



**Ю. А. Волков**  
канд. физ.-мат. наук  
член-корреспондент РАЕН  
член ЕСОЭН  
ООО «ЦСМРнефть» при АН Республики Татарстан  
генеральный директор  
yua@csmr.ru

# Новая методология подготовки геологической основы под обоснование ГТМ, бурение новых скважин, аудит запасов и ресурсов УВС

1000 «Центр совершенствования методов разработки нефтяных месторождений». Россия, 420097, Республика Татарстан, Казань, ул. Лейтенанта Шмидта, 35а, офис 112.

*Чтобы оптимизировать добычу и повысить коэффициент извлечения нефти на объектах, прежде всего – независимых (малых) нефтяных компаний, которые более всего предрасположены к новациям, предлагается взглянуть на вступившую в силу с 2016 г. классификацию запасов и ресурсов углеводородного сырья через призму тех возможностей, которые предоставляет наличие количественной оценки степени их геологической изученности*

**Ключевые слова:** оптимизация добычи и максимизация коэффициента извлечения нефти; цифровые платформы в нефтедобыче; количественная оценка степени геологической изученности запасов нефти; плотность накопленных знаний; геологические и геолого-гидродинамические модели; прогнозирование показателей разработки нефтяных месторождений; новая классификация; аудит и подсчет запасов углеводородного сырья

**1.** По результатам более чем 10-летнего опыта анализа разработки длительно эксплуатируемых объектов Западной Сибири [1] установлено, что при используемых в этом регионе способах сбора и методах обработки геолого-промысловых и геолого-геофизических данных возможная количественная оценка степени геологической изученности запасов и ресурсов подобных объектов (ВИ, возможная изученность) может достигать в среднем 1,18.

Полученные нами количественные оценки исходной изученности (ИИ, исходная изучен-

ность) объектов, с которыми ООО «ЦСМРнефть» пришлось работать с 2003 по 2015 гг., т.е. оценки изученности, достигнутой по этим объектам нашими предшественниками, изменялись в пределах от 0,67 до 0,83. Это означает, во-первых, что мы всегда начинали работать с «недоизученными» объектами: например, при ИИ = 0,83 (пласт X одного из месторождений) «недоизученность» составляла  $(1,18 - 0,83) / 1,18 \cdot 100\% = 29,7\%$ , а при ИИ = 0,67 – 43,2%. Это при том, что все эти объекты давно разбурены, активно эксплуатируются, все – с запасами категории А и т.д. Во-вторых, поскольку «недоизученны-

ми» оказались все «попавшие нам под руку» объекты (мы их не выбирали), то естественно было высказано предположение, что точно в таком же состоянии находится степень геологической изученности запасов всех прочих российских месторождений УВС и что существенное расхождение фактических и расчетных технологических показателей разработки для них [2] обусловлено прежде всего низкой плотностью тех знаний (ПНЗ, плотность накопленных знаний), которые закладываются «модельерами» во всевозможные пакеты программ и гидродинамические симуляторы (ГДС).

2. По результатам анализа разработки длительно эксплуатируемых объектов Западной Сибири был сформирован и введен в рассмотрение [3] количественный критерий качества *геофизической обоснованности запасов*  $K_{\text{гос}}$ , который определяется как отношение среднеквадратичной погрешности прогноза дебитов новых скважин по данным интерпретации ГИС и пр. (т.е., «по науке»), к среднеквадратичной погрешности прогноза дебитов тех же скважин по соседним пробуренным скважинам (т.е., как это обычно делается на практике). В дальнейшем было показано, что с помощью статистического моделирования можно достаточно точно посчитать достижимое для каждого месторождения или региона значение  $K_{\text{гос}}$ . В [4] это значение обозначено как  $K_{\text{кач}}$ , где нижний индекс говорит о том, что при прогнозировании показателей разработки на моделях, для которых  $K_{\text{гос}}$  близок к  $K_{\text{кач}}$ , геологические риски становятся минимальными. Для рассмотренных нами 9 объектов Западной Сибири  $K_{\text{кач}} = 0,85$ . А так как геологическая изученность, в отличие от погрешности прогнозирования показателей разработки, от проекта к проекту должна расти, то мы сочли целесообразным определить ее как величину, обратную  $K_{\text{гос}}$ . Тогда получается, что возможная (достижимая) изученность рассмотренных нами 9 западносибирских объектов  $ВИ = 1/K_{\text{кач}} = 1/0,85 = 1,18$ .

3. Понятие «геологическая изученность» используется уже давно в самых различных отраслях. Оно «обросло» огромным количеством методических разработок, руководящих документов, приказов и даже законодательных актов. Специалисты, работающие в этих отраслях (в том числе в нефтегазодобывающей отрасли, НГДО) к этому понятию привыкли, каждый по-своему. В каждой из отраслей разработано множество своих (специфических) количественных критериев, позволяющих оценивать степень изученности тех природных объектов, которые представляют для них особый интерес. Поэтому, например, представить дело так, что до сих пор

в НГДО геологическая изученность запасов УВС количественно не оценивалась, а теперь мы предлагаем это делать, вряд ли удастся. По крайней мере, придется долго разбираться в том, как ее оценивали до сих пор и чем наш вариант лучше. Поэтому сформированный и введенный в рассмотрение параметр  $K_{\text{гос}}$  [3] мы сразу же стали «приспосабливать» к количественной оценке плотности тех знаний, которые удается извлечь из накопленных данных при создании геолого-петрофизической модели [1, 3, 5, 6].

Впервые потребность ввести в рассмотрение такое понятие и даже попытаться сформулировать принципы *плотного накопления знаний* проявилась через 2–3 года после того, как мы начали работать над проблемой «Обоснование систем разработки нефтяных месторождений Республики Татарстан горизонтальными скважинами» (1991–2005 гг.) [7]. К этому времени основным специалистам, которые вели эту работу, стало понятно, что эффективное внедрение в практику нефтедобычи той или иной (тем более – новой) технологии возможно лишь при достаточно высокой степени геологической изученности запасов рассматриваемых залежей. Но что значит достаточно высокая степень изученности? Как ее обеспечить, если каждое из вводимых в разработку месторождений может в течение длительного времени оставаться практически неразбуренным или находится в «опытной эксплуатации»? Таким образом, получилось, что для решения проблемы «Обоснования ...» нужно было прежде всего (или одновременно) решать некоторые проблемы совершенствования научных основ разработки нефтяных месторождений [8].

Одна из схем организации научно-исследовательских и опытно-промышленных работ (НИР и ОПР), обеспечивающих создание и совершенствование технологий нефтеизвлечения за счет плотного накопления знаний об объектах разработки (*рис. 1а*), была предложена в [9]. Оригинальность этой схемы – в наличии четко обозначенных блоков и переходов между ними как по строгим (количественным) критериям  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ , так и «вслепую» (или «по интуиции»), т.е., когда объективно установленные количественные критерии еще не определены (переходы I, II, ..., V). Количество блоков, в зависимости от целей исследования, может быть любым. Функционал и предназначение каждого из них – тоже. Число специалистов и/или коллективов, включенных в процесс взаимодействия между собой – не менее числа блоков, которые могут находиться в разных районах, городах, странах. Но если функционал каждого из них и каждого включенного в работу по схеме специалиста

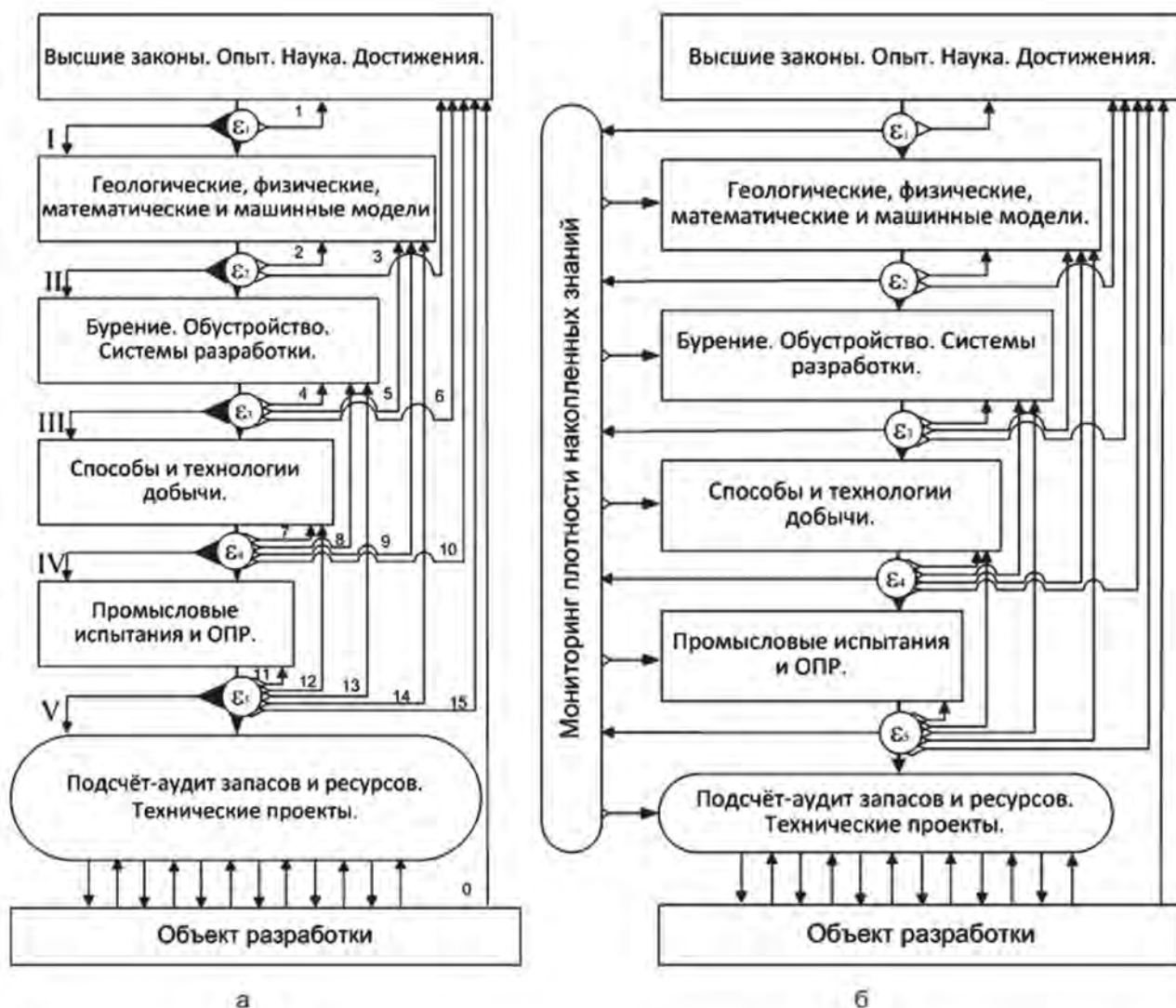


Рис. 1. Схема организации научно-исследовательских и опытно-промышленных работ (НИР и ОПР), обеспечивающих создание и совершенствование технологий нефтеизвлечения за счет плотного накопления знаний об объектах разработки

регламентированы, то ясно, что управление процессом создания конечного продукта можно автоматизировать.

Однако теперь, после работы над проблемой обоснования систем разработки месторождений УВС горизонтальными скважинами, после анализа разработки объектов Западной Сибири и на фоне работы над созданием научных основ инновационного проектирования разработки нефтяных месторождений стало ясно, что:

- $K_{\text{тоа}}$  характеризует не только качество интерпретации ГИС, но и в целом качество той геолого-петрофизической модели, на основе которой прогнозируются показатели дальнейшей разработки рассматриваемого объекта. При этом, видимо, даже не очень важно, в какой именно ГДС эта модель будет загружена, так как качество прогнозирования определяет не ГДС, а то, что в нее закладывают, и модельер – с его опытом и ИТ-инструментарием;

- аналогичных количественных критериев, если над их формированием работать целенаправленно, может быть очень много: в частности, на выходе каждого из блоков схемы, представленной на рис. 1а, может быть сформирован количественный критерий качества той работы, которая выполняется в данном блоке; сведения об этом «количественном критерии» сразу же передаются в последующий и во все остальные блоки (рис. 2б);

- неважно в какой последовательности подключаются к работе выделенные блоки. Можно считать, в частности, что все блоки работают одновременно, но новые сведения от каждого из них во все прочие блоки (непосредственно или через «мониторинг плотности накопленных знаний», как это показано на рис. 2а) поступают лишь по мере получения в каждом из них более качественного, чем ранее полученный, результата.

Понятно, что в таком случае будет осуществляться не просто «полноценная линейка» требуемых расчетов и исследований, как любят выражаться пользователи всевозможных ГДС, а те же самые расчеты и исследования, но «закрученные» геологами, геофизиками, технологами, экономистами и др. в тугую пружину итерационного (рис. 1а) или даже итерационно-хаотического (рис. 2б) процесса извлечения плотных знаний о рассматриваемом объекте из накапливаемых данных.

Следует иметь в виду, что «плотные знания» сосредотачиваются, видимо, не только в компьютерах и «системах управления знаниями – СУЗ», которые ныне привлекают к себе все большее внимание, но также и в «умах» конкретных специалистов (ученых, практиков), и в системно выстраивающих свою деятельность коллективах. Именно только с такими знаниями и с таким образом подготовленными коллективами специалистов можно будет смело выходить на освоение любых (трудноизвлекаемых, нетрадиционных, труднодоступных и пр.) ресурсов УВС.

В процессе написания статьи я попытался найти, кто в СССР/России вводил в рассмотрение или пользовался понятием «плотность накапливаемых знаний», – обнаружил в Интернете видео семинара «Плотность знаний и новые технологии мышления», на котором шла речь о работах профессора А.К. Сухотина (1922–2012) по проблеме емкости знаний. На одну из его первых работ в этом направлении, а также на его монографию, я ссылаюсь [10, 11]. Осмысление введенных и проанализированных А.К. Сухотиным понятий с позиций потребностей НГДО и, тем более, их «оцифровка» (НГДО к этому более всего подготовлена), могут дать весьма ощутимый импульс работам, направленным на создания такого ИТ-инструментария, который сейчас особенно необходим для решения задач эффективного управления технико-экономическим развитием отрасли.

4. Путей к преодолению «недоизученности», как минимум, два: а) добирать данные, как это обычно и делают (керна, ГДИС, геофизика и пр.), которых, тем не менее, всегда не хватает; б) собрать воедино (скомплексировать, уплотнить) уже добытые знания, которые «вкраплены» в результаты, полученные самыми различными специалистами, «рассыпаны» по всевозможным отчетам и т.д.

В связи с ограниченными сроками исполнения договоров нам приходилось идти вторым путем. Запасы объектов, с которыми мы работали, относились к категории А, но по нашим оценкам, их исходная изученность всегда оказывалась существенно различной и не пре-

вышала ВИ; значит, оставался шанс повысить степень геологической изученности хотя бы тех объектов, у которых ИИ наиболее низкая, не добирая данных. Именно этим «шансом» мы и пользовались: за счет создания более совершенных способов обработки данных, чем те, которыми пользовались наши предшественники, изученность возрастала. Но постепенно возник вопрос: «Насколько более качественным (менее рискованным) становится прогноз технологических показателей разработки, основанный на ГИГДМ, адекватных достигнутой изученности (ДИ).

В связи с этим – конкретный результат апробации новой методологии:

– в 2011 г. на объектах предприятия, с которыми мы работали, было пробурено 96 новых скважин, в том числе по нашему проекту – 5 на пласт X, исходная изученность запасов которого  $ИИ_x = 0,83$ ;

– за время работы над проектом удалось повысить  $ИИ_x$  до 1,11, т.е. ДИ = 1,11. Таким образом плотность знаний, извлеченных из накопленных данных, увеличилась, и «недоизученность» запасов пласта X снизилась с 29,7 до 5,9%;

– в результате существенного обновления геолого-петрофизической модели и расчетов на ГДМ, адекватной ДИ, все 5 «наших» скважин вскрыли сохранившиеся остаточные запасы, дали нефть, и их суммарный фактический начальный дебит по нефти оказался выше расчетного на 22%;

– по остальным скважинам (91), пробуренным по расчетам 6 других организаций, суммарный фактический начальный дебит по нефти оказался на 37% ниже проектного. Причем, «эффекта» не было ни у кого – прогнозы всех прочих (кроме ООО «ЦСМРнефть») организаций оказались завышенными на величину от 13 до 82%.

Дело в том, что эти 6 организаций, скорее всего, выдали свои рекомендации по расчетам на моделях, адекватных не ДИ (как у нас), а существенно заниженным (исходным) значениям изученности рассматриваемых объектов. А в худшем случае – специалисты этих организаций возможно тоже, как и мы, потратили много сил и средств на переинтерпретацию полученных от заказчика данных, полагая, что тем самым «извлекают из них новые знания». Но «искусством» определять ПНЗ они не владели, ВИ, ИИ и ДИ – не определяли, поэтому своей «переинтерпретацией» они могли не только не улучшить степень изученности рассматриваемых объектов, но и ухудшить ее.

Вот уже много лет ГТМ, планируемые непосредственно добывающими предприятиями на месторождениях-залежах-участках УВС даже с запасами категории А, и, тем более, решения

о бурении новых скважин на запасы категорий  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $C_1$  и  $C_2$ , обременены, во-первых, значительными геолого-технологическими рисками и, во-вторых, существенной неуверенностью в том, что будет получен ожидаемый эффект.

Действительно, если не оценивать ИИ рассматриваемой залежи количественно, то при отсутствии ожидаемого эффекта «виновата» будет, конечно же, технология, хотя вполне возможно, что фактически при прогнозировании ее эффективности просто использовались неверные данные? Но – кто и как это докажет?

При наличии эффекта – тоже непонятно, что это за «эффект», т.к. из-за недостаточной изученности участка он может быть просто «случайным». А что значит «достаточная» или «недостаточная» изученность, если нет ее количественной оценки?

Таким образом, при заведомо определенном (для региона, типа коллекторов и пр.) значении возможной изученности (ВИ) запасов месторождений-залежей-участков УВС:

– сначала должна быть проведена количественная оценка исходной изученности (ИИ) рассматриваемого объекта;

– при необходимости (если  $ИИ < ВИ$ ) – «доизучение» его запасов и, соответственно, расчет

вновь достигнутой изученности (ДИ), значение которой должно «приблизиться» к ВИ;

– далее – создание ГИГДМ, адекватных уточненной (достигнутой) степени геологической изученности – ДИ.

И только после этого – принятие решения, например, о дальнейшем наращивании изученности запасов, о планировании ГТМ, о внедрении новых технологий нефтеизвлечения и/или об аудите запасов и ресурсов этого объекта.

Что касается «наращивания» степени геологической изученности запасов рассматриваемых объектов, т.е. развития работ, направленных на неуклонный рост их текущей изученности (ТИ), то после того, как раскрыта принципиальная возможность расчета ВИ, ИИ, ДИ, ТИ и ПНЗ для запасов категории А, становится очевидным, что аналогичным образом могут быть получены количественные оценки степени геологической изученности для запасов всех других категорий ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ). И не только для запасов, но и для ресурсов тоже [12].

В результате постепенно могут быть выявлены (разработаны, сформированы) объективные отечественные критерии отнесения запасов и ресурсов УВС к удобным для каждой из добывающих организаций категориям. **■**

## Литература

1. Муслимов Р.Х., Михайлов В.Н., Волков Ю.А. О точности прогноза технологических показателей разработки нефтяных месторождений // *Oil&Gas Journal Russia*. 2015. № 8. С. 62–69.
2. Шелепов В.В. Текущее состояние разработки месторождений УВС и предложения по совершенствованию проектирования разработки // *Состояние и дальнейшее развитие основных принципов разработки нефтяных месторождений*. М.: НИИЦ «Недра-XXI». 2015. С. 8–21.
3. Волков Ю.А., Михайлов В.Н., Муслимов Р.Х., Потрясов А.А., Сячек К.Г. Количественный критерий для управления качеством геолого-петрофизических моделей при проектировании разработки // *Материалы XVI научно-практической конференции «Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»*, Ханты-Мансийск, 19–23 ноября 2012 г. Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис. 2013. Т. 1. С. 265–268.
4. Волков Ю.А., Михайлов В.Н. Количественные критерии для управления качеством моделей длительно разрабатываемых месторождений // *Георесурсы*. 2014. № 1. С. 29–34.
5. Михайлов В.Н., Потрясов А.А., Волков Ю.А. О точности прогнозирования основных технологических показателей разработки зрелых и истощенных нефтяных месторождений // *Материалы международной научно-практической конференции «Особенности разведки и разработки месторождений нетрадиционных углеводородов»*. Казань, 2–3 сентября 2015 г. Казань: ИХЛАС. 2015. С. 205–209.
6. Волков Ю.А. Стратегия изучения, оценки и освоения ресурсов на площадях нефтяных месторождений с большой историей за счет и в ходе рациональной доработки их длительно эксплуатируемых объектов // *Нефтяная провинция*. 2015. № 4. С. 1–29.
7. Муслимов Р.Х., Волков Ю.А., Карпова Л.Г., Тюрин В.В., Яраханова Д.Г. Разработка нефтяных месторождений горизонтальными скважинами: опыт и достижения. Казань: Плутон. 2017. 450 с.
8. Муслимов Р.Х., Галеев Г.И., Сулейманов Э.И., Волков Ю.А. Проблемы совершенствования научных основ разработки нефтяных месторождений // *Тезисы докладов научно-практической конференции «Проблемы развития нефтяной промышленности Татарстана на поздней стадии освоения запасов»*. Альметьевск, 27–28 октября 1994 г. Альметьевск: ООП КИВЦ. 1994. С. 18–23.
9. Волков Ю.А., Евлампиев А.В. К вопросу создания и совершенствования технологий нефтеизвлечения // *Материалы семинара–дискуссии «Концепция развития методов увеличения нефтеизвлечения»*. Бугульма, 27–28 мая 1996 г. Казань: Новое знание. 1997. С. 267–280.
10. Сухотин А.К. К вопросу об уплотнении знаний // *Сборник научных работ кафедры истории КПСС и философии*. Томск: Издательство Томского мединститута. 1960. С. 54–60.
11. Сухотин А.К. Гносеологический анализ емкости знания. Томск: Издательство Томского университета. 1968. 203 с.
12. Волков Ю.А., Чернов С.В. Создание моделей нефтяных месторождений, адекватных степени изученности их запасов // *Нефтяная провинция*. 2017. № 3. С. 21–28.

Yu.A. Volkov, PhD, Corresponding Member of the Academy of Natural Sciences, Member of EUES, General Director of OOO "CSMRneft" under the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, yua@csmr.ru

OOO "The Center for Improving Oil Development Methods". Office 112, 35a Leitenant Shmidt str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420097, Russia.

## New Methodology for the Preparation of the Geological Basis for the Justification of Geological and Technical Measures, Drilling of New Wells, Audit of Hydrocarbon Reserves and Resources

**Abstract.** In order to optimize production and increase the oil recovery factor at facilities, primarily independent (small) oil companies, which tend to innovations most of all, it is proposed to take a look at the classification of hydrocarbon reserves and resources that came into force in 2016 in terms of the opportunities provided by a quantitative assessment of the degree of their geological knowledge.

**Keywords:** optimization of production and maximization of oil recovery; digital platforms in oil production; quantitative assessment of the degree of geological knowledge of oil reserves; accumulated knowledge density; geological models; geological and hydrodynamic models; prediction of oil field development indicators; new classification; audit and calculation of hydrocarbon reserves.

### References

1. Muslimov R.Kh., Mikhailov V.N., Volkov Iu.A. *O tochnosti prognoza tekhnologicheskikh pokazatelei razrabotki nef'tnykh mestorozhdenii* [About the accuracy of the prediction of technological indicators of oil field development]. Oil&Gas Journal Russia, 2015, no. 8, pp. 62–69.
2. Shelepov V.V. *Tekushchee sostoianii razrabotki mestorozhdenii UBC i predlozheniia po sovershenstvovaniiu proektirovaniia razrabotki* [The current status of the development of hydrocarbon deposits and proposals for improving the design development]. *Sostoianie i dal'neishee razvitiie osnovnykh printsipov razrabotki nef'tnykh mestorozhdenii* [The state and further development of the basic principles of oil field development]. Moscow, NIITs «Nedra-XXI» Publ., 2015, pp. 8–21.
3. Volkov Iu.A., Mikhailov V.N., Muslimov R.Kh., Potriiasov A.A., Skachek K.G. *Kolichestvennyi kriterii dlia upravleniia kachestvom geologo-petrofizicheskikh modelei pri proektirovanii razrabotki* [Quantitative criterion for quality management of geological and petrophysical models in the design development]. Proc. XVI conf. «Puti realizatsii nef'tegazovogo i rudnogo potentsiala Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga – lugry» [Ways of realization of the oil and gas and ore potential of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug- Ugra]. Khanty-Mansiisk, 19–23 November 2012, Khanty-Mansiisk, IzdatNaukaServis Publ., 2013, vol. 1, pp. 265–268.
4. Volkov Iu.A., Mikhailov V.N. *Kolichestvennye kriterii dlia upravleniia kachestvom modelei dlitel'no razrabatyvaemykh mestorozhdenii* [Quantitative criteria for the quality management of models of long-term fields]. *Georesursy* [Georesources], 2014, no. 1, pp. 29–34.
5. Mikhailov V.N., Potriiasov A.A., Volkov Iu.A. *O tochnosti prognozirovaniia osnovnykh tekhnologicheskikh pokazatelei razrabotki zrelykh i istoshchennykh nef'tnykh mestorozhdenii* [About the accuracy of forecasting the main technological indicators of the development of mature and depleted oil fields]. Proc. inter. conf. «Osobennosti razvedki i razrabotki mestorozhdenii netraditsionnykh uglevodorodov» [Features of exploration and development of deposits of unconventional hydrocarbons]. Kazan, 2–3 September 2015. Kazan: Ikhlas Publ., 2015, pp. 205–209.
6. Volkov Iu.A. *Strategiia izucheniia, otsenki i osvoeniia resursov na ploshchadiakh nef'tnykh mestorozhdenii s bol'shoi istoriei za schet i v khode ratsional'noi dorazrabotki ikh dlitel'no ekspluatiruemykh ob'ektov* [The strategy of studying, evaluating and developing resources in areas of oil fields with a long history due to and in the course of rational development of their long-running facilities]. *Neftianaiia provintsiiia* [Oil province], 2015, no. 4, pp. 1–29.
7. Muslimov R.Kh., Volkov Iu.A., Karpova L.G., Tiurin V.V., Iarakhanova D.G. *Razrabotka nef'tnykh mestorozhdenii gorizonta'nnyimi skvazhinami: opyt i dostizheniia* [Development of oil fields horizontal wells: experience and achievements]. Kazan, Pluton Publ., 2017, 450 p.
8. Muslimov R.Kh., Galeev G.I., Suleimanov E.I., Volkov Iu.A. *Problemy sovershenstvovaniia nauchnykh osnov razrabotki nef'tnykh mestorozhdenii* [Problems of improving the scientific basis for the development of oil fields]. Theses of reports conf. «Problemy razvitiia nef'tianoi promyshlennosti Tatarstana na pozdnei stadii osvoeniia zapasov» [Problems of development of the oil industry in Tatarstan at a late stage of development of reserves], Almetevsk, 27–28 October 1994. Almetevsk: OOP KIVTs Publ., 1994, pp. 18–23.
9. Volkov Iu.A., Evlampiev A.V. *K voprosu sozdaniia i sovershenstvovaniia tekhnologii nef'teizvlecheniia* [On the issue of creation and improvement of oil recovery technologies]. Workshop discussion materials «Kontseptsiiia razvitiia metodov uvelicheniia nef'teizvlecheniia» [The concept of development of methods to increase oil recovery], Bugulma, 27–28 May 1996. Kazan: Novoe znanie Publ., 1997, pp. 267–280.
10. Sukhotin A.K. *K voprosu ob uplotnenii znaniia* [To the question of knowledge compaction]. *Sbornik nauchnykh rabot kafedry istorii KPSS i filosofii* [Collection of scientific works of the Department of History of the CPSU and Philosophy]. Tomsk, Izdatel'stvo Tomskogo medinstituta Publ., 1960, pp. 54–60.
11. Sukhotin A.K. *Gnoseologicheskii analiz emkosti znaniia* [Gnoseological analysis of the capacity of knowledge]. Tomsk, Izdatel'stvo Tomskogo universiteta Publ., 1968, 203 p.
12. Volkov Iu.A., Chernov S.V. *Sozdanie modelei nef'tnykh mestorozhdenii, adekvatnykh stepeni izuchennosti ikh zapasov* [Creating models of oil fields, adequate degree of knowledge of their reserves]. *Neftianaiia provintsiiia* [Oil province], 2017, no. 3, pp. 21–28.