

С. Г. Семенова, Д. М. Ковальов

ПОШУКИ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ НА ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОМУ ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ДАНИМИ СЕЙСМОРОЗВІДКИ

Прогнозирование залежей углеводородов на северо-западном шельфе Черного моря на моноклинали, расположенной севернее Голицынского газоконденсатного месторождения, проведено по отображению в сейсмическом поле как самих залежей углеводородов, так и эпигенетически измененных отложений вокруг них и над ними – в области следа диффузионно-эффузионного потока. Этот метод позволил прогнозировать здесь новые скопления нефти, газа и газоконденсата в отложениях основания осадочного чехла, а также в дат-палеоценовых и майкопских образованиях.

The prediction of the oil-gas deposits by seismic was carried out in region of the Golitsin gas-condensate deposit and in region on north of it. The method of the reflection of the oil-gas deposits and the rocks epigenesis around and above this deposits in seismic wave fields is used. The new deposits of the oil, gas and gas-condensate are prognosed by this method on the region of this investigation in dat-paleocen and maicop formations and other rocks.

Пошуки покладів нафти та газу проводяться за допомогою буріння глибоких розвідувальних свердловин (до 5,0–6,0 км) за даними сейсморозвідки та інших геолого-геофізичних методів. Але така методика пошуків покладів вуглеводнів (ВВ) не економічна, тому що тільки 30–40% із рекомендованих сейсморозвідкою антиклінальних структур виявляються продуктивними, а встановлення ВВ у пастках неантиклінального типу – ще менше. Вартість буріння кожної глибокої свердловини дуже велика, особливо на шельфі моря. Тому варто користуватися новими методами пошуків покладів нафти та газу, які дозволяють зменшити кількість непродуктивних свердловин.

З цією метою нами застосовується новий підхід до пошуків і розвідки покладів ВВ, запропонований відомим вченим-геофізиком Ю. В. Тимошиним ще в 70-х роках минулого століття [6]. Цей підхід полягає у використанні закономірностей розподілу динамічних параметрів сейсмічного хвильового поля по всьому розрізу осадочного чохла, що містить поклади ВВ [2–5 та ін.]. При цьому ведуться пошуки не тільки самих покладів ВВ, а й проявів у фізичному (сейсмічному) полі епігенетично змінених порід навколо покладів та над ними – в області сліду дифузійно-ефузійного потоку (СДП). Останній формується частково епігенетично перетвореними перекриваючими та вміщуючими відкладами у великому об'ємі осадочного чохла (потужність 2,0–3,0 км та більше) над покладами ВВ.

Внаслідок дифузії, ефузії, фільтрації ВВ на водонафтових та газоводяних контактах (ВНК та ГВК) та інших способів міграції ВВ за межі

покладу, а також подальших перетворень їх у продуктивному розрізі осадочного чохла встановлюється специфічний розподіл геохімічного потенціалу.

Безпосередньо над покладами ВВ геохімічний потенціал спостерігається переважно відновним, оскільки самі ВВ є відновниками. Вище по розрізу, де з'являється значна кількість зруйнованих, окислених ВВ, геохімічний потенціал середовища стає переважно окисним.

У відновному середовищі над покладами з розчинів пластових рідин випадають епігенетичні новоутворення – сульфідні, сульфатні, карбонатні та ін., які акустично жорсткіші, ніж породоутворюючі мінерали. Глинисті породи внаслідок оглеєння у відновних умовах – виносу з них заліза – перетворюються, навпаки, у більш рихлі, пористі, тобто менш щільні та пружні відклади. У відновних умовах змінюються і хемогенні відклади в результаті вторинної кальцитизації, ангідритизації, перекристалізації та ін. Тобто відносно однорідні відклади осадочного чохла над покладами ВВ стають більш літолого-мінералогічно, а тому й акустично диференційованими, ніж ті ж відклади за межами області СДП. Це зумовлює збільшення коефіцієнта відбиття [7] від епігенетично розшарованих покриваючих поклад товщ і викликає явище "яскравої плями" над покладом у хвильовому сейсмічному полі.

Вище по розрізу, в окисній зоні області СДП, породи, що формують горизонти відбиття для сейсмічних хвиль, змінюються за фізичними властивостями діаметрально протилежно. Акустично жорсткі відклади (хемогенні породи та пісковики) у кислому середовищі швидше, ніж у звичайних розрізах за межами області

СДП частково розчиняються, перекристалізуються, аморфізуються, вилуговуються, тобто стають більш пористими, а акустично – менш жорсткими. Контактуючі з ними малопроникні і акустично “м’які” глинисті утворення, накопичуючи в собі продукти цього розчинення, стають ще більш непроникними, а акустично – більш жорсткими. Внаслідок таких протилежних змін акустичних властивостей шарів різних відкладів коефіцієнт відбиття сейсмічних хвиль на їх границях зменшується аж до нуля, а іноді і до інверсії знака. Тобто в сейсмічних хвильових полях з’являються немов би “пунктирні” осі синфазності, “сліпі плями”, спостерігаються обернення фази відбиття та інші аномалії динамічних параметрів сейсмічних хвиль.

Потужність відновної зони області СДП над нафтовими покладами становить звичайно 200–300 м, над газовими – 500–600 м і більше.

Внаслідок фільтрації ВВ за межі покладу на ВНК та ГВК і біохімічного окислення їх тут специфічними анаеробними бактеріями за *контуррами покладу* встановлюється підвищений окисний потенціал пластових рідин. А це спричиняє активне епігенетичне перетворення вміщуючих порід.

На контактах покладу ВВ на ВНК і ГВК на межі різкої зміни геохімічного потенціалу з відновного в покладі на підвищено окисний за його контуром створюється так званий “геохімічний” (або “літолого-мінералогічний”) бар’єр з епігенетичних утворень – кальциту, ангідриту, піриту та ін. Тобто навколо покладу ВВ формується акустично жорстка оболонка. Сейсмічні відбиті хвилі (ВХ) від таких жорстких відкладів в місцях ВНК і ГВК спостерігаються з дуже великою амплітудою. Разом з високоінтенсивними ВХ від жорсткої покрівлі покладу ВВ вони також формують “яскраві плями” в сейсмічному полі.

Таким чином, специфічний розподіл геохімічного потенціалу в продуктивному розрізі осадового чохла призводить до епігенетичного перетворення відкладів навколо покладів ВВ та над ними. А це викликає аномалії фізичних полів, а саме – сейсмічного хвильового поля, його динамічних характеристик, і створює фізико-геологічні передумови пошуків скупчень ВВ сейсморозвідкою.

За допомогою нового підходу пошуки покладів ВВ можливі в пастках будь-якого типу (антиклінального чи неантиклінального), розташованих на глибинах до 5,0–6,0 км та більше. Виникає можливість також визначити тип ВВ у

покладі, що прогнозується, – нафта чи газ (що не можна зробити жодним з відомих раніше методів).

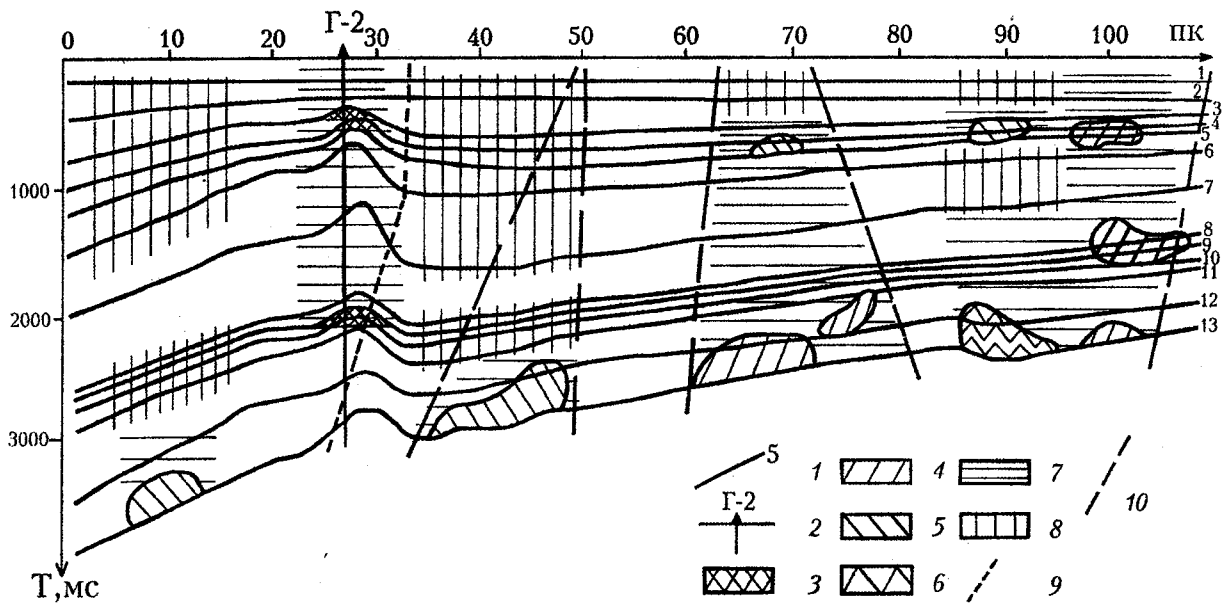
Прогнозування нових покладів ВВ новим методом за аналізом даних сейсморозвідки проведено на північно-західному шельфі Чорного моря на північ від Голіцинського газоконденсатного родовища.

Сейсмічний матеріал, використаний при виконанні цієї роботи, отримано методом ВХ морською сейсмопартією № 52/88 ДГП “Одесморгеологія” і додатково оброблено в Комплексно-дослідній методичній експедиції (м. Київ) за програмами, що дають інформацію про кінематичні та динамічні характеристики сейсмічного поля.

Площа дослідження розташована в межах монокліналі Каркінітсько-Північно-Кримського прогину – в зоні зчленування південно-західної окраїни Східно-Європейської платформи (СЄП) зі Скіфською плитою. Дорифейський складчастий фундамент СЄП тут розбитий на різновеликі блоки, які заглиблюються з півночі на південь з невеликим кутом нахилу – 3–5° [1]. У зоні зчленування СЄП зі Скіфською плитою проходить Голіцинський розлом, чітко виражений у структурі осадової товщі, в межах якого розташована Голіцинська структура з газоконденсатним покладом у дат-палеоенових вапняках і майкопських алевроліто-піщаних відкладах.

Сейсмічний матеріал проаналізовано по субмеридіональних профілях № 7–10, 13, 15–17, 20. На часових розрізах спостерігається велика кількість чітких відбиваючих границь (ВГ) осадового чохла Чорноморської западини, що стало доброю передумовою для вивчення динамічних параметрів ВХ (багато інформації про динаміку сейсмічного хвильового поля). Усі горизонти розподілені по розрізу рівномірно. На часових розрізах для дослідження вибрано 13 відбиваючих горизонтів, частина яких збігається з сеймостратиграфічними поверхнями. Вздовж ВГ амплітуди ВХ усереднені для кожної розстановки приладів, за значеннями яких побудовані розрізи відносних змін амплітуд ΔA , %.

Розрізи ΔA по профілях, що перетинають різноманітні геологічні будови – моноклінальну зону занурення південно-західної окраїни СЄП, Голіцинську антиклінальну структуру з газовим та газоконденсатним родовищем і південне занурення відкладів у Чорноморську западину, – виявляють нерівномірне, аномально диференційоване поле як вздовж профілів, так і по глибині (див. рисунок). Розподіл амплітуд ВХ



Розріз змін амплітуд ВХ (ΔA , %) вздовж профілю 10

1 – границі відбиття; 2 – свердловина Голіцинська-2; 3 – поклад ВВ; 4 – прогнозний поклад газу; 5 – прогнозний поклад нафти; 6 – прогнозний поклад нафто-газу; 7 – відновна зона області СДП; 8 – окисна зона області СДП; 9 – тектонічні порушення; 10 – прогнозні тектонічні порушення

вздовж профілів значно відрізняється в названих частинах території дослідження.

У місцях занурення шарів відкладів у Чорноморську западину на південь від Голіцинського родовища спостерігається розподіл відносних значень амплітуд головним чином за шаруватістю. Лише в нижній частині розрізу в межах пікетів 5–15 виявляється локальний аномальний розподіл амплітуд, характерний для невеликого нафтового покладу. Мінімум амплітуд у середині аномальної площі (пікети 7–13) відображає поклад нафти, що прогнозується; максимум невеликого значення зверху (ВГ-12) – відновну зону області СДП та покрівлю покладу; максимум навколо покладу – область ВНК; значний мінімум амплітуд (до 30–50%) у самому верху розрізу (ВГ-1–6) – окисну зону області СДП.

Там, де профілі перетинають Голіцинську структуру з газоконденсатним родовищем, характер зміни амплітуд ВХ по розрізу значно відрізняється в окремих частинах розрізу: продуктивних шарах, під ними та вище них по розрізу, до самого його верху.

Уся товща відкладів у межах Голіцинської антиклиналі, починаючи з кристалічних сланців фундаменту (глибина яких у св. 2 досягає 3690 м), є газонасиченою. У дат-палеоценових відкладах газонасичення досягає кондиції промислового газу. Амплітуди ВХ від горизонтів у продуктив-

них карбонатно-глинистих відкладах (ВГ-9), глибина покрівлі яких у св. 2 дорівнює 2120 м, та в газонасиченій товщі нижче (ВГ-10, 11), менше за значенням, ніж від горизонтів ВГ-12, 13 та тих, що вище по розрізу.

У перекриваючих карбонатних відкладах середнього еоцену амплітуда ВХ підвищена та продовжує збільшуватись і далі (до 100% і вище) вгору по розрізу: від ВГ-7 у відкладах глинисто-карбонатних і мергелях верхнього еоцену (на глибині 1200 м), від ВГ-6 (900 м) та ВГ-5 (520 м) цей ефект досягає 150% (профіль 8). Лише на рівні ВГ-4 (продуктивні піщано-глинисті відклади майкопу на глибині 400 м) інтенсивність ВХ дещо знижується. Однак вище – від ВГ-3, -2, -1 – збільшення амплітуд ВХ над родовищем знову зростає (до 150–200% та більше). Це підвищення амплітуд ВХ у розрізі над продуктивними відкладами дат – палеоцену пояснюється епігенетичними змінами порід у відновному середовищі області СДП.

Зниження інтенсивності ВХ у розрізі на рівні ВГ-4 в продуктивних майкопських відкладах пояснюється поглинанням хвиль у скупченні газу в цьому інтервалі осадового чохла.

Над Голіцинським родовищем газу та газоконденсату формується значний дифузійно-ефузійний потік, тому що відклади осадового чохла молоді Чорноморської западини дуже пористі та проникні. Цьому сприяє також вели-

ка крутість схилів антиклінальної Голіцинської структури та присутність регіонального тектонічного розлому, що екранує родовище з півночі: зростає тектонічна тріщинуватість порід.

При значному ефузійно-дифузійному потоці, що спостерігається над Голіцинським родовищем, відновна зона області СДП займає весь розріз осадового чохла, а окисна зона не встигає сформуватись.

У межах схилів Голіцинської структури поза контурами родовища (пікети 1–25 та 29–40) спостерігаються глибокі мінімуми амплітуд ВХ на горизонтах 8–11, значно глибші, ніж в межах самого родовища. Ці мінімуми амплітуд ВХ відображають, ймовірно, законтурні епігенетично змінені відклади у середовищі з підвищеним окисним потенціалом.

На площі дослідження, що розташована безпосередньо на північ від Голіцинського родовища (пікети 33–47), внизу розрізу по ВГ-12, -13 спостерігаються дуже витримані по площі мінімуми амплітуд ВХ, перекриті вузькими максимумами, що корелюються від профілю до профілю. У верхній частині розрізу по ВГ-1, -2, -3 над цими мінімумами також фіксуються мінімуми амплітуд ВХ – до 40–60%. Такий характер хвильового поля інтерпретується відображенням покладу нафти в нижній частині розрізу і області СДП над ним.

Розподіл амплітуд ВХ по розрізу в межах пікетів 56–75 дуже аномальний і характерний для покладу газу в нижній частині розрізу (ВГ-12, -13). Інтенсивний, різкоградієнтний максимум ΔA , % (ВГ-11, -10) – покривля прогнозного покладу – над локальними мінімумами ΔA , % змінюється далі вгору по розрізу також інтенсивним додатним полем до ВГ-3 (відновна зона області СДП).

Локальне ускладнення поля на рівні ВГ-4, що пов'язане з майкопськими відкладами, може бути обумовлене збільшенням скупчення газу, що формує невеликий дериват від основного покладу газу, який прогнозується у підшві осадового чохла. Але кількість продукції у майкопських відкладах значно менша, ніж у прогнозованому покладі в нижній товщі.

Поле ΔA , % на пікетах 65 і 73 з субпаралельними нахиленими ізолініями відображає, ймовірно, наявність тектонічних порушень, що можуть екранувати поклад газу в нижній частині розрізу.

Окремі локальні мінімуми поля ΔA , % у межах додатного аномального поля, яке відобра-

жає відновну зону області СДП над прогнозованою газонасиченою товщею на рівні ВГ-11, -12, -13, можуть бути обумовлені збільшенням накопичення в окремих частинах розрізу мігруючого газу з основного покладу в низах осадового чохла.

У північній частині профілю поле амплітуд ВХ по розрізу також аномальне і характерне для продуктивних розрізів осадового чохла. У межах пікетів 84–93 в нижній частині розрізу прогнозується нафто-газове скупчення, що відображається мінімумом амплітуд ВХ. Інтенсивне, різкоградієнтне додатне поле середньої потужності вище може означати відновну зону області СДП, а мінімуми ΔA , % у найвищій частині розрізу – окисну зону. Мінімум ΔA , % на рівні ВГ-3, -4 в межах майкопських відкладів може відповідати скупченню тут газу, що мігрував з низів осадового чохла.

Далі на північ, у межах пікетів 94–107, на рівні ВГ-12, -13 та -7, -9 мінімуми ΔA , %, перекриті, різкоградієнтними максимумами амплітуд ВХ значної потужності, можуть інтерпретуватись покладами газу. Як і над Голіцинським покладом, відновна зона (максимум ΔA , %) спостерігається до самого верхнього горизонту відбиття. Окисна зона не встигає формуватись внаслідок, ймовірно, сильного дифузійно-ефузійного потоку ВВ. Послаблення максимуму ΔA на рівні ВГ-3, -4 може відповідати скупченню газу в майкопських відкладах.

Усі прогнозовані поклади ВВ у межах монокліналі можуть знаходитись у літологічно та тектонічно екранованих пастках.

Таким чином, досліджене поле амплітуд ВХ на північ від Голіцинського родовища ВВ у межах спокійного, моноклінального шарування відкладів виявилось дуже нерівномірним вздовж профілів та аномальним. На аномальних зонах зміна поля ΔA , % по розрізу характеризує вуглеводонасичені розрізи з накопиченням ВВ як у продуктивних на Голіцинській площі датпалеоценових і майкопських відкладах, так і в товщах в основі осадового чохла. На дослідженій території монокліналі прогнозовані поклади ВВ паралельні розташуванню площі Голіцинського родовища.

Використання нового підходу до пошуку покладів ВВ за даними сейсмозрозвідки всього часового розрізу, що містить інформацію не тільки про самі накопичення ВВ, а й про епігенетично змінені відклади навколо них та над ними, дає можливість збільшити ефективність пошуків: прогнозувати поклади ВВ з більших глибин, розташованих у пастках різного типу – ан-

тиклінальних і неантиклінальних, а також передбачати вид ВВ – газу, нафта чи нафто-газ.

1. Герасимов М. Е. О геодинамике и нефтегазоносности Черноморского региона // Геология нефти и газа. – 1995. – № 8. – С. 4–11.
2. Семенова С. Г., Скворцова Э. А. Геохимическая и физическая модель разреза осадочного чехла в области месторождений углеводородов в условиях Днепровско-Донецкой впадины // Приклад. геофизика. – 1988. – № 119. – С. 82–88.
3. Тимошин Ю. В., Семенова С. Г. Закономерности отображения в волновых сейсмических полях эпигенетического преобразования отложений вокруг залежи // Геология нефти и газа. – 1992. – № 11. – С. 36–41.
4. Тимошин Ю. В., Семенова С. Г., Скворцова Э. А. Влияние диффузионного потока на параметры сейс-

мического волнового поля над месторождением нефти // Приклад. геофизика. – 1984. – № 109. – С. 50–56.

5. Тимошин Ю. В., Семенова С. Г., Скворцова Э. А. Изменение скоростной характеристики отложений осадочного чехла в пределах месторождений углеводородов // Там же. – 1990. – № 11. – С. 31–35.
6. Тимошин Ю. В., Якубецкая Н. И. Новые возможности прямых поисков залежей нефти и газа сейсмическим методом // Геология нефти и газа. – 1977. – № 4. – С. 54–59
7. Харитонов О. М. Спектральные свойства объемных интерференционных волн в литосфере. – Киев: Наук. думка, 1988. – 240 с.

УкрДГРІ,
Київ
ІГН НАН України,
Київ

Стаття надійшла
22.11.01