

УДК 622.276; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2025-1.14>

<https://orcid.org/0000-0002-1680-4682>

<https://orcid.org/0009-0008-8780-7160>

<https://orcid.org/0000-0001-8339-0590>

<https://orcid.org/0009-0002-6965-0207>

<https://orcid.org/0009-0005-6278-8280>

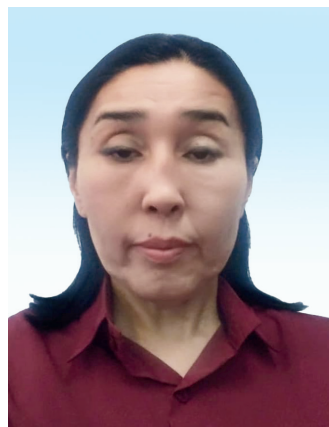
МҰНАЙ МЕН ГАЗДЫҢ ҚАНЫҚҚАНДЫҒЫН БОЛЖАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ



Б.Г. АЛМАТОВА¹,
техника ғылымдарының
кандидаты, қауымдастырылған
профессор,
baian.73@mail.ru



Ж.Ж. ШИЛЬМАГАМБЕТОВА¹,
педагогика ғылымдарының
кандидаты, доцент,
zhadra_69@mail.ru



А.А. МУРЗАГАЛИЕВА³,
техника ғылымдарының
магистрі, аға оқытушы,
alma_7121972@mail.ru

М.Б. ДОСМАГАМБЕТОВА², 8D07210-мұнай-газ ісі, докторант,
0207miramgul.dosmagambetova@bk.ru

Г.Ж. ТАХАНОВА¹, техникалық ғылымдарының магистрі, аға оқытушы,
Gulsim.taxanova.78@mail.ru

¹Қ.ЖҰБАНОВ АТЫНДАҒЫ АҚТӨБЕ Өңірлік университеті,
Қазақстан Республикасы, 030000, Ақтөбе қ., Ө.Молдағұлова, 34 қ.

²Ш.ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 130000, Ақтау қ., 32 мкр.

³ЖӘҢГІР ХАН АТЫНДАҒЫ БАТЫС ҚАЗАҚСТАН АГРАРЛЫҚ-ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, Орал қ., Жәңгір Хан, 51к.

Бұл жұмыс мұнай мен газ кен орындарын барлау және игеру процесінде мұнай мен газдың қаныққандығын болжаудың заманауи әдістерін қолданудың маңыздылығын қарастырады. Кен орындарының тиімді игерілуі және олардан алынатын мұнай мен газдың көлемін дәл болжау геологиялық зерттеулердің дұрыс жүргізілуіне және қаныққандықтың дұрыс анықталуына байланысты. Зерттеу барысында қазіргі кезде қолданылатын әдістер мен технологиялар талданып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылған.

Мұнай мен газдың қаныққандығын болжаудың заманауи әдістері тек қана геологиялық зерттеулермен шектелмей, сонымен қатар геофизикалық, геохимиялық және басқа да әртүрлі зерттеу әдістерін қамтиды. Бұл әдістердің біріктіруі мұнай мен газдың мөлшерін нақтырақ болжауға, кен орындарын тиімді игеруге мүмкіндік береді. Мәселен, сейсмикалық зерттеулер, ұңғымалардың өлшемдері мен олардың геологиялық ерекшеліктері, сондай-ақ түпнұсқалық мәліметтер негізінде дайындалған математикалық модельдер қолданылып, болжамдар жасалады.

Зерттеу барысында мұнай мен газдың қаныққандығын болжау үшін қолданылатын әдістердің нәтижелері салыстырылып, олардың нақты кен орындарындағы тиімділігі мен нәтижелілігі талқыланған. Сонымен қатар, бұл жұмыс болашақта кен орындарын игерудің тиімділігін арттыруға, экологиялық қауіпсіздікті сақтауға және ресурстарды үнемді пайдалануға бағытталған ұсыныстарды қамтиды.

Жалпы, мұнай мен газ кен орындарын барлау мен игеру процесінде қаныққандықты болжаудың заманауи әдістерін қолдану болашақта өнеркәсіптік өндірістің тиімділігін және тұрақтылығын арттырады.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: мұнай және газ кен орындары, барлау, игеру, қаныққандықты болжау, заманауи әдістер, геофизикалық зерттеулер, математикалық модельдер, гидродинамикалық модельдеу, цифрлық технологиялар, ресурстар, жасанды интеллект.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАСЫЩЕННОСТИ НЕФТИ И ГАЗА

Б.Г. АЛМАТОВА¹, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, baian.73@mail.ru
Ж.Ж. ШИЛЬМАГАМБЕТОВА¹, доцент, кандидат педагогических наук, zhadra_69@mail.ru
А.А. МУРЗАГАЛИЕВА³, магистр технических наук, старший преподаватель, alma_7121972@mail.ru
М.Б. ДОСМАГАМБЕТОВА², 8D07210-Нефтегазовое дело, докторант 1 курса, miramgul.dosmagambetova@bk.ru
Г.Ж. ТАХАНОВА¹, магистр технических наук, старший преподаватель, Gulsim.taxanova.78@mail.ru

¹АКТЮБИНСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.ЖУБАНОВА,
Республика Казахстан, 030000, г. Актобе, ул. А.Молдагулова, 34;

²КАСПИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖИНИРИНГА ИМЕНИ Ш. ЕСЕНОВА,
Республика Казахстан, 130000, г. Актау, мкр. 32;

³ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКИЙ АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЖАНГИР ХАНА,
Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51к.

Данная работа рассматривает важность применения современных методов прогнозирования насыщенности нефти и газа при разработки и освоении месторождений. Эффективность разработки месторождений и точность оценки объема извлекаемой нефти и газа напрямую зависят от правильности геологических исследований и точности определения насыщенности. В ходе исследования были проанализированы современные методы и технологии, используемые для прогнозирования насыщенности, а также их преимущества и недостатки.

Современные методы прогнозирования насыщенности нефти и газа не ограничиваются только геологическими исследованиями, но включают в себя также геофизические, геохимические и другие виды исследований. Комплексное использование этих методов позволяет более точно предсказывать объемы нефти и газа, что способствует эффек-

тивной разработке месторождений. Например, сейсмические исследования, данные об особенностях скважин и их геологических характеристиках, а также математические модели, основанные на оригинальных данных, помогают создавать более точные прогнозы.

В процессе работы были проведены сравнительные анализы результатов применения различных методов прогнозирования насыщенности на реальных месторождениях. Также в работе приведены рекомендации, направленные на повышение эффективности разработки месторождений, обеспечение экологической безопасности и рациональное использование ресурсов.

Применение современных методов прогнозирования насыщенности нефти и газа в процессе разведки и освоения месторождений способствует повышению эффективности производства, устойчивости работы и экологической безопасности в будущем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтегазовые месторождения, разведка, разработка, прогноз насыщенности, современные методы, математические модели, геофизические исследования, гидродинамическое моделирование, ресурсы, цифровые технологии, искусственный интеллект.

MODERN METHODS OF OIL AND GAS SATURATION FORECASTING

B.G. ALMATOVA¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, baian.73@mail.ru

ZH.ZH. SHILMAGAMBETOVA¹, Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences, zhadra_69@mail.ru

A.A. MÜRZAGALIEVA³, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, alma_7121972@mail.ru

M.B. DOSMAGAMBETOVA², 8D07210 - Oil and Gas engineering, 1st year doctoral student, miramgul.dosmagambetova@bk.ru

G.ZH. TAKHANOVA¹, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Gulsim.taxanova.78@mail.ru

¹AKTOBE REGIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER K.ZHUBANOV,
Str. 34, A.Moldagulova, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan

²CASPIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ENGINEERING
NAMED AFTER S. YESENOV
32 mkr. street, Aktau, 130000, Republic of Kazakhstan

³ZHANGIR KHAN WEST KAZAKHSTAN AGRARIAN AND TECHNICAL UNIVERSITY
St. 51k., Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan

This paper examines the importance of using modern methods of oil and gas saturation forecasting in field development and exploitation. The efficiency of field development and the accuracy of estimating the volume of recoverable oil and gas directly depend on the correctness of geological studies and the accuracy of saturation determination. The study analyzed modern methods and technologies used to forecast saturation, as well as their advantages and disadvantages.

Modern methods of oil and gas saturation forecasting are not limited to geological studies, but also include geophysical, geochemical and other types of studies. The integrated use of these methods allows for more accurate oil and gas volumes forecasting, which contributes to the efficient development of fields. For example, seismic studies, data on well features and their geological characteristics, as well as mathematical models based on original data help create more accurate forecasts.

In the course of the work, comparative analyses of various methods applying results of forecasting saturation on real deposits were carried out. The work also provides recommendations aimed at increasing the efficiency of field development, ensuring environmental safety and rational use of resources.

The use of modern methods for predicting oil and gas saturation in the process of exploration and development of fields helps to improve production efficiency, operational sustainability and environmental safety in the future.

KEYWORDS: *oil and gas fields, exploration, development, forecast saturation, modern methods, mathematical models, geophysical research, hydrodynamic modeling, resources, digital technologies, artificial intelligence.*

К ірісіне. Мұнай және газ кен орындарын барлау және игеру – жоғары технологияларды, ғылыми зерттеулерді және арнайы құралдарды қолдануды қажет ететін күрделі процесс. Заманауи әдістер мен модельдер көмегімен мұнай мен газдың қаныққандығын болжау, олардың тиімді өндірісі мен игерілетін ресурстардың көлемін анықтау мүмкіндігі артады. Осы тұрғыда біз мұнай мен газ қаныққандығын болжаудың заманауи әдістерінің қолданылуын моделдеу арқылы зерттеу жұмыстарының тиімділігін арттыру мақсатында ғылыми үлгі ұсынамыз.

Мұнай және газ кен орындарындағы пайдалы қазбалардың қаныққандығын болжау үшін заманауи әдістерді қолдануды жүйелі түрде талдау. Модель кен орнындағы мұнай мен газдың геологиялық құрылымын, физикалық және химиялық қасиеттерін зерттеуге негізделеді. Модель бірнеше негізгі кезеңдер мен әдістерді қамтиды:

Қазіргі заманғы геофизикалық әдістер олар сейсмологиялық зерттеулер:

- 2D, 3D сейсмографиялық зерттеулер кен орындарының құрылымын анықтап, олардағы мұнай мен газдың мөлшерін болжауға мүмкіндік береді.

Инверсия әдісі көмегімен жер асты құрылымдары туралы толық ақпарат алуға болады. Сейсмикалық мәліметтер арқылы қабаттардағы өзгерістерді бақылап, олардың қаныққандығын болжауға болады.

Георадарлау және геоэлектрлік әдістер:

- Георадар және геоэлектрлік әдістер топырақ қабаттарының электрлік қасиеттерін зерттеу арқылы газ бен мұнайдың орналасуын және қаныққандығын анықтайды.

Магниттік және гравитациялық зерттеулер:

- Магниттік және гравитациялық әдістер көмегімен жер бетінде орналасқан кен орындарының құрылымы мен олардың қаныққандығы туралы алдын ала болжам жасауға болады.

Геохимиялық анализдер:

- Газ, мұнай және олардың құрамдас бөліктерінің химиялық құрамы бойынша мәліметтер жинау. Бұл әдіс арқылы әр түрлі органикалық және минералды заттардың, сондай-ақ метан, этан, пропанның құрамын талдай отырып, мұнай мен газ қаныққандығын болжауға болады[1].

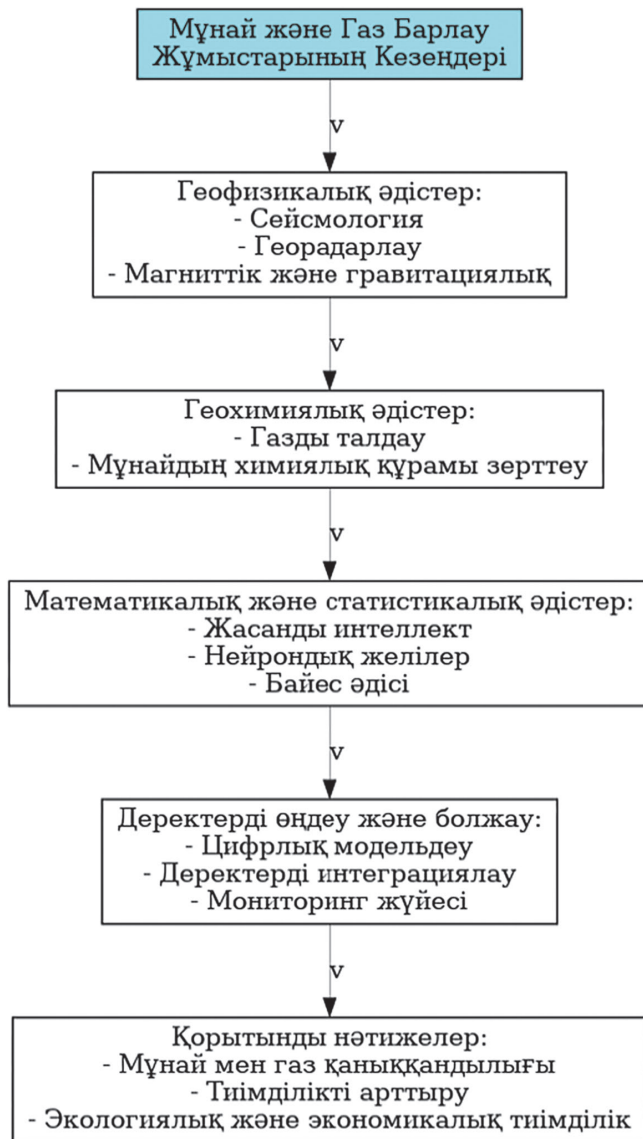
Сұйық фазаның химиялық анализі:

- Мұнай мен газдың құрамындағы көмірсутектердің түрлері мен пропорцияларын зерттеу арқылы мұнай мен газдың қаныққандығы туралы ақпарат алу.

Математикалық және статистикалық әдістер:

1. Жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту:

Мұнай және газ кен орындарын барлау мен игерудің заманауи әдістерін қолданудың схемасы:



Материалдар мен зерттеу әдістері

1. Мұнай және газ барлау жұмыстарының кезеңдері: Барлау жұмыстары геофизикалық, геохимиялық әдістер арқылы басталады.

2. Геофизикалық әдістер: Бұл кезеңде сейсмология, георадарлау және магниттік/гравитациялық әдістер қолданылады. Олар мұнай мен газдың орналасуын анықтауға көмектеседі.

3. Геохимиялық әдістер: Газ бен мұнайдың химиялық құрамын зерттеу, оларды талдау арқылы қаныққандық туралы мәліметтер алу.

4. Математикалық және статистикалық әдістер: Жасанды интеллект, нейрондық желілер мен байес әдісін қолдана отырып, мұнай мен газдың болашақ қаныққандығын болжау.

5. Деректерді өңдеу және болжау: Бұл кезеңде алынған барлық деректерді өңдеу, интеграциялау және нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізу үшін цифрлық модельдер қолданылады.

Қорытынды нәтижелер. Барлық деректерді біріктіру арқылы мұнай мен газдың қаныққандығы, өндірістің тиімділігі мен экологиялық жауапкершілік бағаланады.

- Жаңа технологияларды енгізу, қашықтан басқаруды жетілдіру және роботтарды тиімді пайдалану.

Мұнай және газ өнеркәсібі қазіргі заманғы технологияларды пайдалануда маңызды кезеңде тұр. Аталған саладағы жаңа әдістер мен құралдар өндірістің тиімділігін арттырып, қоршаған ортаға тигізетін әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Бірегей технологиялардың бірі болып табылатын роботтандырылған және автономды құралдар мұнай мен газ кен орындарын барлау мен игеруде сапалы нәтижелер беріп, адам еңбегін алмастыра алады. Бұл құралдар жер үсті мен су астындағы кен орындарын зерттеуге мүмкіндік береді, қауіпті жағдайларда адамның қатысуын төмендетеді және ең бастысы – өндірістің қауіпсіздігін арттырады [2].

Зерттеудің басты мақсаты – мұнай және газ саласында роботтандырылған және автономды құралдардың қолданылуын ғылыми тұрғыда талдау және олардың тиімділігін арттыруға бағытталған жаңа әдістерді ұсыну. Модельді әзірлеу барысында мынадай міндеттер шешіледі:

- Роботтандырылған және автономды құралдардың түрлері мен қолданылу саласын айқындау;

- Мұнай және газ кен орындарын барлау мен игеру процесіндегі жаңашылдықтарды көрсету;

- Жаңа технологиялардың қауіпсіздік, экологиялық жауапкершілік және тиімділік тұрғысынан пайдасын дәлелдеу;

Роботтар мен автономды жүйелерді қолданудың мүмкін болатын шектеулерін және даму болашағын талдау.

Модельдің құрылымы үш негізгі компоненттен тұрады:

1. Барлау мақсаттары – мұнай мен газ кен орындарын анықтау, геофизикалық және геохимиялық мәліметтер жинау.

2. Роботтандырылған және автономды құралдар – дрондар мен ROVs, геофизикалық сенсорлар және жасанды интеллект жүйелері.

3. Деректерді өңдеу және болжау – алынған деректерді өңдеп, болашақтағы өзгерістерді болжау үшін жасанды интеллект пен цифрлық қосарланым арқылы ғылыми модельдер құру[3].

Модельдің жұмыс процесі деректерді жинаудан бастап, өңдеу, болжау және қашықтан мониторинг жүргізуге дейінгі барлық кезеңдерді қамтиды. Роботтар мен автономды құралдар барлау жұмыстарын жылдамдатуға мүмкіндік береді, ал жасанды интеллект деректерді нақты болжауға пайдаланады.

5. Артықшылықтары мен шектеулері.

Артықшылықтары:

- Қауіпсіздік: роботтандырылған және автономды жүйелер адамның қатысуын төмендетеді, бұл қауіпті жағдайларда қауіпсіздікті арттырады.

- Тиімділік: құралдардың жұмысы тәулік бойы жүргізілуі мүмкін, бұл жұмыс уақытын қысқартып, зерттеу жұмыстарын тездетеді.

- Экологиялық жауапкершілік: экологиялық мониторинг жүргізу және қоршаған ортаға зиянды әсерлерді азайту мүмкіндігі жоғары.

- Технологиялық жетілдіру: жаңа сенсорлар мен жасанды интеллект жүйелерінің арқасында барлау мен игерудің дәлдігі арттырылып, процесс тиімдірек болады.

Кемшіліктері:

- Жоғары бастапқы құн: роботтар мен автономды жүйелердің құны әлі де жоғары болуы мүмкін, бұл олардың кеңінен таралуына кедергі келтіреді.

- Техникалық ақаулар: Жабдықтың ақаулары барлау жұмыстарын уақытша тоқтатуы мүмкін, сондықтан оларды ұдайы тексеріп отыру қажет.

- Күрделі жағдайлар: Роботтар мен дрондар кейбір экстремалды жағдайларда толық жұмыс істемеуі мүмкін.

Болашақ даму мүмкіндіктері

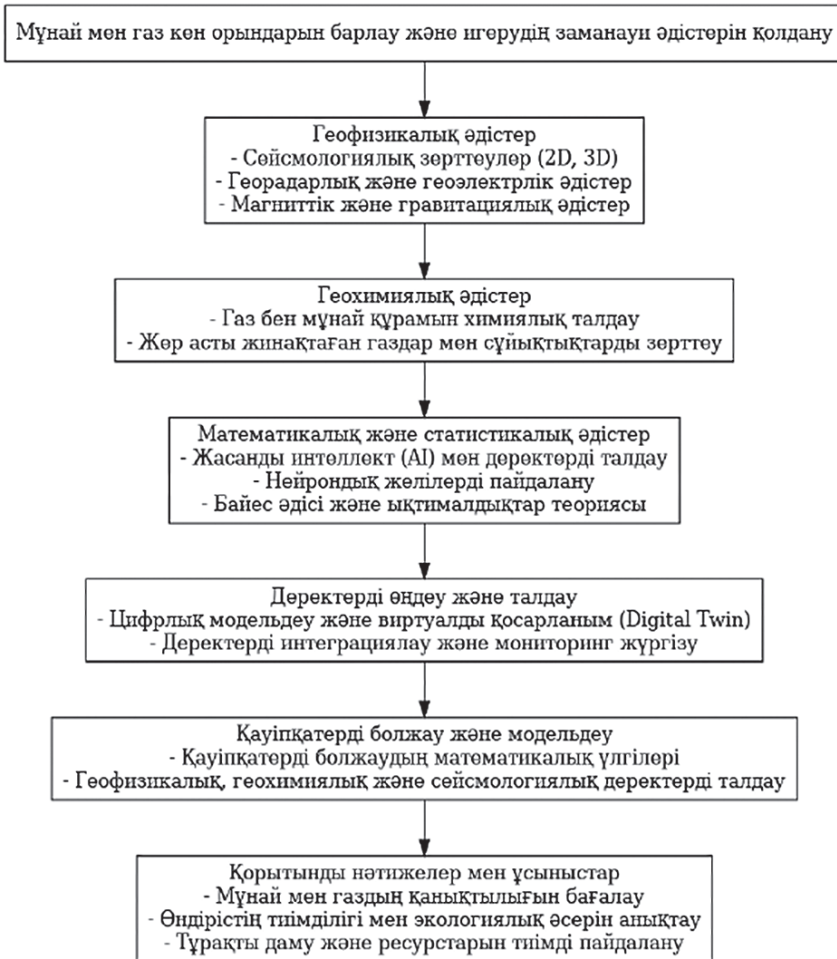
Жаңа технологиялар мен әдістердің дамуы мұнай және газ саласында барлау мен игерудің тиімділігін одан әрі арттыруға мүмкіндік береді. Болашақта қашықтан басқару жүйелерін жетілдіру мен жасанды интеллект мүмкіндіктерін кеңейту барлау жұмыстарын жаңа деңгейге көтереді. Сонымен қатар, экологиялық мониторинг және жасанды интеллект көмегімен мұнай мен газдың экологиялық таза өндірілуін қамтамасыз ету басты міндеттердің бірі болып қала береді[4].

Тұжырым:

Мұнай және газ кен орындарын барлау мен игеру ісінде роботтандырылған және автономды құралдардың қолданылуы – бұл қазіргі заманғы өнеркәсіптің ажырамас бөлігі. Бұл технологиялар өндірістің тиімділігін арттырып, қауіпсіздікті қамтамасыз етуге, экологиялық жауапкершілікті төмендетуге және жұмыстың дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Алайда, жоғары бастапқы құн мен техникалық қиындықтар сынды бірқатар шектеулер бар, оларды болашақта технологиялық жетілдірулер мен жаңа шешімдер арқылы жеңуге болады.

Бұл ғылыми тұжырымдама роботтандырылған және автономды құралдардың мұнай және газ саласында қолданылуын жан-жақты қарастырып, оларды енгізудің тиімділігін, қауіпсіздігін және экологиялық жауапкершілігін арттыруға бағытталған маңызды қадамдарды ұсынады.

Мұнай және газ кен орындарын барлау мен игерудің, мұнай мен газдың қа-ныққандығын болжау үшін заманауи әдістерді қолданудың моделі:



Мұнай мен газ кен орындарының құрылымын зерттеу үшін қолданылатын әдістердің кешені (сейсмология, георадарлау, магниттік және гравитациялық зерттеулер). Бұл әдістер қабаттардың физикалық сипаттамаларын анықтап, олардағы қаныққандықты болжауға көмектеседі.

Геохимиялық әдістер:

Газ және мұнай құрамындағы химиялық компоненттерді зерттеу арқылы олардың түрлерін анықтау және қаныққандық деңгейін бағалау[4].

Математикалық және статистикалық әдістер:

Жасанды интеллект (AI), нейрондық желілер, байес әдісі негізінде алынған деректерді өңдеу және болжау. Бұл әдістер зерттеу процесін жылдамдатып, нәтижелердің дәлдігін арттырады.

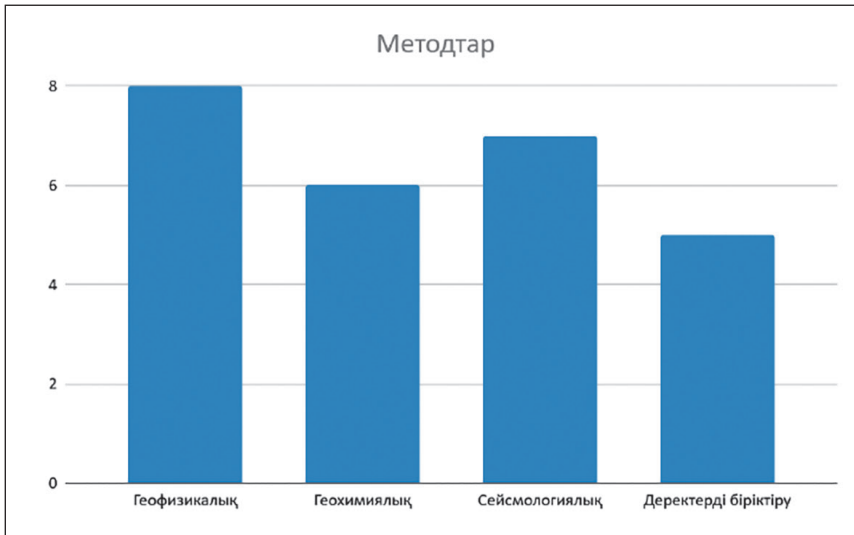
Деректерді өңдеу және талдау:

Барлық геофизикалық және геохимиялық деректерді интеграциялап, цифрлық модельдер мен виртуалды қосарланымдарды пайдалану арқылы кен орындарының қаныққандығын нақты болжау[9].

Төменде геофизикалық, геохимиялық және сейсмологиялық деректерді біріктіріп, мұнай мен газдың қаныққандығын болжау үшін қажетті ақпараттарды көрсететін кесте ұсынылған:

1-кесте – Мұнай мен газдың қаныққандығын болжау әдістері

Әдіс	Деректер	Мұнай мен газдың қаныққандығы туралы болжам
Геофизикалық әдістер	Сейсмологиялық зерттеулер: қабаттардың тығыздығы мен жылдамдығы, 3D сейсмикалық бейнелеу.	Қабаттардың құрылымын, қаныққан қабаттардың орналасуын және шекараларын анықтау.
	Магниттік және гравитациялық әдістер: жер асты құрылымдарының таралуы, тығыздықтағы өзгерістер.	Газ бен мұнай қабаттарының құрылымдық орналасуын анықтап, қаныққан қабаттарды болжау.
Геохимиялық әдістер	Газ құрамын талдау: метан, этан, пропан, көмірқышқыл газы.	Газдың құрамындағы жоғары метан концентрациясы мұнай мен газдың қаныққандығын көрсетеді.
	Мұнай құрамын талдау: органикалық заттардың ыдырауы мен пайда болуы, газдың химиялық элементтері.	Құрамындағы органикалық заттардың көп болуы мұнай мен газдың қаныққандығын көрсетеді.
Сейсмологиялық әдістер	Сейсмологиялық деректер: сейсмикалық толқындардың жылдамдығы, қабаттың қалыңдығы, амплитудасы.	Мұнай мен газдың шекаралары мен орналасу тереңдігін нақты көрсету арқылы қаныққандықты болжау.
	Сейсмикалық бейнелеу: 3D немесе 2D сейсмографиялық бейнелер арқылы қабаттардың орналасуын көру.	Сейсмикалық бейнелерді пайдалану арқылы мұнай мен газдың қаныққан қабаттарын анықтау.
Деректерді біріктіру және болжау	Деректерді біріктіру: геофизикалық, геохимиялық және сейсмологиялық деректерді біріктіру.	Барлық деректерді біріктіре отырып, мұнай мен газдың қаныққандығын дәл болжау және кен орындарын бағалау.
	Қаныққандықты болжау: математикалық модельдер, ықтималдықтар теориясы арқылы есептеу.	Қаныққандық деңгейі мен қабаттың орналасуын дәл болжау, өндірістің тиімділігін арттыру.



Қорытынды:

Мұнай мен газдың қаныққандығын болжау әр әдіс бойынша алынған деректердің мұнай мен газдың қаныққандығын болжау үшін қалай қолданылатынын көруге болады. Геофизикалық, геохимиялық және сейсмологиялық зерттеулердің бірігуі мұнай мен газ кен орындарының қаныққандығын тиімді болжауға мүмкіндік береді, бұл барлау жұмыстарының нәтижелілігін арттырады. 🌐

ӘДЕБИЕТ

- 1 Тарасов В. И., Козлов А.Г. (2018). Основы геофизики: Методы и технологии исследования недр. Москва: Научное издательство.
- 2 Семенов А. В. (2019). Методы сейсмического и геохимического анализа для оценки запасов углеводородов. Санкт-Петербург: Геоиздат.
- 3 Houghton R. J., & Roberts M. A. (2016). Petroleum Geology and Geophysics: Advanced Exploration Techniques. Cambridge: Cambridge University Press.
- 4 Mello M. R., Nabors M. (2020). Petroleum Geochemistry and Geology. Elsevier.
- 5 Roth D. A., Castagna J. P. (2017). Geophysical Methods in Petroleum Exploration. Houston: SEG.
- 6 Седов В. А., Дьяконов И. В. (2021). Геофизика и геохимия: Современные методы и их применение в разведке углеводородов. Москва: ЭкспоПресс.
- 7 Dake L. P. (2018). Fundamentals of Reservoir Engineering. Elsevier.
- 8 Singh R. S., Verma N. R. (2017). Hydrocarbon Exploration and Reservoir Engineering: Modeling, Methods and Techniques. Springer.
- 9 Barton C., Wong T. F. (2019). Fluid Flow and Transport in Porous Media: Numerical and Analytical Approaches. Wiley.
- 10 Adams J. M., & Millan D. (2020). Geostatistics for Reservoir Modeling. Springer.