. Хасанов, З.Н. Зиякаев, И.А. Локшин, И.Г. Полуян, А.И. Иванов, Р.Г. Ханнанов. Значительный вклад в разработку месторождения был внесен А.М. Гайнаншиной, О.Г. Скоропад, А.М. Хуррямовым, А.Н. Шакировым, П.Ф. Бортниковым, М.М. Кашаповым и многими другими.

В проектировании разработки, реализации проектных решений, совершенствовании процессов освоения месторождения большая роль принадлежала ученым институтов Гипровостокнефть, ВНИИ, ТатНИПИнефть, б.МИНХ и др. Исключительно большой личный вклад в научные исследования внесли ученые К.Б. Аширов, А.П. Крылов, А.И.

Губанов, М.И. Максимов, О.И. Дорохов, Г.Г. Вахитов, В.А. Еронин, М.М. Иванова, В.Н. Щелкачев, Р.Х. Муслимов, С.А. Султанов, В.С. Чемоданов, В.А. Бадьянов, Г.Н. Гурьянов, Н.Г. Ахмедзянов, Э.Д. Мухарский, В.Д. Лысенко, А.Р. Кинзиков, И.Я. Юрин, Р.Г. Хамзин, А.А. Губайдуллин, Р.Б. Хисамов, Р.Г. Абдулмазитов, В.Л. Коцюбинский, Г.Г. Емельянова, С.А. Лиходедова, Н.И. Зевакин, Б.В. Анисимов и многие другие.

Совершенно очевидно, что благодаря участию широкого круга научных и производственных организаций и специалистов в разведке и освоении Бавлинского месторождения были обеспечены высокие показатели разработки и созданы условия для достижения высокого нефтеизвлечения по объектам, характеризующихся различной геологической характеристикой. Бавлинское месторождение явилось настоящим полигоном, на котором использовались новейшие технологии и технические средства разработки.

Так, на этом месторождении в процессе подготовки его к разработке впервые была применена комплексная методика ускоренной, заключающаяся в поэтапном проведении ГРП, повышении роли эксплуатационного бурения в изучении базисного и особенно вышележащих объектов. Это позволило ускорить ввод в разработку практически неразведанного месторождения, начав с более продуктивного базисного объекта-горизонта  $D_1$  с последующим изучением и введением в разработку в 60-х годах залежей нефти в терригенных отложениях нижнего карбона.

Для подготовки к разработке залежей нефти в сложно-построенных карбонатных отложениях верхнетурнейского подъяруса были проведены детальные опытно-промышленные и исследовательские работы по созданию эффективных систем воздействия на пласт и выбору оптимальных сеток скважин, что позволило осуществить планомерный ввод этих залежей в промышленную эксплуатацию.

В целом поэтапная подготовка и ввод в разработку залежей различных этажей нефтеносности позволили обеспечить более приемлемую динамику добычи нефти, когда падение добычи нефти из-за истощения объектов в терригенном девоне частично компенсировалось за счет ввода в эксплуатацию залежей вышележащих горизонтов.

На месторождении были внедрены различные системы заводнения, начиная от законтурного с переходом к комбинированным системам внутриконтурного заводнения. По горизонту  $D_1$  система развивалась от законтурного заводнения к сочетанию его с внутриконтурным блочным разрезанием на поздней стадии разработки. По бобриковскому горизонту – от избирательного в начальной стадии к блоковому с элементами очагового заводнения в более поздней стадии разработки. По турнейскому ярусу – применение рассредоточенных площадных систем разработки с самого начала эксплуатации залежи.

Бавлинское месторождение приобрело наибольшую известность по всей стране и за рубежом благодаря проведению на нем в течение трех десятилетий уникального промышленного эксперимента по изучению влияния плотности сетки скважин на производительность залежи и нефтеизвлечение. Этот эксперимент подтвердил возможность сохранения на ранней стадии разработки достигнутого уровня добычи меньшим числом скважин при фонтанном способе эксплуатации, наличии резервов добывных возможностей скважин и значительном увеличении депрессии на пласт. Эксперимент показал, что для реализации преимуществ более плотных сеток скважин для пропорционального повы-

шения производительности залежи необходимо поддерживать оптимальные пластовые и забойные давления, а также соотношения нагнетательных и добывающих скважин, расстояния между ними, перепады давлений. В последующем такие системы разработки были реализованы на геологически более сложных Ромашкинском и Ново-Елховском месторождениях. Кроме того, в процессе экспериментальной разработки горизонта Д<sub>1</sub> Бавлинского месторождения были выявлены особенности подъема ВНК и продвижения контуров нефтеносности, показано, что при законтурном заводнении могут быть потери нефти в пределах водо-нефтяной зоны из-за ее неразбуренности или разбуренности редкой сеткой. Поэтому большая эффективность может быть достигнута при разбуривании этой зоны с самого начала разработки той же сеткой скважин, что и по нефтяной зоне. Потери от разрежения сетки скважин на Бавлинском месторождении по оценке различных исследователей составляют от 4,7 % до 12,7 % (абсолютных), что однозначно и существенно выше, чем это предполагалось авторами при проектировании экспериментальных работ (до 0,25 – 1,5 %).

Проведенный эксперимент показал, что залежь необходимо с самого начала разбуривать оптимальной сеткой скважин. При этом потери в нефтеизвлечении будут ниже, чем в случае, когда на залежи уплотнение сетки скважин произвести на поздней стадии разработки. В последнем случае эксплуатация части скважин оказывается нерентабельной из-за высокой обводненности, что случилось с половиной введенных повторно экспериментальных скважин. Однако это не говорит о необходимости только одностадийного разбуривания залежей. В любом случае для разработки неоднородных объектов следует предусматривать сравнительно небольшой (10 – 30%) резервный фонд, который должен буриться по мере уточнения геологического строения и исследования состояния выработки пластов.

На Бавлинском месторождении были также обоснованы пути совершенствования систем разработки высокопродуктивных месторождений маловязких нефтей в терригенных коллекторах, обеспечивающие достижение высокого (до 60%) нефтеизвлечения. Были решены проблемы эффективной (с достижением нефтеизвлечения до 45%) разработки залежей нефти повышенной вязкости в зонально неоднородных терригенных коллекторах бобриковского горизонта путем применения замкнутых блочных систем и очагового заводнения, нестационарного заводнения с переменной направления фильтрационных потоков, оптимизации давления нагнетания и плотности сеток скважин.

Исследование закономерностей геологического строения залежей в карбонатных пластах и обобщение результатов опытно-промышленных работ позволило определить основные пути совершенствования разработки слабопроницаемых неоднородных пластов, обеспечивающие их рентабельную эксплуатацию. Выявленные различия особенностей строения продуктивных пластов и нефтяных залежей потребовали решения ряда методических вопросов при проектировании рациональной системы разработки месторождения, постоянного ее совершенствования, проведения систематического анализа, контроля и регулирования процессов разработки. В результате непрерывно совершенствовались системы разработки (оптимизация систем заводнения, плотности сеток скважин, пластовых и забойных давлений и т.д.), ППД, сбора, транспорта и подготовки нефти, организация работ по эксплуата-

ции месторождения. На всех этапах освоения месторождения эти проблемы решались своевременно и в нужном направлении, благодаря налаженному с самого начала теснейшему контакту науки и производства.

Проектирование разработки Бавлинского многообъектного и многопластового месторождения вначале проводилось отдельно по терригенным отложениям девона и отдельно по нижнему карбону. Однако практика разработки этого месторождения показала, что проектирование всех объектов необходимо вести одновременно. В этом случае более целенаправленно решаются вопросы разведки, подготовки к разработке, повышается эффективность эксплуатационного бурения и использования пробуренного фонда скважин (возврат, опробование горизонтов, добуривание до нижележащих пластов и т.д.).

В связи с тем, что основные объекты Бавлинского месторождения находятся на поздней стадии разработки, особое значение приобретают так называемые трудноизвлекаемые запасы, доля которых в остаточных запасах непрерывно растет. Поэтому важное значение на месторождении придется анализу результатов опытно-промышленных работ по изысканию новых прогрессивных методов выработки трудноизвлекаемых запасов, созданию и совершенствованию методов повышения нефтеизвлечения пластов: гидродинамических (геолого-физических, форсированного отбора, циклического заводнения с переменной направления потоков жидкости в пласте) и третичных (физико-химических). В то же время решение проблемы превращения малоэффективных сложнопостроенных залежей в эффективные при прочих равных условиях во многом определяется степенью повышения продуктивности скважин при применении методов интенсификации.

В заключение следует подчеркнуть, что открытие в 1946г. Бавлинского нефтяного месторождения и последующие этапы его разработки имели принципиально важное значение для развития всей нефтяной промышленности. Обобщение уникального опыта разработки месторождения, являющегося одним из первенцев внедрения новой технологии заводнения в нашей стране, проводилось неоднократно, обсуждалось на самых высоких форумах и явилось весомым вкладом в науку и практику освоения нефтяных месторождений, помогая совершенствовать технологии разведки и разработки новых месторождений не только Татарстана, но и других нефтедобывающих регионов.

*Раис Салихович Хисамов*  
 Главный геолог ОАО «Татнефть».  
 Профессор, доктор  
 геолого-минералогических наук.



*Рустэм Гусманович Ханнанов*  
 Главный геолог НГДУ  
 «Бавльнефть».

