

СЕЙСМОГЕОДИНАМІЧНІ УМОВИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Я. Бень, Р. Пронишин, А. Стасюк, О. Мельничук

(Інститут геофізики НАН України, м. Львів)

Передкарпатський нафтогазоносний район, де розташовані із значними запасами покладів родовища нафти і газу, наприклад, Долинське і Орів-Уличнянське, характеризується підвищеною сейсмогеодинамічною активністю [1-3].

Загальна геодинамічна та тектоно-динамічна ситуація в Карпато-Балканському регіоні визначається наявністю у верхній мантії під Панонською мікроплитою астеноліту, який фіксується у розрізах земної кори у вигляді горизонту порід меншої густини [4-8]. В сторону насувно-покровних гірських систем Карпат та Динарид поверхня астеноліту занурюється [4-6]. Згідно з даними ГСЗ [4] радіально-тангенціальні зусилля, що зумовлені покрівлею верхньої мантії астеноліту, спричинили нерівномірний розтяг різних горизонтів земної кори під Панонською депресією, тектонічною мікроплитою і викликали одночасне переміщення мас гірських порід у бік Східно-Європейської платформи та мікроплити Адріатичного моря. У районі колізії Панонської мікроплити із Санською та Подільською мікроплитами Східно-Європейської платформи сформована Карпатська гірська споруда та передгір'я Передкарпаття.

В районі стиску Карпат із Санською та Подільською мікроплитами в підшві земної кори в межах Передкарпаття утворюється глибинна клиновидна структура, яка по поверхні верхньої мантії одночасно опускається і зтягується під гірську споруду. Це привело до утворення вузької смуги Передкарпатського прогину, на який продовжує насуватися та витискатися до земної поверхні комплекс флішових утворень Карпат. Важливою особливістю такої структурної ситуації є прояв імпульсних тектонічних зривів - землетрусів природного та техногенно-природного походження. Так, аналізуючи регіональний каталог землетрусів Передкарпаття та суміжних ділянок, можна побачити, що за порівняно короткий час існування Карпатської мережі сейсмічних станцій на його території зафіксовано більше землетрусів ніж за весь попередній історичний період. Збільшення кількості зафіксованих землетрусів пов'язане з початком їх

систематичного вивчення та з появою сейсмічних станцій.

Регіональний сейсмологічний каталог [9] для Передкарпаття налічує біля 40 землетрусів (таблиця 1).

Положення епіцентрів землетрусів згідно таблиці 1 показано на рис. 1. За сейсмологічними даними за доінструментальний період найвища сейсмічна активність на території нафтогазоносного Передкарпатського прогину спостерігалася в його південно-східній частині, на Буковині. З 1974 по 1976 р.р. в районі м. Долина Івано-Франківської області спостерігалася локальне зростання сейсмічності. Тут відбувалася ціла серія землетрусів природного та природно-техногенного походження. Детальніше цей феномен розглянемо на прикладі Долинського та Орів-Уличнянського нафтових родовищ, так як він суттєво впливає на їх розвідку, розробку та експлуатацію.

Долинське родовище нафти - одне з найбільших в Передкарпатті. Воно розташоване в передгір'ї Карпат, у внутрішній зоні Передкарпатського прогину. Характерною особливістю цього прогину в районі родовища є асиметрична будова: крутий, відносно занурений внутрішній схил, який прилягає до гірської споруди, і значно пологий - зовнішній, що тяжіє до платформи. У Передкарпатському прогині широко розвинені поздовжні та поперечні тектонічні розриви порушення, які відповідно виражені насувами, підкидами, скидами та скидо-зсувами. Вони можуть генерувати сейсмічні події значної інтенсивності. Така структурно-геологічна ситуація околиць родовища зумовлена сучасним природним, постійно діючим геодинамічним полем напружень. Останнє характеризується регіональним направленням осей стиску, які орієнтовані з південного заходу на північний схід, а осей розтягу - з північного заходу на південний схід. Все це, при взаємодії з техногенними процесами, зумовило землетруси природно-техногенного характеру, які проявилися при нагнітанні води в свердловини з метою збільшення видобутку нафти, що привело до різкої протидії геодинамічним процесам. Умови їх виникнення розглянуто нижче.

Каталог землетрусів Передкарпаття

Дата	Час в епіцентрі	φ° N	λ° E	H*, км	K*
1670 08 03		49,9	23,6	8	12,1
1822 05 09	04 58	48,1	26,0	5	9,4
1875 08 17	15 45	50,3	24,2	19	13,5
1903 01 20	02 04	48,7	25,7	з.к.	11,6
1950 05 10	02 08 50	48,1	25,6	8	12,1
1970 07 10	14 18 57	47,72	25,82	з.к.	12,0
1974 05 14	08 30 43	49,03	24,00	з.к.	10,0
1975 01 22	16 48 43	48,9	24,1	з.к.	8,8
1975 01 23	07 28 52	48,97	23,97	з.к.	8,7
1975 01 27	14 26 56	48,9	24,1	з.к.	9,2
1976 01 14	11 53 56	49,05	24,02	з.к.	11,0
1976 02 07	20 46 40	49,01	24,00	з.к.	11,1
1976 03 01	20 38 51	49,00	24,00	з.к.	9,6
1976 03 03	09 46 46	49,00	24,00	з.к.	9,1
1976 03 24	07 39 48	49,00	24,00	з.к.	8,7
1976 05 26	05 40 29	48,2	25,1	з.к.	8,0
1979 05 03	22 16 42,7	48,92	24,03	з.к.	8,1
1979 06 03	22 51 35,7	48,93	23,83	з.к.	7,4
1979 10 31	22 45 53,1	48,95	24,07	з.к.	9,5
1982 07 03	22 10 57	48,5	24,9	з.к.	7,2
1982 07 04	01 03 01	48,5	24,9	з.к.	8,6
1983 06 30	23 20 20,7	48,90	23,97	з.к.	8,6
1984 02 24	23 41 00	48,6	23,8	з.к.	9,5
1984 02 25	00 57 56	48,62	23,8	з.к.	8,6
1984 06 27	13 31 45	48,6	25,8	з.к.	7,7
1984 09 19	13 07 01	48,7	25,7	з.к.	8,0
1985 03 05	22 55 22	48,09	24,97	з.к.	9,3
1987 06 07	02 54 11	49,05	24,44	з.к.	9,6
1992 11 06	14 59 44,5	48,2	24,72	з.к.	8,1
1993 01 08	06 15 25,5	48,2	24,7	з.к.	7,6
1995 07 18	15 43 09,0	49,12	25,15	з.к.	8,0
1995 08 16	01 03 01,5	48,8	24,29	з.к.	8,3
1996 05 28	15 59 05	48,69	24,40	з.к.	7,9
1996 09 25	14 25 14	48,78	24,46	з.к.	7,5
1997 01 10	21 50 37	48,03	25,40	з.к.	8,5

* H - глибина вогнища, з.к. - земна кора; K - енергетичний клас землетрусу.

Розробка Долинського родовища нафти проводиться з самого початку його відкриття, з 1950 року [10]. Більш інтенсивні розробки продуктивних пластів почалися з 1953 року. Переважаючим способом видобутку нафти (78,6%) з початку був глибокопомповий - за рахунок внутрішньої енергії пласта. Це привело з 1954 року до передчасного падіння пластового тиску, росту газового фактору, зниження

дебітності свердловин, тобто до низької нафтовіддачі пластів. Тому, з 1955 року, з ростом технічного прогресу цей спосіб видобутку нафти був замінений на більш дешевий - фонтанний. Головним напрямком його є підтримка нафтового тиску шляхом закачування води в продуктивні пласти. Так, вже в 1963 році у порівнянні до 1950 року, кількість води, яка нагніталася в пласти, збільшилася в 29,6 рази, а в порівнянні з 1960 роком

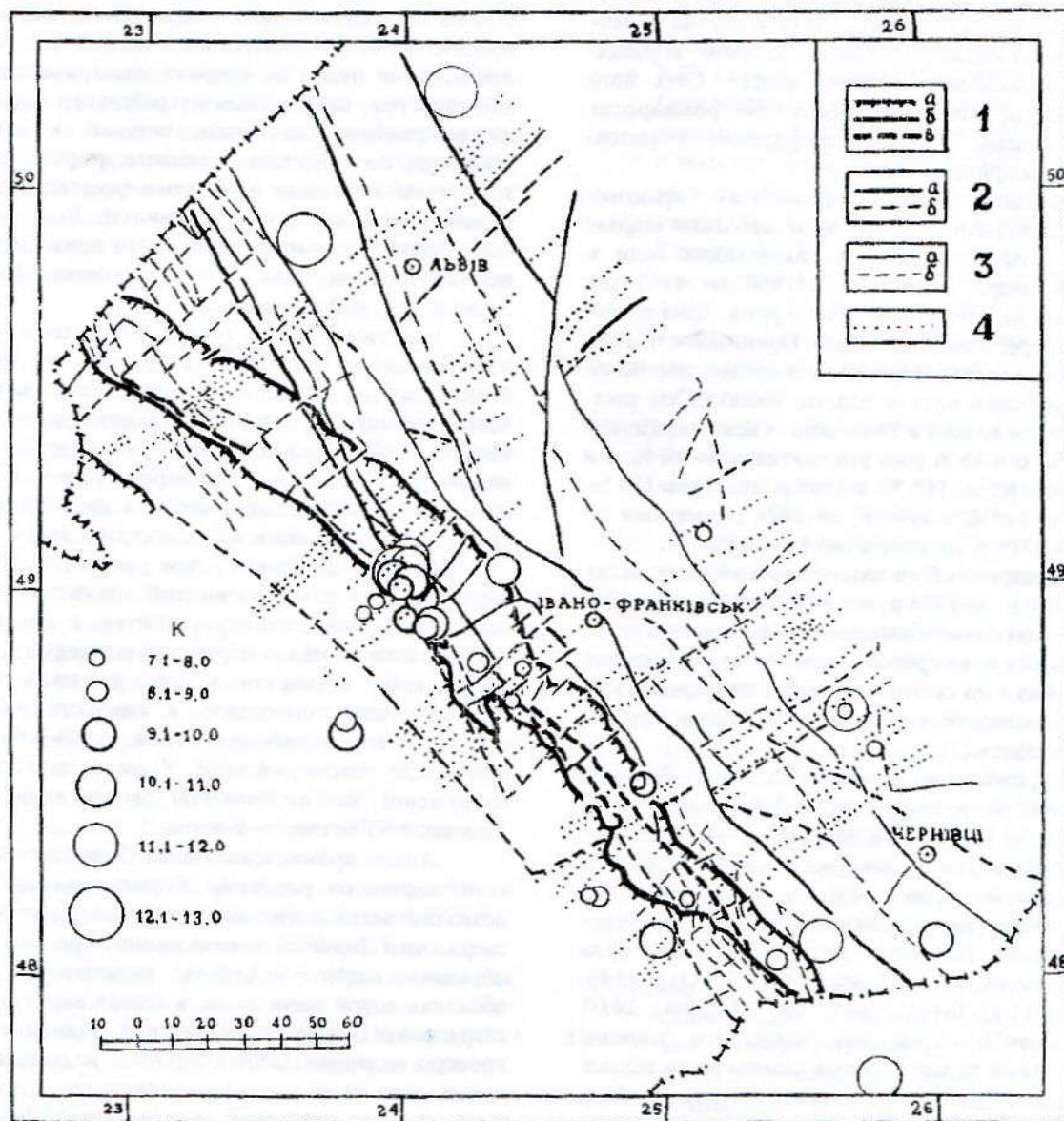


Рис. 1. Карта сейсмічності Передкарпатського прогину та окраїни Східно-Європейської платформи.
Умовні позначення

К - енергетичний клас землетрусів:

- 1 - глибинні розломи першого порядку: насуви, підкиди - а; зсуви, розломи з невизначеною кінематикою виявлені: впевнено - б; невпевнено - в;
- 2 - глибинні розломи другого порядку: зсуви, розломи з невизначеною кінематикою виявлені: впевнено - а, невпевнено - б;
- 3 - глибинні розломи третього порядку: зсуви, розломи з невизначеною кінематикою виявлені: впевнено - а, невпевнено - б;
- 4 - космолітаменти.

- в 25 разів. В 1963 році відбулося вдосконалення геолого-технічних заходів, скерованих на підвищення нафтовіддачі родовища шляхом впровадження гідравлічного розриву пласту. Суть його зводилася до створення нових або розширення старих тріщин на забой свердловин з метою збільшення притоку нафти.

Впровадження в промислову практику нових технологій, в тому числі методики гідравлічного розриву пласта та закачування води в підземні надра, дозволило з 1958 по 1963 рік збільшити видобуток нафти в 50 разів. Дана технологія збереглася і до тепер. Починаючи з 1963 року на родовищі утримується майже постійний об'єм закачаної води в пласти. Якщо об'єм закачаної води в пласти в 1963 році умовно прийняти за 120%, то в 1966 році він знизився до 98 %, а в 1968 році зріс до 115 %, в 1969 р. становив 110 %, в 1970 р. 115%, з 1970 р. до 1973 р. знизився до 88%, а з 1973 р. знову зріс до 95 - 105%.

Сумарний об'єм накопиченої води у пластах зріс з 1950 р. до 1974 р. від 0% до 90%, а до 1993 - 110%. Таке різке збільшення об'ємів закачаної та накопиченої води привело до того, що, починаючи з 1974 року і до сьогодні, в околицях родовища почали проявлятися природно-техногенні (тригерні) землетруси [7].

Перший з них виник 14.05.74 р. в Долині з інтенсивністю в епіцентрі $I_0=3-4$ бали (енергетичний клас $K=10$). Цей землетрус був зареєстрований сейсмічними станціями Польщі, Угорщини та Румунії на віддалі 400 км. Деякі сейсмічні станції Чехії на віддалях 700-800 км зареєстрували тільки поперечні хвилі. Наступною була серія землетрусів в 1976 році: 14.01 ($K=11$, $I_0=5-6$), 7.02 ($K=11.1$, $I_0=6$), 3.03 ($K=9.1$, $I_0=4$), 24.03 ($K=8.7$, $I_0=3$). Перші два землетруси записані вітчизняними та зарубіжними станціями на віддалі від епіцентру до $15^\circ-18^\circ$ (1600-2000 км). Глибина вогнищ цих землетрусів визначена за картою ізосейст і сягає 2 км. Землетрус 14.01 відчувався на площі 570 км², 7.02 - на площі 670 км², а 01.03 - на площі 250 км². Ізосейсти цих трьох землетрусів мають форму овалу, велика вісь якого витягнута з північного заходу на південний схід. Цей напрямок співпадає з напрямком основних структурних елементів Карпат і відображає сучасне поле геодинамічних напружень регіону. З півдня ізосейсти землетрусів 14.01 та 07.02 стиснені, оскільки тут впливає Берегівський насув Скибової зони Карпат.

Найбільш сильні землетруси, які проявилися в 1974 -1976 роках, привели до деформацій

земної поверхні та доріг, зрізання та викривлення стовпів експлуатаційних свердловин, перекосу працюючих вузлів та агрегатів і виходу їх з ладу, пошкоджень будівель, розриву електромереж та енергосистем, що в кінцевому результаті привело до погіршення екологічної ситуації в районі родовища, до забруднення околиць нафтопродуктами і емульсійними хімічними реагентами, до різного роду аварій на виробництві. Відсутність такої інформації у нафтовиків часто приводить до непередбачуваних простоїв та додаткових фінансових витрат нафтопромислу.

Вивчення і аналіз геологічної будови Орів-Уличнянського нафтового родовища в районі Борислава та глибинної будови його околиць дозволило виявити сейсмогеодинамічні закономірності зім'яття обсадних колон свердловин. Як вважає І.М.Ковбасюк [13], свердловини з деформованими колонами знаходяться в двох аномальних, за геодинамічними властивостями, зонах.

Перша із таких зон виділяється на аерокосмічних знімках у вигляді лініаменту, який навскіс пересікає структуру насуву з шириною зони до 1 км. В межах структури розміщується 31 свердловина, в дев'яти з яких зім'яті колоні. Зім'яття колон проходило в глинисто-соляних відкладах воротищенської свити (1520-2600 м), здатних до пластичної течії. У другій тектонічно напруженій зоні розташовані свердловини 2-17 Улично, 39-Улично, 36-Улично.

Аналіз промислових даних Орів-Уличнянського нафтового родовища Бориславського УБР дозволив встановити, що із сорока пробурених свердловин дванадцять ліквідовано через зім'яття обсадних колон. Більшість випадків зім'яття обсадних колон мали місце в період експлуатації свердловин. Швидкість поширення геодинамічних процесів на різних площах буріння є не однаковою і пов'язана зі складною тектонічною будовою. Лише під час буріння в свердловині 58-Іваники була деформована 324 мм обсадна колона на глибині 2400 м, а через п'ять років експлуатації пройшло повторне зім'яття 168 мм обсадної колоні на глибині 2412 м. У більшості свердловин зім'яття були виявлені після тривалого часу експлуатації (12-15 років), хоча є ряд свердловин, в яких зім'яття колон були виявлені через 3-7 років (99-Орів, 58-Іваники) після введення їх в експлуатацію. У ряді свердловин (17-Орів, 21-Орів, 99-Орів, 158-Орів) зафіксовано зім'яття обсадних колон у місцях перегину стовбура свердловин.

Викривлення свердловин та додаткове напруження в трубах обумовлене зовнішніми гео-

динамічними процесами та природно-тригерною сейсмічністю нафтогазових родовищ [1, 7, 12].

Проблема забезпечення стійкості стінок свердловин посідає важливе місце в комплексі заходів, що забезпечують високу ефективність бурових та експлуатаційних робіт на Долинському і Орів-Уличнянському нафтових родовищах. Позитивне вирішення даної проблеми приведе до зниження витрат матеріалів і часу, тобто вартості свердловин, а в кінцевому результаті - собівартості вуглеводневої сировини [1, 11, 13, 14].

Література

1. Бень Я., Пронишин Р. Геодинамічні аспекти техногенної сейсмічності Стебницького калійного родовища // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища. Збірник матеріалів Третього Міжнародного науково-технічного симпозиуму. - Львів: ДУ "Львівська політехніка", 1998. - С. 72-73.
2. Бень Я.А., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Мельничук О.П. Сейсмогеодинамічні умови нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину // Сучасні досягнення геодезії, геодинаміки та геофізичного виробництва. Матеріали конференції. Львів: ДУ "Львівська політехніка", 1999. - С. 185-187.
3. Унксова В.А. Тектоника плит. - Л.: Недра, 1981. - 288 с.
4. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника Юга европейской части СССР. - Киев: Наукова думка, 1972. - 176 с.
5. Соллогуб В.Б., Чекунов А.В. Принципиальные черты строения литосферы Украины. - Геофизический журнал, 1985, т. 7, № 6, с.43-54.
6. Чекунов А.В. Глубинные мотивы тектогенеза. - Геофизический журнал, 1988, т. 10, № 5, с. 3-12.
7. Пронишин Р.С., Кендзера А.В., Бень Я.А. Сейсмическая активность Предкарпатья. - Сейсмологический бюллетень сейсмических станций "Минск", "Гомель" и "Нарочь" за 1986 г. - Минск: ОНТИ ИГиГ АН БССР, 1989. - С. 125-141.
8. Волосецкий Б.И., Кендзера О.В., Пронишин Р.С., Бень Я.А. Оцінка сейсмічної небезпеки Передкарпаття з використанням даних геодинаміки. - Геодезія, картографія і аерофотзнімання. Вип. 56, - Львів: ДУ "Львівська політехніка", 1995. - С. 4-10.
9. Костюк О.П., Сагалова Є.А., Руденська І.М., Пронишин Р.С., Кендзера О.В. Каталог землетрусів Карпатського регіону за 1091 - 1990 роки. - Праці НТШ, т. 1. Геологія, геофізика, хемія, біохемія, матеріалознавство, механіка матеріалів. - Львів: НТШ, 1997. - С. 121-137.
10. Садовый Я.М. Экономическая эффективность технического прогресса в развитии нефтяной промышленности Львовского экономического района. - Тезисы докладов научно-технической конференции "О роли геологической науки в обеспечении промышленности Львовского совнархоза запасами химического сырья и перспективы его использования. - Львов: ТЭСЛС, 1965. - С.77-82.
11. Бень Я.А., Пронишин Р.С., Мельничук О.П. Геодинамічні аспекти тригерної сейсмоекології Долинського родовища нафти Передкарпаття // Екологія нафтогазової промисловості. - Київ: УБЕНТЗ, 1998. - С. 38-42.
12. Кендзера О., Пронишин Р., Бень Я. Сейсмічна небезпека Передкарпаття. - Праці НТШ, т. 1. Геологія, геофізика, хемія, біохемія, матеріалознавство, механіка матеріалів. - Львів: Вид-во НТШ, 1997. - С.104-113.
13. Ковбасюк І.М. Про деякі причини зім'яття обсадних колон. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Буріння нафтових і газових свердловин, №31. - Івано-Франківськ: ІФДТУНіГ, 1994. - С. 48-53.
14. Федорянич В.І., Оринчак М.І. Про підвищення стійкості стінок свердловин. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. № 31, серія: Буріння нафтових і газових свердловин. - Івано-Франківськ: ІФДТУНіГ, 1994. - С. 29-33.

Ben' Ya. A., Pronishin R.S., Stasyuk A.F., Melnychuk O.P.

SEISMOGEOLOGICAL CONDITIONS OF OIL-GAS DEPOSITS OF FORECARPATIAN DEFLECTION Summary

Seismogeological conditions, complicating the operation of chinks on an example of Dolyna and Oryv-Ulychnyansk oil-gas deposits are considered. Intensive technology of production of oil on Dolyna deposit in 1974-1976 has provoked a series of appreciable earthquakes with intensity of 5-6 degree (MSK-64 scale).

Я.Бень , Р.Пронишин , А.Стасюк , О.Мельничук

СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПРЕДКАРПАТСКОГО ПРОГИБА

Резюме

На примере Долинского и Олив-Уличнянского нефтегазовых месторождений рассматриваются сейсмогеодинамические условия, осложняющие функционирование эксплуатационных скважин. Интенсивная технология добычи нефти на Долинском месторождении в 1974-1976 гг. спровоцировала серию ощутимых землетрясений с интенсивностью 5-6 баллов.