

ISSN 2518-170X (Online),  
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

# Х А Б А Р Л А Р Ы

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский  
технический университет им. К. И. Сатпаева

## NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
Kazakh national research technical university  
named after K. I. Satpayev

### ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР СЕРИЯСЫ



### СЕРИЯ ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



### SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

**4 (430)**

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2018 ж.  
ИЮЛЬ – АВГУСТ 2018 г.  
JULY – AUGUST 2018

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.  
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

---

*NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.*

*Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.*

*НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.*

Б а с р е д а к т о р ы  
э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

**И.К. Бейсембетов**

Бас редакторының орынбасары

**Жолтаев Г.Ж.** проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

**Абаканов Т.Д.** проф. (Қазақстан)  
**Абишева З.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Агабеков В.Е.** академик (Беларусь)  
**Алиев Т.** проф., академик (Әзірбайжан)  
**Бакиров А.Б.** проф., (Қырғыстан)  
**Беспәев Х.А.** проф. (Қазақстан)  
**Бишимбаев В.К.** проф., академик (Қазақстан)  
**Буктуков Н.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Булат А.Ф.** проф., академик (Украина)  
**Ганиев И.Н.** проф., академик (Тәжікстан)  
**Грэвис Р.М.** проф. (АҚШ)  
**Ерғалиев Г.К.** проф., академик (Қазақстан)  
**Жуков Н.М.** проф. (Қазақстан)  
**Кенжалиев Б.К.** проф. (Қазақстан)  
**Қожахметов С.М.** проф., академик (Қазақстан)  
**Конторович А.Э.** проф., академик (Ресей)  
**Курскеев А.К.** проф., академик (Қазақстан)  
**Курчавов А.М.** проф., (Ресей)  
**Медеу А.Р.** проф., академик (Қазақстан)  
**Мұхамеджанов М.А.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Нигматова С.А.** проф. (Қазақстан)  
**Оздоев С.М.** проф., академик (Қазақстан)  
**Постолатий В.** проф., академик (Молдова)  
**Ракишев Б.Р.** проф., академик (Қазақстан)  
**Сейтов Н.С.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Сейтмуратова Э.Ю.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Степанец В.Г.** проф., (Германия)  
**Хамфери Дж.Д.** проф. (АҚШ)  
**Штейнер М.** проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

**ISSN 2518-170X (Online),**

**ISSN 2224-5278 (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде  
30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

---

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2018

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р  
д. э. н., профессор, академик НАН РК

**И. К. Бейсембетов**

Заместитель главного редактора

**Жолтаев Г.Ж.** проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

**Абаканов Т.Д.** проф. (Казахстан)  
**Абишева З.С.** проф., академик (Казахстан)  
**Агабеков В.Е.** академик (Беларусь)  
**Алиев Т.** проф., академик (Азербайджан)  
**Бакиров А.Б.** проф., (Кыргызстан)  
**Беспаяев Х.А.** проф. (Казахстан)  
**Бишимбаев В.К.** проф., академик (Казахстан)  
**Буктуков Н.С.** проф., академик (Казахстан)  
**Булат А.Ф.** проф., академик (Украина)  
**Ганиев И.Н.** проф., академик (Таджикистан)  
**Грэвис Р.М.** проф. (США)  
**Ергалиев Г.К.** проф., академик (Казахстан)  
**Жуков Н.М.** проф. (Казахстан)  
**Кенжалиев Б.К.** проф. (Казахстан)  
**Кожаметов С.М.** проф., академик (Казахстан)  
**Конторович А.Э.** проф., академик (Россия)  
**Курскеев А.К.** проф., академик (Казахстан)  
**Курчавов А.М.** проф., (Россия)  
**Медеу А.Р.** проф., академик (Казахстан)  
**Мухамеджанов М.А.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Нигматова С.А.** проф. (Казахстан)  
**Оздоев С.М.** проф., академик (Казахстан)  
**Постолатий В.** проф., академик (Молдова)  
**Ракишев Б.Р.** проф., академик (Казахстан)  
**Сейтов Н.С.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Сейтмуратова Э.Ю.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Степанец В.Г.** проф., (Германия)  
**Хамфери Дж.Д.** проф. (США)  
**Штейнер М.** проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

**ISSN 2518-170X (Online),**

**ISSN 2224-5278 (Print)**

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2018

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

**I. K. Beisembetov**

Deputy editor in chief

**Zholtayev G.Zh.** prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

**Abakanov T.D.** prof. (Kazakhstan)  
**Abisheva Z.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Agabekov V.Ye.** academician (Belarus)  
**Aliyev T.** prof., academician (Azerbaijan)  
**Bakirov A.B.** prof., (Kyrgyzstan)  
**Bespayev Kh.A.** prof. (Kazakhstan)  
**Bishimbayev V.K.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Buktukov N.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Bulat A.F.** prof., academician (Ukraine)  
**Ganiyev I.N.** prof., academician (Tadjikistan)  
**Gravis R.M.** prof. (USA)  
**Yergaliev G.K.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Zhukov N.M.** prof. (Kazakhstan)  
**Kenzhaliyev B.K.** prof. (Kazakhstan)  
**Kozhakhmetov S.M.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kontorovich A.Ye.** prof., academician (Russia)  
**Kurskeyev A.K.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kurchavov A.M.** prof., (Russia)  
**Medeu A.R.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Muhamedzhanov M.A.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Nigmatova S.A.** prof. (Kazakhstan)  
**Ozdoev S.M.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Postolatii V.** prof., academician (Moldova)  
**Rakishev B.R.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Seitov N.S.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Seitmuratova Ye.U.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Stepanets V.G.** prof., (Germany)  
**Humphery G.D.** prof. (USA)  
**Steiner M.** prof. (Germany)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.**

**ISSN 2518-170X (Online),**

**ISSN 2224-5278 (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2018

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev  
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 430 (2018), 155 – 167

**A. I. Koishina<sup>1</sup>, O. G. Kirisenko<sup>2</sup>,  
B. N. Koilybayev<sup>1</sup>, K. K. Agayeva<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Caspian State University of Technologies and Engineering named after Sh. Yessenov,  
Aktau, Kazakhstan,<sup>2</sup>Oil and Gas Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences,  
Baku, Azerbaijan.

E-mail: akaman\_k@mail.ru, oleg.kirisenko@gmail.com, nomad\_bk@bk.ru, kamila.agayeva@hotmail.com

**DECISION-MAKING FOR CHOOSING  
OF GEOLOGICAL AND ENGINEERING OPERATIONS:  
CURRENT STATUS AND PROSPECTS**

**Abstract.** It is commonly known that great care is given to upgrading of the efficiency due to implementing of various new technologies and GTM during development of oil fields. Widespread introduction of GTM as well as enhanced oil recovery (EOR) and elaboration of their technologies raise the issues of relevant choice of the best methods ensuring proper technical and economical efficiency in particular conditions. Despite of the profound interest of the researches to the given question, major problems arise currently anyway at comparative evaluation of various types of GTM regarding particular conditions. The issue of upgrading of efficiency of GTM based on the integrated geological and physical and technological information is currently challenging and deserves relevant consideration. Deep analysis of the conditions for applying of various GTM using advanced techniques and corresponding software allows in its turn to give guidance to current possibilities in order to upgrade efficiency of field deposit. For many years the research focused on upgrading of the efficiency of field deposits had been conducted in various scientific and industrial organizations. The analysis of choosing and implementing of GTM at different deposits is of great interest. Review and analysis of up-to-date condition of problem of GTA choosing are illustrated in the article. Examples of application and performance evaluation of GTM are shown at different deposits. Development and upgrading of the analysis methods as well as forecasting of indicators and decision-making have been observed over the recent years. Their implementation allowed upgrading the efficiency of conducted geological and technical operations. As a result of conducted operations the researchers solved the issue of creating of integrated methodology and its mathematic, scheduled and information application for evaluating of efficiency and optimal scheduling of geological and technical operations at field deposits; structure of automated system of decision support and algorithm of its functioning have been created; by transforming the indicators characterizing the formation into the relevant factors, the equations (linear and multiplicative) were made expressing the dependence of the efficiency indicators of GTM from the formed factors; by variants calculation and analysis of comparative efficiency of any GTM in different conditions the directions were shown and the results of making decisions for choosing of the best GTM were obtained.

**Key words:** geological and technical measure (GTM), field development, decision-making, crude oil production, oil recovery.

А. И. Койшина<sup>1</sup>, О. Г. Кирисенко<sup>2</sup>, Б. Н. Койлыбаев<sup>1</sup>, К. К. Агаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, Актау, Казахстан,

<sup>2</sup>Институт нефти и газа Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан.

## ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Аннотация.** Как известно, повышению эффективности за счет применения различных новых технологий и ГТМ уделяется большое внимание при разработке нефтяных месторождений. Широкое внедрение ГТМ, а также с МУН и развитие их технологий ставит вопросы адекватного выбора наилучших методов, обеспечивающих должную технологическую экономическую эффективность в конкретных условиях. Несмотря на большой интерес исследователей к данному вопросу, все же в настоящее время серьезные затруднения возникают при сравнительной оценке различных видов ГТМ применительно к конкретным условиям. Проблема повышения эффективности ГТМ на основе комплексной геолого-физической и технологической информации в настоящее время является актуальной и заслуживает соответствующего внимания. Тщательный анализ условий применения различных ГТМ с использованием современных методов и соответствующего программного обеспечения позволит в свою очередь правильно сориентировать имеющиеся возможности с целью повышения эффективности разработки месторождения. На протяжении многих лет исследования, направленные на повышение эффективности разработки месторождений, проводились в различных научных и производственных организациях. Представляет интерес анализ опыта выбора и внедрения ГТМ на различных месторождениях. В статье приводится обзор и анализ современного состояния проблемы выбора ГТМ. Показаны примеры применения и оценки эффективности ГТМ на различных месторождениях. В последние годы наблюдается развитие и совершенствование методов анализа, прогнозирования показателей и принятия решений, реализация которых позволила повысить эффективность проводимых геолого-технических мероприятий. В результате проведенных работ исследователями решена задача создания комплексной методики и ее математического, программного и информационного обеспечения для оценки эффективности и оптимального планирования геолого-технических мероприятий на нефтяных месторождениях; разработана структура автоматизированной системы поддержки принятия решения и алгоритм ее функционирования; путем преобразования признаков, характеризующих пласт, в соответствующие факторы, построены уравнения (линейное и мультипликативное), выражающие зависимость показателей эффективности ГТМ от сформированных факторов; путем вариантных расчетов и анализа сравнительной эффективности того или иного ГТМ в различных условиях показаны пути и получены результаты принятия решений по выбору наилучшего ГТМ.

**Ключевые слова:** геолого-техническое мероприятие (ГТМ), разработка месторождений, принятие решений, добыча нефти, нефтеотдача.

**Введение.** В период эксплуатации нефтяного месторождения, как известно, проводятся работы на скважинах с целью регулирования его разработки и поддержания уровня добычи нефти. Этот комплекс работ называют геолого-техническими мероприятиями (ГТМ), за счет проведения которых нефтедобывающие компании обеспечивают достижение необходимых показателей разработки месторождений. Естественно, имеется производственная необходимость в оценке методов и критериев эффективности ГТМ.

Как известно, повышению эффективности за счет применения различных новых технологий и ГТМ уделяется большое внимание при разработке нефтяных месторождений. Широкое внедрение ГТМ, а также с МУН и развитие их технологий ставит вопросы адекватного выбора наилучших методов, обеспечивающих должную технологическую экономическую эффективность в конкретных условиях. Несмотря на большой интерес исследователей к данному вопросу, все же в настоящее время серьезные затруднения возникают при сравнительной оценке различных видов ГТМ применительно к конкретным условиям. Это связано с недостаточностью исследований, позволяющих дать прогнозную оценку эффективности ГТМ для тех условий, где по тем или иным причинам оно не применялось. Современный уровень развития методов анализа информации и принятия решений позволит это сделать при наличии комплексной геолого-физической и технологической

информации. В то же время опыт внедрения различных ГТМ на различных месторождениях подтверждает большое их значение в повышении показателей добычи нефти, а также обуславливает важность изыскания путей наиболее полного использования потенциальных возможностей имеющейся информации, хотя очень часто приходится сталкиваться с ее неопределенностью, как статистического, так и нестатистического характера. Отмеченное требует применения методов, позволяющих в зависимости от характера имеющейся информации строить соответствующие модели прогнозирования показателей эффективности и принимать решения в условиях многокритериальности.

Исходя из этого, проблема повышения эффективности ГТМ на основе комплексной геолого-физической и технологической информации в настоящее время является актуальной и заслуживает соответствующего внимания. Тщательный анализ условий применения различных ГТМ с использованием современных методов и соответствующего программного обеспечения позволит в свою очередь правильно сориентировать имеющиеся возможности с целью повышения эффективности разработки месторождения. На протяжении многих лет исследования, направленные на повышение эффективности разработки месторождений, проводились в различных научных и производственных организациях. Представляет интерес анализ опыта выбора и внедрения ГТМ на различных месторождениях.

**Краткий обзор исследований, посвящённых геолого-техническим мероприятиям.** В настоящее время на нефтяных месторождениях используются различные виды ГТМ, в частности обработка призабойной зоны (ОПЗ), гидроразрыв пласта (ГРП), бурение горизонтальных скважин, а также другие методы интенсификации добычи нефти, а также методы увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов [1-3].

К настоящему времени предложены различные методики расчета эффективности применяемых ГТМ [4]. В целом, все мероприятия, проводимые на скважинах, по виду воздействия могут быть разделены на следующие виды: технические, ремонтные, МУН и интенсификация добычи нефти, ОПЗ.

Как показывает анализ литературы, с целью выбора наиболее эффективных ГТМ применяются различные модели для решения задач прогнозирования добычи нефти. Прогнозные показатели определяются сложившимися тенденциями добычи нефти и эффективностью планируемых ГТМ. Современные исследования, в том числе совершенствования существующих подходов к оценке эффективности ГТМ, позволяют осуществлять широкое внедрение новых систем программирования, автоматизации процесса оценки технологической эффективности применяемых методов повышения нефтеотдачи. Сюда следует отнести разработку программного комплекса EOR–Office, который представляет современный инструмент, предназначенный для автоматизации всего комплекса задач, стоящих перед специалистами, занимающимися повышением нефтеотдачи пластов [5, 6]. Одним из основных подходов к оценке технологической эффективности различных ГТМ в нефтяной промышленности является экстраполяционный. Суть экстраполяционных методов оценки технологической эффективности различных ГТМ состоит в построении базового уровня добычи нефти. Для этого фактическая добыча нефти при проведении ГТМ сравнивается с прогнозными данными, полученными при экстраполяции предыстории. При этом даже небольшие ошибки в построении базового уровня добычи, как отмечают специалисты, приведут к неадекватному подбору и планированию оптимальных ГТМ [7]. На практике фактическую эффективность ГТМ принято оценивать методами характеристик вытеснения нефти водой, т.е., по кривым обводнения – зависимостям типа  $V_n = f(V_{ж})$  и по кривым изменения добычи нефти – зависимостям типа  $V_n = f(t)$ : здесь  $V_n$  и  $V_{ж}$  – накопленные отборы соответственно нефти и жидкости;  $t$  – время. Согласно [7] общий эффект можно подразделять на эффект, обусловленный изменением характера вытеснения нефти и эффект, связанный с интенсификацией отбора жидкости. Рассчитывается дополнительное количество попутно добываемой воды. По кривым падения дебита нефти – зависимостям типа  $V_n = f(t)$  определяется общий эффект ГТМ.

В настоящее время насчитываются десятки различных типов характеристик вытеснения [8, 9] и одной из проблем является выбор такой характеристики вытеснения, которая наилучшим образом согласовывалась с историей разработки объекта и обеспечивала наиболее точную экстраполяцию при прогнозе [10]. Так, в работе [11] рассматриваются некоторые вопросы, касающиеся



выбора наиболее точных методов оценки ГТМ, а также приводятся зависимости, отражающие возможные случаи дифференциации технологического эффекта метода повышения нефтеотдачи. По мнению автора, прогнозирование эффекта (т.е. расчет ожидаемого эффекта) ГТМ, основанное на экстраполяции кривых фактической и базовой добычи нефти, с использованием методов характеристик может быть не всегда надежным. Данное обстоятельство автор связывает со следующими причинами. По его мнению, при том, как продолжительность эффекта от применения некоторых видов ГТМ (например, ГРП) колеблется в интервале 5-7 лет использование кривых обводнения для сравнительно долгосрочных прогнозов может быть надежным только при высокой обводненности, как правило, превышающей 50-70%. При более низкой обводненности (на ранних стадиях) продолжительность прогноза не должна превышать 3-6 месяцев. Однако многие виды ГТМ проводятся в безводных или малообводненных скважинах.

Также в работе отмечается, что при наличии представительной информации по падающей добыче нефти после проведения ГТМ (не менее 4-6 точек) является возможным надежная экстраполяция характеристик вытеснения. В этих условиях целесообразным может быть применение методов прогнозирования, основанных на использовании коэффициентов падения дебита нефти. Если информация по отборам нефти после проведения ГТМ не представительна, то можно применять коэффициенты падения отборов по другим скважинам с более продолжительным периодом эксплуатации после ГТМ. Исходя из вышеизложенного совершенствование методов характеристик вытеснения и на сегодняшний день стоит на повестке дня и является вполне актуальным [12]. В работе [13] объектом прогноза являются скважины, кусты, участки, (группы скважин), цех, пласт, нефтегазодобывающее предприятие, и др., интервалы прогноза – месяц, квартал, год. В зависимости от характера и очередности планируемых мероприятий возникает необходимость проведения многовариантных расчетов, что в свою очередь требует соответствующего программного обеспечения с применением современного математического аппарата. В связи с этим в [13] рассмотрена технология расчетов прогнозных показателей, реализованная в интегральном программном комплексе (ИПК) «Баспро-аналитик» (разработка ЗАО «Аналитический центр СИБИНКор») и применяемая в практике анализа показателей разработки месторождений Нижневартовского района. Решение задач предполагает использование двух программных модулей: «Баспро-характеристики» – обеспечивает расчет базовой добычи при сложившейся системе разработки и оценку эффекта от проведенных ГТМ; «Баспро-прогноз» – рассчитывает прогнозную добычу нефти с учетом предполагаемого эффекта от планируемых ГТМ.

В работе приводятся схемы, иллюстрирующие процесс расчета базового варианта добычи нефти, а также его прогнозного варианта. Показана классификация показателей технологической эффективности проведения ГТМ. Применительно к геологическому строению Ершового месторождения установлена эффективность различных ГТМ. Как отмечают авторы, данный принцип был в полной мере использован для составления программы ГТМ и прогнозирования технологических показателей разработки Ершового нефтяного месторождения, осуществляемой ОАО «Тюменская нефтяная компания». Расчетные показатели оценки эффекта ГТМ определяются в соответствии с «Методическим руководством по оценке технологической эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи пластов». Используемая в программе методика основана на определении характеристик вытеснения, аппроксимирующих наилучшим образом фактические данные истории добычи нефти. Аппроксимация осуществляется на интервале настройки, задаваемом пользователем и принадлежащем интервалу истории. Погрешность аппроксимации оценивается «в смысле наименьших квадратов». Эффект в «Баспро-характеристики» автоматически разделяется на две составляющие: эффект по нефтеотдаче и эффект по интенсификации. Параллельно с двумя основными эффектами рассчитывается эффект от снижения объемов попутно добываемой воды. Если характеристика базовой добычи была уже рассчитана и хранится в базе «прогнозной добычи», «Баспро-характеристики» позволяет рассчитывать эффект, сопоставляя эти данные и фактическую добычу [14].

Развитие математических методов моделирования и современных средств вычислительной техники дает возможность определения технологической эффективности ГТМ для рассматриваемого нефтегазового объекта двумя возможными путями, считает автор унифицированной методики расчета эффективности ГТМ [9]: постоянно действующей многомерной детерминиро-

ванной моделью фильтрации; малопараметрической вероятностно-статистической моделью на основе данных истории разработки.

В первом случае требуется создание геологической и фильтрационной моделей объекта и наличие соответствующего программного обеспечения, описывающего процессы в пласте. Данный подход требует относительно больших затрат времени и средств.

Во втором случае оценка технологической эффективности выполняется без привлечения фильтрационной модели объекта. Второй подход не требует больших затрат времени и средств и может использоваться при определении эффективности ГТМ.

Методика предусматривает оценку достоверности исходных данных, теоретические предпосылки, тестирование предлагаемой методики, а также инструкцию к программному комплексу. Это позволяет повысить качество и достоверность принимаемых решений. Другие авторы [10] проводят анализ используемых в настоящее время методических положений по оценке технологической эффективности ГТМ, а также представляют результаты численных экспериментов по оценке эффективности ГТМ с использованием программного комплекса «БАСПРО-Характеристики» (методика СибНИИ НП) на реальных данных (ряде участков Самотлорского месторождения) и на модельных характеристиках, рассчитанных на идеализированной трехмерной гидродинамической модели.

На основе трехмерных гидродинамических расчетов модельных и реальных участков нефтяных пластов ими были проведены экспериментальные расчеты с использованием программных комплексов «Tempest MORE (Rohar) и Eclipse (Schlumberger), результаты которых сопоставлялись с инженерными расчетами по следующим методикам оценки технологической эффективности ГТМ: методика ВНИИнефти [8, 15], СибНИИ НП [16], Казакова А.А. [7, 8, 17] и Шахвердиева А.Х. [18]. Такой подход к применению гидродинамических моделей дает возможность тестировать методики оценки технологической эффективности на «синтетических» показателях разработки, полученных в процессе моделирования по отдельным скважинам. В связи с анализом данных и поддержкой принятия решения о ГТМ тюменскими специалистами [19] предложена концепция корпоративной базы знаний ТНК, предназначенной для хранения, развития, использования опыта и эмпирических знаний специалистов компании, занимающихся геолого-технологическими мероприятиями (ГТМ) [11]. Организация работы с базой знаний основана на использовании Интернет. Содержание базы знаний структурируется в виде пар «ГТМ – ситуация, при которой выполнялось мероприятие». Для формализации представления ситуаций, разработки алгоритмов ситуационного анализа (методы общего ситуационного подхода) и поиска использован математический аппарат гиперграфов.

Ситуационный метод (ситуационные модели в корпоративных базах знаний) основан на поиске и использовании аналогий, известных из реального опыта профессиональной деятельности. Реальность опыта для инженера может быть более важной, чем результаты математического моделирования. Интерес может представлять соединение обоих подходов, при котором ситуационные аналоги будут использованы для выбора предполагаемых параметров ГТМ.

Формированию базы данных ГТМ по скважинам, рекомендуемым под добычу, а также соответствующим критериям для выбора ГТМ посвящена работа [5]. Согласно данной работе для формирования базы данных ГТМ по скважинам по каждому пласту выбираются следующие критерии: текущая нефтенасыщенная толщина более 2 м; пласт не перфорирован, либо по текущему фонду скважина недобывающая; пласт не имеет слияния с перфорированным пластом, либо скважина недобывающая (данный критерий может не учитываться); в радиусе менее 500 м нет добывающих по текущему фонду скважин, работающих на данный пласт; глинистость пласта менее 6% (данный критерий может не учитываться, если предполагается применение МУН (разглинизация); проницаемость пласта более  $0,07 \text{ мкм}^2$ . По всем рассматриваемым пластам подсчитываются прогнозные дебиты. Размещение выбранных скважин проверяется по картам текущих нефтенасыщенных толщин. Выбранные скважины включаются в базу ГТМ как рекомендуемые для перевода под добычу нефти. По мнению авторов, предложенные критерии позволяют проводить выбор скважин для формирования базы данных с помощью ЭВМ с последующей проверкой по построенным картам, что при большом объеме информации гораздо эффективнее, чем выбор скважин вручную. Этот порядок формирования базы данных для разработки ГТМ был применен

при выработке рекомендаций по Абдрахмановской, Чишминской и Восточно-Сулеевской площадям Ромашкинского месторождения [20].

В статье [21] рассматривается решение задачи формирования базы данных ГТМ по скважинам, рекомендуемым под добычу, с использованием метода нечетких множеств на примере пласта «а» горизонта  $D_1$  Восточно-Сулеевской площади Ромашкинского месторождения. Под нечетким множеством здесь понимается объект, о принадлежности к которому можно судить только с некоторой долей уверенности. Решение задачи выбора скважин для рекомендации под добычу для каждого пласта сводится к определению для всех скважин функций принадлежности к множеству «скважина, рекомендованная для перевода под добычу». Наличие множества критериев, зачастую противоречивых, создает затруднения в выборе наилучшего решения [22]. В связи с этим авторы сводят решение многокритериальной задачи к однокритериальной с помощью теории нечетких множеств, считая этот критерий как меру целесообразности проведения предусмотренного ГТМ, что, по их мнению, позволяет осуществить быструю ранжировку возможных вариантов решения по степени целесообразности и сформировать наиболее предпочтительный график работ.

Автор [23] при оценке эффективности мероприятий по увеличению добычи нефти и конечной нефтеотдачи предлагает следующую концепцию.

Для определения эффективности какого-либо дополнительного технического мероприятия по увеличению текущей добычи и конечной нефтеотдачи следует рассчитать два варианта разработки нефтяной залежи (эксплуатационного объекта): без дополнительного мероприятия (базовый вариант); с дополнительным мероприятием. Для достоверного определения действительно введенных в разработку начальных извлекаемых запасов нефти и жидкости, их изменений – необходима регулярная и удовлетворительная по точности информация о работе добывающих и нагнетательных скважин (их дебитах нефти и жидкости, закачке воды и забойных давлениях) по рассматриваемым эксплуатационным объектам [23, 24].

Анализ выполненных работ свидетельствует о том, что большинство авторов считает, что для уточнения геологических условий распределения текущих запасов нефти, оценки эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи (МУН) и осуществления прогноза для новых участков залежи необходимо построение геолого-фильтрационных моделей. В этой связи рассмотрен методический подход к разработке и внедрению корпоративных программных продуктов, ориентированных на массового пользователя и предназначенных для эксплуатации геолого-фильтрационных моделей, применительно к задачам повышения нефтеотдачи пластов.

Для оперативного решения производственных задач авторами была использована программная продукция – трехмерная информационно-аналитическая система (ТРИАС), разработанная сотрудниками НИИ математики и механики им. Н.Г.Чеботарева и ООО «Венсис» при активном участии специалистов производственных организаций [25].

В рамках этой системы используется понятие постоянно действующей модели (ПДМ). Под ПДМ понимается единая компьютерная технология, представляющая собой совокупность цифровой интегрированной геологической, геофизической, гидродинамической информации (база данных), 3D геологической и фильтрационной моделей и программных средств построения и просмотра моделей, выдачи отчетного графического и табличного материала. В работе дано описание основных функций программных модулей. В расчетную группу входят три модуля, предназначенных для построения геологической, фильтрационной моделей и модели ГТМ. Модуль построения геологической модели работает при наличии базы данных по первичным показателям, модуль построения фильтрационной модели (Fluid) действует при условии построенной геологической модели (Geo), модуль оценки и прогноза эффективности ГТМ (GTM) использует для работы результаты построения геологической и фильтрационной моделей.

Таким образом, охватывается практически вся геолого-промысловая информация. Выделены классы нефтепромысловых задач. В связи с ГТМ в расчетной группе программных модулей имеется модуль GTM, который выполняет две функции: оценку эффективности применения ГТМ; анализ эффективности ГТМ в различных геолого-промысловых условиях.

Приведенный выше обзор свидетельствует о большом интересе исследователей к вопросу оценки эффективности ГТМ, разработке научно-обоснованных методических подходов, анализу и

выбору наилучших вариантов решений, и тем самым еще раз подтверждает важность и актуальность поиска решений по повышению эффективности ГТМ.

Как видно из вышеприведенного краткого обзора, выполнено большое количество исследований, посвященных оценке технологической эффективности как отдельного вида ГТМ, так и в целом, а также разработаны соответствующие руководящие документы.

Эти исследования, а также результаты проведенных в ряде районов ГТМ при их обобщении позволяют решить ряд задач, ответив на некоторые вопросы, в частности, прогнозной оценки относительной эффективности различных видов ГТМ на рассматриваемом конкретном объекте, а также установления объекта наиболее подходящего для конкретного вида ГТМ.

Решение этих вопросов затрудняется отсутствием подхода, заключающегося в тщательном статистическом анализе комплексной геолого-геофизической и технологической информации, моделей, выражающих связь показателей эффективности того или иного вида ГТМ с параметрами, характеризующими рассматриваемый объект (пласт). Кроме того, в ряде случаев принятие решений по выбору ГТМ существенно затрудняется отсутствием или недостаточностью информации.

Современный уровень развития математических методов и информационных технологий, а также результаты их успешного применения на различных этапах исследовательских работ позволяют решить поставленные задачи также в условиях ограниченного объема информации.

Как видно из обзора, это обстоятельство было учтено в ряде работ, посвященных оценке эффективности отдельных видов ГТМ.

Все известные методики определения технолого-экономической эффективности применения ГТМ основаны на сравнении определенных зависимостей, полученных в результате его внедрения, с базовой. Например, при оценке эффективности заводнения используются фактические зависимости вытеснения при применении данного метода и без него. При этом, очевидно, что основная задача заключается в правильной аппроксимации естественного базового хода процесса без применения ГТМ [8, 18, 26, 27].

В свете изложенного наряду с разработкой эффективных методик оценки технолого-экономической эффективности ГТМ особое значение приобретает разработка новых подходов, позволяющих дать технолого-экономическую оценку не только отдельно взятому ГТМ в конкретных условиях, но и сравнительной эффективности того или иного ГТМ в различных физико-геологических и технико-технологических условиях.

Это позволит осуществить рациональный подбор под те или иные ГТМ как скважин, залежей, так и их технологий.

В связи с этим в работе [26] предлагается система расчетов показателей эффективности ГТМ на основе данных о технологических, физико-геологических и промысловых признаках, комплексно характеризующих условия проведения того или иного ГТМ. С учетом этого нами выполнены исследования согласно несколько упрощенному и усовершенствованному варианту системы [26]. Согласно приведенной схеме состояние скважин, оборудования, историю освоения, технологию проведения ГТМ характеризуют технологические признаки; физико-геологические признаки – это состояние и свойства нефтяной залежи, а именно: пористость, проницаемость, нефтенасыщенность, продуктивность отложений и др.; промысловые – система разработки залежи, текущая и накопленная добыча нефти до и после проведения ГТМ, особенности взаимодействия скважин и др.

Таким образом, выбранные технологические, физико-геологические и промысловые признаки формируют информационный массив, позволяющий охарактеризовать рассматриваемый объект, технологию проведения ГТМ и их влияние на результаты проводимых мероприятий.

**Анализ и оценка влияния геолого-технологических характеристик объекта на показатели эффективности ГТМ.** Как показал анализ накопленных к настоящему времени исследований, для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений и интенсификации добычи нефти применяется большое количество различных ГТМ. Эффективность их применения зависит от рационального сочетания большого числа физико-геологических, технологических и промысловых признаков, комплексно характеризующих условия проведения того или иного ГТМ. На практике, как правило, для конкретных месторождений выбор ГТМ, их параметров, так же, как и их технологическое и экономическое обоснование, осуществляется в геологических службах НГДУ на основе приобретенного опыта. При этом очень часто, несмотря на опыт и знания геоло-

гических служб НГДУ, выбор участков, ГТМ и их технологии проводится не всегда адекватно конкретным геологическим и технологическим условиям разработки. Практически отсутствует единый подход, с использованием которого можно было бы дать правильную технологико-экономическую оценку не только отдельно взятому ГТМ в конкретных условиях, но и прогнозную оценку сравнительной эффективности его в различных физико-геологических и технико-технологических условиях.

Благодаря развитию в последние годы методов, учитывающих отмеченные обстоятельства, появляется возможность решить поставленные задачи на более высоком уровне. Здесь имеется в виду возможность создания различных моделей, а также соответствующих программ, основывающихся на комплексной геолого-геофизической и технико-технологической информации и позволяющих принимать наиболее обоснованные технологические решения.

С целью построения таких моделей, использованы данные о геолого-технических мероприятиях, проводимых на объектах различных месторождений Казахстана [26, 28, 37]. В качестве признаков, от которых зависит эффективность геолого-технического мероприятия, служат: общая толщина пласта, м ( $x_1$ ), нефтенасыщенная толщина, м ( $x_2$ ), вскрытая нефтенасыщенная толщина, м ( $x_3$ ), коэффициент песчаности ( $x_4$ ), пористость д.ед. ( $x_5$ ), проницаемость,  $K_{пр} \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> ( $x_6$ ), вязкость нефти, мПа\*с (пластовое условие) ( $x_7$ ), плотность нефти т/м<sup>3</sup> ( $x_8$ ), газосодержание, м<sup>3</sup>/т ( $x_9$ ), начальная нефтенасыщенность, д.ед ( $x_{10}$ ), пластовая температура, Т<sup>0</sup>С ( $x_{11}$ ), содержание в нефти парафина, % ( $x_{12}$ ), содержание в нефти серы, % ( $x_{13}$ ), дебит нефти до геолого-технического мероприятия, т/сут ( $x_{14}$ ), дебит жидкости до геолого-технического мероприятия, т/сут ( $x_{15}$ ), обводненность до геолого-технического мероприятия, % ( $x_{16}$ ). В качестве показателей геолого-технического мероприятия служат: продолжительность эффекта, сут. ( $Y_1$ ), дополнительная добыча нефти, т. ( $Y_2$ ), прирост дебита нефти, т. ( $Y_3$ ), дебит нефти после геолого-технического мероприятия, т/сут ( $Y_4$ ), обводненность после геолого-технического мероприятия, % ( $Y_5$ ).

Таким образом, исходные данные включают по каждому виду ГТМ 16 признаков и 5 показателей эффективности. Далее согласно работам [30, 32, 41], проводится преобразование исходных данных с целью сокращения числа входных переменных.

Далее с помощью корреляционного анализа устанавливались зависимости показателей ГТМ от отмеченных факторов и перед тем, как перейти к корреляционному анализу, необходимо убедиться в подчинённости данных нормальному закону распределения, что является одним из требований. Существует много различных критериев для проверки данного условия. Проверка на нормальность является обязательной процедурой в ходе проведения измерений, контроля, испытаний, обработки согласно Российскому ГОСТ. Существуют различные критерии, нами использован критерии Шапиро-Уилка [29, 37].

Критерий Шапиро-Уилка основан на отношении оптимальной линейной несмещенной оценки дисперсии к ее обычной оценке методом максимального правдоподобия. Статистика критерия имеет вид:

$$W = \frac{1}{s^2} \left[ \sum_{i=1}^n a_{n-i+1} \cdot (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2, \quad (1)$$

$$\text{где } s^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Числитель является квадратом оценки среднеквадратического отклонения Ллойда [30]. Определялись критические значения статистики  $W(\alpha)$  согласно данным литературы, например, [29]. Если  $W < W(\alpha)$ , то нулевая гипотеза нормальности распределения отклоняется на уровне значимости  $\alpha$ .

Проведенные расчеты дают возможность обосновать применение данных при корреляционном анализе.

С целью построения зависимостей выбранных критериев от влияющих факторов, данные об условиях и результатах ГТМ были подвергнуты корреляционному анализу. При этом данные подвергались статистической обработке двумя путями с применением программы линейной регрессии.

1. Строились зависимости показателей эффективности от геолого-технологических факторов по их натуральным значениям:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^9 a_i x_i \quad (2)$$

2. Все данные предварительно логарифмировались, строилась такая линейная зависимость, которая путём потенцирования превращалась в мультипликативную, с дальнейшим уточнением путём последовательного приближения:

$$Y = a_0 x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_9^{b_9} \quad (3)$$

Каждое уравнение представляло собой зависимость того или иного показателя эффективности от выбранных факторов. Такие уравнения строились для каждого вида ГТМ.

После получения уравнений регрессии была установлена степень соответствия расчетных значений показателей эффективности для различных ГТМ по уравнениям фактическим. Количественная оценка степени соответствия определяется мерой идентичности согласно формуле, приведенной в работе [31], значения которой должны изменяться в пределах  $0 \leq I \leq 1$ :

$$I = \frac{1}{1 + \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{расч\ i} - Y)^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{расч\ i} - \bar{Y})^2}} \quad (4)$$

При использовании комплексной геолого-геофизической и технико-технологической информации для принятия наиболее обоснованного технологического решения в зависимости от типа ГТМ выбирается тот вид уравнения регрессии, который имеет большую меру идентичности.

**Принятие решений при выборе ГТМ.** Результаты расчетов по полученным моделям используются при принятии решений по выбору наилучшего ГТМ для рассматриваемых условий. Это осуществлялось с помощью показателей эффективности ГТМ, принятых в качестве критериев, таким образом, чтобы искомое решение должно было бы удовлетворять условиям 5 критериев. Как показывает обзор, разными авторами использовались различные критерии выбора ГТМ. Весь процесс можно представить в виде системы, упрощенная схема которой приведена на рисунке. При решении многокритериальных задач возникают трудности, связанные с одновременным удовлетворением всех критериев, т.е. приходится принимать решения в условиях неопределённости.

В последнее время для решения таких задач, успешно используются различные методы, такие, как метод объединения критериев в один, обобщённый, метод «наименьших уступок», положения теории нечетких множеств, разработанной Л. Заде. Приведённая в работах [2, 17] классификация неопределённостей позволяет оценить ситуацию и выбрать для принятия решений наиболее подходящий метод. Далее для принятия решений был использован метод, называемый методом «наименьших уступок» [32, 37].

При применении данного метода решение многокритериальной задачи сводится к поочередной максимизации (минимизации) частных критериев и выбору величин уступок. Причем вначале производится качественный анализ относительной важности частных критериев, и они нумеруются в порядке убывания важности. Затем назначают величину допустимого снижения значения первого по важности критерия и максимизируют второй по важности критерий при условии, что значение первого критерия не должно отличаться от максимального более чем на величину установленного снижения. Снова назначают величину уступки, но уже по второму критерию и находят максимум третьего по важности критерия при условии, чтобы значения первых двух критериев не отличались от ранее найденных максимальных значений больше чем на величины соответствующих уступок. Далее таким же образом используются все остальные частные критерии. Получаемые в итоге стратегии считаются оптимальными.

В последнее время проблемы управления и принятия решений все больше стали привлекать внимание исследователей-нефтяников. Для выбора геолого-технических мероприятий в работе А. А. Колтуна [39] используются данные об истории разработки (метод базовой кривой), что не позволяет в полной мере учесть гидродинамические процессы и взаимовлияния скважин, тем самым, снижая достоверность получаемых решений. Но широкое развитие гидродинамического



Упрощенная схема системы выбора ГТМ

моделирования, как средства для выбора геолого-технических мероприятий создало предпосылки для автоматизации их выбора [33].

В работе А. Cottini-Loureiro и М. Агацjo [33, 34] было предложено использование карт эффективности для выбора схемы размещения скважин, но временные затраты на построение карт эффективности сильно зависят от размерности гидродинамической модели и являются процессом требовательным к вычислительным ресурсам. При введении в эксплуатацию новых скважин происходит изменение динамики работы существующих, что не позволяет анализируемому методу учесть взаимовлияния скважин во времени и обладает высокими требованиями к вычислительным ресурсам.

Благодаря близкому расположению скважин выбор схемы размещения их, как показано в работе G. Santellani и В. Hansen [35], приводит к затруднению учета их взаимовлияния, здесь также следует отметить, что применение метода, изложенного в данной работе, вынуждает отказаться от использования зарекомендовавших себя существующих схем размещения скважин.

В ряде исследований рассматриваются вопросы построения информационной системы поддержки принятия решений при выборе вида геолого-технического мероприятия на нефтедобывающей скважине для повышения ее производительности. В некоторых из них выбор вариантов на проведение определенного вида мероприятия ведется в соответствии с этапами системного анализа проблемных ситуаций [36]. В данной работе описание работы информационной системы дается на примере одного из основных программных модулей, позволяющего рассчитать экономическую эффективность геолого-технического мероприятия, такого, как гидроразрыв пласта [36]. Описаны основные этапы процесса принятия решений при выборе вида ГТМ. При этом процесс выбора скважин для проведения определенного вида ГТМ проходит следующие этапы: анализ ситуации (выявление потребности на проведение ГТМ для конкретной скважины); установление целей (определение параметров, на изменение значений которых должно быть направлено ГТМ); выработка решений и анализ альтернатив (формирование перечня возможных видов ГТМ для достижения поставленных целей, оценка их эффективности); реализация решения (проведение ГТМ); оценка результатов (мониторинг состояния скважины после проведения ГТМ, анализ результатов).

Предлагаемая информационная система включает в себя несколько программных модулей по числу видов ГТМ [36]. Как отмечают авторы, такой показатель, как достижение запланированного прироста дебита нефти, нельзя рассматривать как единственный критерий оценки эффективности проведения геолого-технических мероприятий. Очевидно, что для более полного анализа необходимым является дополнительный анализ таких показателей, как количество нефти, дополнительно добытое вследствие проведения ГТМ, а также продолжительность эффекта от мероприятия. В статье приведены результаты анализа эффективности ГТМ за 2011-2014 гг. с применением указанного подхода.

С учетом значительного количества месторождений, разрабатываемых ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», все они условно разделены на группы по географическому признаку [38]. В отмеченной работе приведены сведения о проведенных в 2011-2014 гг. геолого-технических мероприятиях на скважинах по группам месторождений, направленных на увеличение продуктивности скважин, таких, как гидроразрыв пласта, кислотные обработки, радиальное бурение, повторная и дополнительная перфорации.

Как следует из представленных данных, чаще других на скважинах месторождений всех групп, за исключением северной, проводится повторная и (или) дополнительная перфорация. На скважинах северной группы месторождений наиболее распространенным видом воздействия, как отмечают авторы, является гидроразрыв пласта.

Таким образом, исследованиями в этом направлении показана возможность оценки сравнительной эффективности и принятия решений при выборе ГТМ в различных условиях.

**Заключение.** Практика применения ГТМ показывает, что нередко их внедрение оказывается малоэффективным. Поэтому представляет интерес проведение сравнительного анализа с целью оценки эффективности их применения не только в условиях их проведения, но и условиях, где они не проводились. Такая оценка должна основываться на соответствующих моделях, выражающих зависимость показателей эффективности от признаков, характеризующих геолого-физические условия применения того или иного мероприятия в рассматриваемых или аналогичных условиях другого месторождения.

Полученные для этой цели модели позволяют прогнозировать показатели эффективности того или иного вида ГТМ в новых геолого-физических условиях. В связи с этим предложены системы и расчетные схемы, с помощью которых можно прогнозировать показатели для условий, отличных от тех, где применялось ГТМ. Результаты расчетов были использованы при принятии решений по выбору наилучшего ГТМ для рассматриваемых условий. Это осуществлялось с помощью показателей эффективности ГТМ, принятых в качестве критериев, таким образом, чтобы принятое решение удовлетворяло бы всем принятым критериям.

Таким образом, в последние годы наблюдается развитие и совершенствование методов анализа, прогнозирования показателей и принятия решений, реализация которых позволила повысить эффективность проводимых геолого-технических мероприятий. В результате проведенных работ исследователями решена задача создания комплексной методики и ее математического, программного и информационного обеспечения для оценки эффективности и оптимального планирования геолого-технических мероприятий на нефтяных месторождениях; разработана структура автоматизированной системы поддержки принятия решения и алгоритм ее функционирования; путем преобразования признаков, характеризующих пласт, в соответствующие факторы, построены уравнения (линейное и мультипликативное), выражающие зависимость показателей эффективности ГТМ от сформированных факторов; путем вариантных расчетов и анализа сравнительной эффективности того или иного ГТМ в различных условиях показаны пути и получены результаты принятия решений по выбору наилучшего ГТМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гумерский Х.Х., Горбунов А.Т., Жданов С.А., Петраков А.М. Повышение нефтеотдачи пластов с применением системной технологии воздействия // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 12-15.
- [2] Дябин А.Г. Сорокин А.Я, Ступоченко В.Е. Применение технологий повышения нефтеотдачи научно-производственным центром ОАО «РМНТК «Нефтеотдача» // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 16-18.
- [3] Сафонов Е.Н., Алмаев Р.Х. Применение новых методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях Башкортостана // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 4. – С. 38-40.



- [4] Мясинник Н. Повышение нефтеотдачи – основной резерв увеличения добычи // Нефть России. – 2000. – № 8. – С. 34-39.
- [5] Фахретдинов Р.Н., Каледин Ю.А., Житкова М.В. Потенциал современных информационных технологий при оценке эффективности методов увеличения нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. – 2001. – № 3. – С. 54-55.
- [6] Хасанов М.М., Мухамедшин Р.К., Хатмуллин И.Ф. Компьютерные технологии решения многокритериальных задач мониторинга разработки нефтяных месторождений // Вестник инженерингового центра ЮКОС. – 2001. № 2. – С. 26-29.
- [7] Казаков А.А. Методическое обеспечение единых подходов оценки эффективности методов ПНП // Технологии ТЭК. – 2003. – № 2. – С. 47-53.
- [8] Методическое руководство по оценке технологической эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи пластов (утвержденное). – М.: Минтопэнерго РФ, РМНТК «Нефтеотдача», «ВНИИнефть». 1993. – 130 с.
- [9] Шахвердиев А.Х., Панахов Г.М., Аббасов Э.М., Расулова С.Р. О возможности регулирования вязкостной аномалии в гетерогенных смесях // Вестник РАЕН. – 2014. – № 1. – С. 28-33.
- [10] Сыртланов В.Р., Кадочникова Л.М., Трушников О.М. Методики оценки эффективности геолого-технологических мероприятий на основе трехмерного гидродинамического моделирования // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 6. – С. 38-40.
- [11] Глухих И.Н., Пьянков В.Н., Заболотнов А.Р. Ситуационные модели в корпоративных базах знаний геолого-технологических мероприятий // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 6. – С. 45-48.
- [12] Гомзинов В.К., Молотова Н.А., Румянцева А.А. Исследование влияния основных геологических и технологических факторов на конечную нефтеотдачу пластов при водонапорном режиме // Тр. ВНИИ. – 1975. – Вып. 58. – С. 16-30.
- [13] Шпуров А. В., Пьянков В.Н., Клочков А.А., Бриллиант Л.С. Планирование эффективности геолого-технических мероприятий при прогнозировании добычи нефти // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 9. – С. 105-108.
- [14] Пьянков В.Н., Филев А.И. Интегральный программный комплекс «Баспро-аналитик» // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 9. – С. 109-114.
- [15] Методическое руководство по оценке технологической эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи пластов. – М.: РМНТК «Нефтеотдача», «ВНИИнефть». 1994. – 100 с.
- [16] Швецов И.А., Манырин В.Н. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи пластов. Анализ и проектирование. – Самара: Российское представительство акционерной компании «Ойл Техноложи Оверсиз Продакшн Лимитед», 2000. – 336 с.
- [17] Казаков А.А. Разработка единых методических подходов оценки эффективности геолого-технических мероприятий по повышению нефтеотдачи / пластов и интенсификации добычи нефти (В порядке обсуждения) // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 4. – С. 26-29.
- [18] Шахвердиев А.Х., Рыбичкая Л.П. Оценка технологической эффективности при воздействии на залежи углеводородов // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 4. – С. 65-68.
- [19] Герштанский О.С., Шерстнев Н.М., Киринов Л.К. и др. Полимерсодержащие композиции ПАВ в нефтедобыче. – ОАО «ВНИИОЭНГ», 1997. – 95 с.
- [20] Салаватов Т.Ш., Сулейманов Б.А., Нуриев А.С. Селективная изоляция притока жестких пластовых вод в добывающих скважинах // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 81-83.
- [21] Сарваретдинов Р.Г., Гильманова Р.Х., Хисамов Р.С. и др. Формирование базы данных для разработки геолого-технических мероприятий оптимизации добычи нефти // Нефтяное хозяйство. – 2001. – № 8. – С. 32-35.
- [22] <http://www.nitro.ru/science/ourwor.ks/article11.html>
- [23] Лысенко В.Д. Определение эффективности мероприятий по увеличению нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 114-118.
- [24] Лысенко В.Д. Оценка эффективности мероприятий по увеличению добычи нефти и конечной нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. – 2001. – № 12. – С. 49-54.
- [25] Бульгин Д.В., Фахретдинов Р.Н., Рамазанов Р.Г., Герасимов А.Н. Использование системы ТРИАС для применения методов воздействия на пласт // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 10. – С. 86-90.
- [26] Абасов М.Т., Эфендиев Г.М., Стреков А.С. и др. Оценка сравнительной эффективности геолого-технических мероприятий по комплексной информации // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 10. – С. 70-73.
- [27] Методическое руководство по оценке технологической эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи пластов. – Уфа, Юганск: ВНИИЦ «Нефтегазтехнология», 1997. – 120 с.
- [28] Жантурин Ж.К. Разработка мероприятий по интенсификации добычи нефти с целью их проведения в различных геолого-физических условиях Казахстана: Диссертация канд. технических наук. – Атырау, 2009. – 115 с.
- [29] Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
- [30] Lloyd E. N. Least-squares estimation of location and scale parameters using order statistics // *Biometrika*. – 1952. – Vol. 39. – P. 88-95.
- [31] Мирзаджанзаде А.Х., Сидоров Н.А., Ширинзаде С.А. Анализ и прогнозирование показателей бурения. – М.: Недра, 1976. – 237 с.
- [32] Подиновский В.В., Гаврилов В. М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. М.: Сов. радио, 1975. – 192 с.
- [33] Михеев П.С. Автоматизированная система поддержки принятия решения о выборе параметров геолого-технических мероприятий на основе гидродинамических моделей: Канд. дис. – Уфа, 2006. – 162 с.
- [34] Cottini-Loureiro A., SPE, Araujo M., SPE Optimized Well Location by Combination of Multiple Realization Approach and Quality Map Methods, Imperial C., 2005. Society of Petroleum Engineers. – SPE 95413.

[35] Santellani G., AGIP S.p.A., Hansen B., Norsk Agip, Herring T., an Optimised Well Location Algorithm for Reservoir Simulation, Norsk Agip, 1998. Society of Petroleum Engineers. – SPE 39754.

[36] Силич В.А., Комагоров В.И., Савельев А.О., Алексеев А.А. Построение информационной системы поддержки принятия решений при выборе вида геолого-технического мероприятия на нефтедобывающей скважине // Доклады ТУСУРа, Информационные технологии. – Декабрь, 2011. – № 2(24), часть 2. – С. 295-299.

[37] Strekov A.S., Mamedov P.Z., Koyshina A.I. Decisions-making on the choice of geological and technical measures under uncertainty // Seventh International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control. – Izmir, Turkey September 2-3, 2013. – P. 381-384.

[38] Илюшин П.Ю., Рахимзянов Р.М., Соловьев Д.Ю., Колычев И.Ю. Анализ проведения геолого-технических мероприятий по увеличению продуктивности добывающих скважин на нефтяных месторождениях Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 15. – С. 81-89.

[39] Колтун А.А. Оценка эффективности и оптимальное планирование геолого-технических мероприятий на нефтяных месторождениях: Дис. канд. наук. – М., 2005. – 112 с.

**А. И. Койшина<sup>1</sup>, О. Г. Кириченко<sup>2</sup>, Б. Н. Койлыбаев<sup>1</sup>, К. К. Агаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және Инжиниринг университеті,  
Ақтау, Қазақстан,

<sup>2</sup>Азербайджан ұлттық ғылым академиясының мұнай және газ институты, Баку, Азербайджан

### **ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ЖЕТІСТІКТЕРІ: ГЕОЛОГО-ТЕХНИКАЛЫҚ ШАРАЛАРДЫ ТАҢДАУ БОЙЫНША ШЕШІМНІҢ ҚАБЫЛДАНУЫ**

**Аннотация.** Мұнай кенорындарын игеру кезінде ГТШ және әртүрлі жаңа технологияларды қолдану есебінен тиімділікті арттыруға көп көңіл бөлінеді. Нақты жағдайда қажетті технологиялық тиімділікті қамтамасыз етуде, ең жақсы әдісті дұрыс таңдауда, олардың технологияларын дамуы және МАӨ, сонымен қатар ГТШ кеңінен қолдануда көптеген сұрақтар қойылады. Мұндай сұрақтарға зерттеушілердің үлкен қызығушылықтарымен қатар, қазіргі таңда нақты жағдайда әртүрлі ГТШ түрлерін салыстырмалы бағалау кезінде маңызды қиыншылықтар туындайды. Қазіргі таңда кешенді геолого-физикалық және технологиялық ақпараттар негізінде ГТШ тиімділіктерін арттыру мәселелері актуалды және сәйкесінше шешім қабылдануға ие болады. Кенорынды игерудің тиімділігін арттыру мақсатында алдымен бар мүмкіндікті дұрыс реттеу сәйкесінше дұрыс бағыттауға мүмкіндігі бар бағдарламаларды және қазіргі таңдағы әдістерді қолданумен әртүрлі ГТШ қолдану жағдайы мұқият талдау жасауға мүмкіндік береді. Көп жылдар бойы зерттеулер әртүрлі ғылыми және өндірістік ұйымдарда, кенорында игерудің тиімділігін арттыруға бағытталып жүргізілді. Әртүрлі кенорында ГТШ енгізу және таңдау тәжірибелерін талдау қызығушылықты тудырады. Мақалада ГТШ таңдаудың қазіргі таңдағы жағдайын талдау және жинақтар келтіріледі. Әртүрлі кенорындарда ГТШ тиімділіктерін бағалау және қолдану мысалдары көрсетілген. Соңғы жылдары өткізілген геолого-техникалық шаралардың тиімділігін арттыру реализациясы, шешімдер қабылдану және көрсеткіштер болжамдары, талдау әдістерін жетілдіру және дамуы байқалады. Мұнай кенорындарында геолого-техникалық шараларын тиімді жоспарлау және тиімділікті бағалау үшін кешенді әдістерді құру және олардың математикалық, бағдарламалық және ақпараттық қамтамасыз ету тапсырмалары зерттеушілердің жүргізілген жұмыстары нәтижелерінде шешілген; шешімді қабылдауды қолдаудың және оның алгоритмінің жұмыс істеуінің автоматтандырылған жүйелер құрылымы игерілген; қалыптасқан факторлардан ГТШ тиімділігінің көрсеткіштерін көрсететін, сәйкесінше факторларға қабатты сипаттайтын, қайта құру белгілері жолымен (сызықты және мультипликативтік) тендеулер құрастырылды; ең жақсы таңдау бойынша шешім қабылдау нәтижелері алынды және нұсқалық есептеулер жолымен және салыстырмалы тиімділікті талдау әртүрлі жағдайдағы сол немесе өзге ГТШ жолдары көрсетілген.

**Түйін сөздер:** геолого-техникалық шаралар (ГТШ), кенорынды игеру, шешім қабылдануы, мұнайды өндіру, мұнайбергiштiк.

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

**ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)**

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 30.07.2018.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,4 п.л. Тираж 300. Заказ 4.