

PRZYCZYNY CIŚNIEŃ ANORMALNYCH W ZŁOŻACH ROPY I GAZU

UKD 553.981/.982:552.52:561.491.36:550.822.7

Prace w poszukiwaniu złóż ropy i gazu w Karpatach napotykają m. in. na duże trudności techniczne w przypadku wiercenia horyzontów ropno-gazowych, czy nawet solankowych o ciśnieniach anormalnych, tj. wyższych od hydrostatycznego. Zmusza to wiertników do stosowania ciężkich płuczek wiertniczych dla przeciwdziałania wypływowi ropy, gazu czy solanki z horyzontu i utrzymania stabilności ścian odwiertu oraz uniknięcia skażenia płuczki. Obciążenie płuczki barytem nawet do ciężaru powyżej 2 g/cm³ jest kosztowne i niebezpieczne dla złoże i otworu. W przypadku awarii i stójki następuje wytrącanie się barytu z płuczki, który klinuje przewód wiertniczy znajdujący się w otwarze i jest powodem częstych długotrwałych instrumentacji kończących się przeważnie likwidacją otworu.

W zasięgu działalności PPN Jasło horyzonty o podwyższonych ciśnieniach są spotykane dość często w Karpatach ilizowych, natomiast na Przedgórzu Karpat dotychczas nie nawiercono tego typu złoże. W Karpatach odkryto horyzonty o ciśnieniach nawet dwukrotnie wyższych od hydrostatycznych, a także horyzonty o bardzo słabych ciśnieniach złożeń.

Horyzonty o anormalnych ciśnieniach należą jednak w zasadzie do wyjątków w porównaniu do olbrzymiej ilości horyzontów cechujących się ciśnieniami normalnymi, tj. zbliżonymi do ciśnienia hydrostatycznego. Ciśnienia anormalne podwyższone występują w Karpatach z reguły we wkładkach piaskowców wśród łupków menilitowych i I łupków psitrych eoceńskich w jednostce śląskiej (Łubno, Iskrzynia); we wkładkach piaskowców wśród margli węglowickich jednostki podśląskiej (Wola Jasienicka) oraz ostatnio nawiercone horyzonty gazowe i solankowe o silnie podwyższonym ciśnieniu w warstwach inoceramowych i w dolnej kredzie jednostki inoceramowej w rejonie Słonnego.

Wy tłumaczenie powstawania podwyższonych ciśnień, wyższych od hydrostatycznego jest często trudne. Przyczyny tego zjawiska mogą być różne w różnych rejonach i strukturach, zwłaszcza silnie zaburzonych tektonicznie, gdzie wskutek ruchów górotwórczych mogły powstać dogodne drogi dla migracji gazu i ropy z niższych horyzontów do wyższych.

Typowym przykładem przedarcia się gazu z niższych horyzontów do wyższych są tzw. wtórne złoże, które powstały poprzez naruszenie równowagi złożowej w czasie wiercenia i niedostatecznego zabezpieczenia złoże przed migracją do wyższych warstw. Tego typu zjawiska mogą także powstawać w sposób naturalny, podczas silniejszych ruchów górotwórczych powodujących przemieszczenie się warstw lub ich spękanie. W tych jednak przypadkach podwyższone ciśnienia w wyższych horyzontach nie utrzymują się długo i stosunkowo szybko wyrównują się do ciśnienia hydrostatycznego. Z tego powodu w praktyce rzadko można spotkać złoże o podwyższonym ciśnieniu wywołanym ruchami górotwórczymi.

Nawiercane złoże o podwyższonych ciśnieniach są zatem w zasadzie albo złożami wtórnymi (powstałymi wskutek złej likwidacji otworów, czy innych przyczyn powodujących przedostawanie się medium z niższych horyzontów i dotoczenie wyższych, w których podwyższone ciśnienie nie zdołało się jeszcze wyrównać i zbliżyć do ciśnienia hydrostatycznego) lub złożami cechującymi się specjalną budową geologiczną sprzyjającą utrzymywaniu się podwyższonych ciśnień nawet przez całe okresy geologiczne.

Już dawno stwierdzono pewne prawidłowości w rozmieszczeniu złóż o podwyższonym ciśnieniu. Złoże o anormalnych ciśnieniach występują w niektórych basenach sedimentacyjnych o osadach młodych i szybko tworzących się, gdzie kolektory posiadają ograniczoną rozciągłość i zalegają wśród lub pod miąższymi seriami ilastymi. W tych warunkach są spotykane nagłe wzrosty ciśnień, ponad normalne ciśnienie odpowiadające ciśnieniu hydrostatycznemu aż do wartości bliskiej 90% ciśnienia geostatycznego. To zjawisko obserwuje się również w basenach starszych tam, gdzie występują serie ilaste słabo zdiagenezowane oraz pod dużymi masami solnymi.

Tłumaczenia powstawania ciśnień wyższych od hydrostatycznego były różne, ale najbardziej logiczne wydaje się wyjaśnienie R. Byramjee (1), które można zastosować także do naszych typów złóż. R. Byramjee odrzuca tezę o ciśnieniach pierwotnych, które przetrwały do dziś, o „pływaniu” maszywów solnych na warstwach niżej zalegających, o zjawiskach osmotycznych itp., a jako główną przyczynę powstawania podwyższonych ciśnień w złoże podaje występowanie łąw niedostatecznie zdiagenezowanych, kontaktujących bezpośrednio ze złoże. Iły lub łąwce słabo zdiagenezowane zawierają stosunkowo dużą ilość wody. Wiadomo, że muł tworzący się aktualnie może zawierać do 200% wody, a skała ilasta skonsolidowana nie zawiera tej więcej jak 20%. Fakt ten dowodzi, że ogromna ilość wody jest wyiskana ze skały w czasie diagenety.

Jeśli woda z jakichkolwiek przyczyn nie może się wydzielić lub jej wydzielenie było bardzo ograniczone ze względu na minimalną przepuszczalność nadkładu, skała ilasta będzie zawierała nadmierną ilość wody w stosunku do swej głębokości zalegania. Przekładem tworzenia się tego typu osadów są osady łąw o znacznej miąższości i bardzo szybkiej sedimentacji, strefy z nadkładem solnym, strefy zanurzone pod wpływem nasunięć tektonicznych itp.

W tych przypadkach w łąwach lub łąwcach słabo zdiagenezowanych woda „wśródwarstwowa” podtrzymuje pewną część ciężaru nadkładu skał. Woda ta jest poddawana ciśnieniom znacznie wyższym od normalnego ciśnienia hydrostatycznego. Graniczne maksymalne ciśnienie, jakie może być wywierane na wodę „wśródwarstwowa” występująca w łąwach lub łąwcach słabo zdiagenezowanych, będzie równe ciśnieniu geostatycznemu wywieranemu ciężarem nadkładu. Ponieważ woda w tych warunkach stanowi fazę ciągłą, to silne ciśnienie będzie rozchodzić się we wszystkich kierunkach. Kolektor piaskowcowy pod łąw nie zdiagenezowanym lub wśród niego będzie więc poddany ciśnieniu zbliżonemu do ciśnienia geostatycznego. Iły nie zdiagenezowane nie posiadają stałej równowagi i nadwyżka wody wydzieliła się czasem, lecz odpływ wody o tyle jest dłuższy im seria ilasta jest bardziej miąższa lub im skały otaczające ją są mniej przepuszczalne. Należy również podkreślić, że woda zawarta w mikroporach łąw, znajdującą się pod znacznym ciśnieniem ma o wiele większą wiskozę w porównaniu z wodą występującą na powierzchni, co także utrudnia jej wydzielenie.

Klasycznym przykładem tego typu złoże o podwyższonym ciśnieniu jest złoże ropy i gazu w rejonie Woli Jasienickiej. Złoże ropno-gazowe występuje tu w horyzoncie piaskowcowym zalegającym na głębokości ok. 800 m, znajdującym się wśród margli węglowickich. Są to margle plastyczne, słabo zdiagenezowane. Horyzont piaskowcowy ma charakter soczewkowy, na co wskazują wyniki otworów odwier-

conych zarówno na bloku wschodnim, jak i zachodnim. Horyzont zatem ropno-gazowy ma formę kolektora zamkniętego otoczonego plastycznymi marglami węglowiekami. Ciśnienie więc nadkładu przenosi się na złożo ropno-gazowe znajdujące się w horyzoncie piaskowcowym o ograniczonym zasięgu i stosunkowo małej miąższości, osłagającej zaledwie kilkumasztę metrów. Wskutek tego ciśnienie to nie może rozprzeżnąć się daleko wzdłuż horyzontu ani wyprzeć ku powierzchni zawartej w marglach wody i utrzymuje się wyższe niż ciśnienie hydrostatyczne. Jest to oczywiście równowaga nie stała. Każde złożo ropy czy gazu po dłuższym okresie wskutek migracji węglowodorów powinno osiągnąć ciśnienie równe hydrostatycznemu lub nawet niższe, jeśli nie ma odpowiedniej pułapki.

Złoża węglowodorów są ciągle wypierane ku górze przez wody z nimi kontaktujące. Teoretycznie więc każde złożo ropy czy gazu po długich okresach powinno ulec całkowitemu zniszczeniu i ułotnić się w atmosferze. Szybkość pionowej migracji węglowodorów zależy jednak od jakości wielu czynników, jak: pułapki, jakie stanowią warstwy stojące na przeszkodzie migracji, jakości węglowodorów występujących w złożu, głębokości zalegania złoża, temperatury itp. Złoża gazu ulegają szybszemu wymigrowaniu niż złoża ropy, a zwłaszcza rop ciężkich o dużych wiskozach.

W związku z migracją węglowodorów oraz ich ucieczką do atmosfery, w starych strukturach zachowały się złoża tylko tam, gdzie są doskonałe pułapki o bardzo słabej przepuszczalności, a zwłaszcza formacje solne, grube nadkłady ilowców lub margli czy innych skał charakteryzujących się doskonałymi cechami, uszczelniającymi złożo od góry. W utworach młodszych np. trzeciorzędowych — złoża ropy i gazu są bardziej pospolite i zwykle mają charakter złóż wielowarstwowych. Węglowodory bowiem migrując ku powierzchni napotykają na skały o słabszej przepuszczalności i gromadzą się pod nimi tworząc złoża zwykle jedne nad drugimi. Pułapki te zatrzymują węglowodory na pewien tyłko okres.

Występujące złoża węglowodorów w poszczególnych horyzontach cechujących się odpowiednimi własnościami kolektorskimi są tylko pewnego rodzaju etapami większego nagromadzenia się węglowodorów w ich wędrowce ku górze. W utworach zatem młodszych węglowodory, a zwłaszcza gazowe są stosunkowo pospolite i tworzą dość liczne złoża w pionowym przekroju całej serii, lecz są to złoża małe, zeromadzone przeważnie w samym stropie porowatej serii. Przykładem tego typu złóż są u nas złoża gazu w utworach miocenu na Przedgórzu Karpat. Miocen Przedgórza pomimo dużej miąższości serii ilastej cechuje się pewnym zapieszczeniem występującym wśród ilów. W związku z tym istnieje tu dość dobra przepuszczalność pionowa, oczywiście różna w seriach piaskowców i ilowców. Z powodu braku ilów plastycznych o nadmiernej ilości wody na Przedgórzu Karpat nie spotyka się złóż o ciśnieniach wyższych od hydrostatycznych. Ciśnienia złóż gazu są tu równoważone ciśnieniem wody zawartej w warstwach nadległych (2).

W strukturach starych złoża są związane w sposób bardziej prawidłowy z doskonałymi pułapkami, pod którymi mogły zachować się złoża przez długi okres. Są to zwykle złoża o mniejszej ilości horyzontów, lecz mogą to być złoża wielkie, które powstały z kilku lub kilkunastu złóż mniejszych zalegających pierwotnie niżej, ale których pułapki były zbyt słabe, aby utrzymać złożo przez długie okresy geologiczne.

Znajomość przyczyn występowania anormalnych ciśnień w złożach ropy, gazu czy w horyzontach solankowych może przyczynić się do uniknięcia inżynierii przez wcześniejsze przewidywanie możliwości występowania w określonych warunkach geologicznych podwyższonych ciśnień, a tym samym zaplanowanie odpowiedniej konstrukcji technicznej otworu, pozwalającej na odizolowanie horyzontów przez zamontowanie właściwej dymentacji rur okładzinowych. W ten sposób można uniknąć ciągłego obciąża-

nia płuczki przy przewiercaniu niższych warstw, gdzie może być już ciśnienie normalne równe hydrostatycznemu.

Wiercenie przy użyciu zbyt ciężkiej płuczki jest bowiem niebezpieczne podczas przewiercania chłonnych warstw o niższym ciśnieniu, ponieważ może nastąpić całkowita ucieczka płuczki, a następnie erupcja ropy czy gazu z produktywnych horyzontów. Przykładem takie są znane z literatury, choćby np. słynny wybuch gazu i ropy na Saharze z otworu Gaz-Touil nr 2, gdzie zastosowano ciężką płuczkę z powodu zadłaskania ścian otworu w formacji solonośnej triasu. Po nawierceniu horyzontu ropno-gazowego pod formacją solonośną nastąpiła silna ucieczka płuczki z otworu w złożo i jednocześnie gwałtowny wybuch gazu z ropą. Tłumienie pożaru i opanowywanie erupcji trwało około 9 miesięcy. Podobny wypadek miał miejsce po dowieńczeniu pierwszym otworem wielkiego złoża gazu w Lacq we Francji.

Obecnie zarówno na Saharze, jak też na złożu Lacq po zastosowaniu odpowiedniej konstrukcji technicznej otworów dowieńca się bezpiecznie do horyzontów ropnych czy gazowych.

LITERATURA

1. Byramjee R. — Angiles non compactées et pressions anormales. Gas du Nord-Sahara. Rev. de l'Inst. Français du Pétrole. 1966, nr 7-8.
2. Cisek B., Czernicki J. — O pochodzeniu i migracji gazu ziemnego w miocenie nadanhydri towym Przedgórza Karpat. Prz. geol. 1967, nr 7.
3. Karnikowski P. — Uwagi o roponośności i gazonośności polskich Karpat fliszowych i ich Przedgórza. Prz. geol. 1962, nr 7.
4. Mitura F., Birecki T. — Budowa geologiczna Karpat między Korczyną a Domaradzem. 1966. Prace Inst. Naft.

SUMMARY

Anomalous pressures of oil and gas deposits, exceeding hydrostatic pressure, occur where basins are restricted and are found under or within feebly diagenised clays and claystones, or salt-bearing formations.

Clays and claystones contain much water that is set apart during diagenesis. If this process is restricted due, for example, to highly impermeable overburden strata, the pressure of the overlying beds onto the water mass in clays is transferred through the uniform fluidal phase also onto the oil or gas deposit, or even water, thus causing an increase in pressure greater than hydrostatic pressure.

Knowledge of causes of anomalous pressures is of considerable importance in search for crude oil and natural gas deposits, since knowing the facial development of beds we can judge where increased pressures may occur, thus we may foreseen the construction of a bore hole to secure drilling process necessary to reach the oil or gas horizon desired.

РЕЗЮМЕ

Аномальные давления в залежах нефти и газа, превышающие гидростатические давления, наблюдаются в тех местах, где залежи распространены среди глин и аргиллитов, слабо диагенезированных, или же в соленосной формации.

Глины и аргиллиты содержат большое количество воды, которая выделяется во время диагенеза. В том случае, когда процесс выделения воды ограничивается, например вследствие слабой проницаемости перекрывающих пород, давление вышележащих пород посредством воды, заключенной в глинах, передается залежи нефти или газа, вызывая повышение напора сверх гидростатического давления.

Изучение причин возникновения аномальных давлений имеет важное практическое значение в поисковых работах, так как при известном фациальном строении слоев помогает предсказать места возможного появления аномальных давлений

и дает возможность запроектировать такую конструкцию буровых скважин, которая обеспечит безопасное вскрытие ожидаемого нефтегазоносного горизонта.