

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Михайловський Ігор Зіновійович

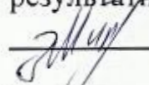
УДК 551.24:553.98(477.8)

ДИСЕРТАЦІЯ
ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ І ПЕРСПЕКТИВИ
НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПІВНІЧНО СХІДНОГО СХИЛУ
КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ»

103 – Науки про Землю
10 – Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


І.З. Михайловський

Науковий керівник Федоришин Дмитро Дмитрович, доктор геологічних наук,
професор

м. Івано-Франківськ – 2026

АНОТАЦІЯ

Михайловський І.З. Особливості геологічної будови і перспективи нафтогазоносності північно східного схилу Крукеницької западини.

Дисертація на здобуття наукового доктора філософії за спеціальністю 103 – Науки про Землю галузі знань 10 – Природничі науки. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України. – Івано-Франківськ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена всебічному вивченню геологічної будови та оцінці перспектив нафтогазоносності неогенового комплексу північно-східного схилу Крукеницької западини, що входить до складу Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Мета роботи полягає в уточненні структурно-фаціальних особливостей цієї окраїни, встановленні основних чинників формування порід-колекторів і флюїдоупорів, а також у розробці науково обґрунтованих рекомендацій щодо пошуково-розвідувальних робіт на вуглеводні. Дослідження поєднує традиційні польові та лабораторні підходи з сучасними геофізичними методиками і математичним моделюванням, що дозволяє отримати інтегровану картину геологічних процесів, які визначали формування осадкового чохла і розміщення потенційних пасток вуглеводнів.

У роботі проведено детальну літолого-стратиграфічну характеристику фундаменту та осадового чохла, зокрема нижньосарматського газоносного комплексу, що є ключовим для розуміння розподілу колекторських відкладів у межах схилу. На основі кореляції промислово-геофізичних розрізів свердловин і аналізу сейсмічних даних виконано реконструкцію палеогеоморфології дна басейну седиментації, що дозволило встановити зв'язок між палеорельєфом і літологічною неоднорідністю відкладів. Виявлено, що джерелом постачання теригенного матеріалу в баден-сарматський басейн була молода Карпатська споруда, а основними механізмами транспортування і перерозподілу матеріалу

виступали глибинні течії, що визначали зональність осадконагромадження і локалізацію піскуватих тіл з підвищеними колекторськими властивостями.

Особливу увагу в роботі приділено вивченню тектонічних елементів неогенового комплексу. На підставі аналізу структурних побудов і результатів 3D-моделювання сейсморозвідувальних досліджень північно-східна окраїна Крукеницької западини інтерпретується як каскадна смуга повздовжніх безкорневих скидів, ускладнених поперечними зсувами та антитетичними диз'юнктивними порушеннями. Встановлено домінуючу роль гравітаційних сил у формуванні блокової будови досліджуваної ділянки, що у поєднанні з палеогеоморфологічними особливостями донеогенового ложа призводило до утворення локальних плікативних структур облягання в нижній частині неогенового комплексу. Така тектонічна організація створює складний набір структурних пасток, де поєднання стратиграфічних бар'єрів і локальних структурних підйомів може сприяти акумуляції вуглеводнів.

Методологічно робота вирізняється застосуванням сучасних геофізичних технологій, зокрема 3D-інтерпретації сейсмічних даних, що дозволило простежити положення донеогенової основи по площі, виявити гравігенні тектонічні порушення, а також визначити кути і азимути нахилів продуктивних горизонтів усередині неогенового розрізу. Використання цих підходів дало змогу виділити межі зон з покращеними колекторськими властивостями і зони глинизації в міжсвердловинному просторі, що має безпосереднє практичне значення для планування пошуково-розвідувальних свердловин і оцінки їхньої ефективності. Крім того, у роботі застосовано статистичну обробку даних і математичне моделювання для прогнозування розподілу вуглеводневих пасток на невивчених ділянках, що дозволяє зменшити ризики при виборі цілей буріння.

Наукова новизна дисертації полягає у кількох взаємопов'язаних положеннях. По-перше, північно-східна окраїна Крукеницької западини вперше інтерпретується як каскадна смуга повздовжніх безкорневих скидів, що

ускладнена різноспрямованими диз'юнктивними порушеннями. По-друге, підкреслено домінуючу роль гравітаційних сил у формуванні блокової будови та локальних плікативних структур, що раніше не розглядалося у такому обсязі для цієї ділянки. По-третє, підтверджено інтерпретацію донеогенової основи як крутого повздовжнього схилу глибокої ерозійної палеодолини, що має важливі наслідки для розуміння зонального розподілу колекторських відкладів. По-четверте, уперше в структурних побудовах використано результати 3D-моделювання сейсморозвідувальних досліджень, що дозволило більш точно визначити просторове положення продуктивних горизонтів і межі зон з підвищеними колекторськими властивостями.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їхнього використання для коригування існуючих і постановки нових пошуково-розвідувальних робіт на вуглеводні в межах північно-східної окраїни Крукеницької западини. Уточнені геологічні моделі і карти зон з підвищеною колекторською якістю можуть бути застосовані при виборі місць для розвідувального буріння, оптимізації програм сейсморозвідувальних робіт і при оцінці економічної доцільності розвідки на конкретних ділянках. Результати також мають значення для регіонального геологічного картографування і для розуміння загальних закономірностей еволюції Передкарпатського прогину, що важливо для довгострокового планування розвитку нафтогазової галузі в регіоні.

Дисертація містить комплексні прогнози щодо розміщення вуглеводневих пасток на невивчених ділянках, засновані на інтеграції літологічних, стратиграфічних, тектонічних і сейсмічних даних. Прогнозні карти і моделі вказують на кілька типів перспективних об'єктів, серед яких структурно-стратиграфічні пастки, локалізовані на межах блоків і в зонах плікативних підйомів, а також стратиграфічні пастки, пов'язані з локалізацією піскуватих тіл у межах палеорельєфних западин. Автором обґрунтовано пріоритети для подальших польових і геофізичних робіт, що дозволяють найбільш

ефективно використовувати обмежені ресурси для розвідки. Підкреслено, що подальше підвищення ефективності пошуків вуглеводнів у регіоні ожливе за рахунок поєднання детальних 3D-сейсмічних досліджень, таргетованого буріння і комплексного аналізу палеогеоморфологічних умов седиментації. Запропоновані підходи і методики можуть бути адаптовані для інших частин Передкарпатського прогину з подібними геологічними умовами, що робить результати дисертації корисними не лише локально, але й у ширшому регіональному контексті. Загалом робота вносить вагомий внесок у наукове обґрунтування перспектив нафтогазоносності західної України і створює практичну базу для подальших досліджень і розвідувальних робіт.

Ключові слова: геологічна будова, нафтогазоносність, Зовнішня зона, породи-колектори, літологія, стратиграфія, сейсморозвідка, тектонічні порушення, геофізичні дослідження, моделювання, кореляція, петрофізика, перспективні ділянки.

ABSTRACT

Mykhailovskyi I.Z. Features of the Geological Structure and Prospects for Hydrocarbon Potential of the Northeastern Slope of the Krukenytska Depression. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 103 – Earth Sciences, Field of Knowledge 10 – Natural Sciences. Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ministry of Education and Science of Ukraine. Ivano-Frankivsk, 2026.

The dissertation is devoted to a comprehensive study of the geological structure and an assessment of the hydrocarbon potential of the Neogene complex of the northeastern slope of the Krukenytska Depression, which is part of the Outer Zone of the Pre-Carpathian Trough. The aim of the work is to refine the structural-facies characteristics of this margin, to identify the main factors controlling the formation of reservoir rocks and seals, and to develop scientifically grounded recommendations for hydrocarbon exploration and prospecting. The research combines traditional field and laboratory approaches with modern geophysical techniques and mathematical modeling, enabling an integrated reconstruction of the geological processes that governed the formation of the sedimentary cover and the distribution of potential hydrocarbon traps.

The study provides a detailed lithological and stratigraphic characterization of the basement and sedimentary cover, with particular emphasis on the lower Sarmatian gas-bearing complex, which is key to understanding the distribution of reservoir deposits across the slope. By correlating industrial geophysical well sections and analyzing seismic data, a paleogeomorphological reconstruction of the basin floor was performed, revealing the relationship between paleorelief and the lithological heterogeneity of the deposits. It was established that the young Carpathian orogen was the principal source of terrigenous material for the Baden-Sarmatian sedimentary basin, and that deep currents were the dominant mechanisms of transport and redistribution, which controlled the zonation of sediment accumulation and the localization of sandy bodies with enhanced reservoir properties.

Special attention in the work is paid to the tectonic elements of the Neogene complex. Based on analysis of structural interpretations and results of 3D seismic modeling, the northeastern margin of the Krukenytska Depression is interpreted as a cascade belt of longitudinal rootless thrusts complicated by transverse faults and antithetic disjunctive disturbances. The dominant role of gravitational forces in forming the blocky architecture of the study area has been established; together with the paleogeomorphological features of the pre-Neogene substrate, this led to the development of local plicate (folded) encasing structures in the lower part of the Neogene succession. Such tectonic organization generates a complex set of structural traps where the combination of stratigraphic seals and local structural uplifts can favor hydrocarbon accumulation.

Methodologically, the work is distinguished by the application of modern geophysical technologies, notably 3D interpretation of seismic data, which made it possible to trace the position of the pre-Neogene basement across the area, to identify gravity-related tectonic disturbances, and to determine dip angles and azimuths of productive horizons within the Neogene section. The use of these approaches allowed delineation of boundaries of zones with improved reservoir properties and zones of clayification in the interwell space, which has direct practical significance for planning exploration wells and assessing their likely productivity. In addition, statistical data processing and mathematical modeling were applied to forecast the distribution of hydrocarbon traps on unstudied blocks, thereby reducing risk when selecting drilling targets.

The scientific novelty of the dissertation lies in several interrelated findings. First, the northeastern margin of the Krukenytska Depression is for the first time interpreted as a cascade belt of longitudinal rootless thrusts complicated by differently oriented disjunctive faults. Second, the dominant role of gravitational forces in forming the blocky structure and local plicate features is emphasized, a factor not previously considered to such an extent for this area. Third, the interpretation of the pre-Neogene

basement as a steep longitudinal slope of a deep erosional paleodoline is confirmed, which has important implications for understanding the zonal distribution of reservoir deposits. Fourth, results of 3D seismic modeling were used for the first time in structural constructions, enabling more precise determination of the spatial position of productive horizons and the limits of zones with enhanced reservoir properties.

The practical significance of the obtained results lies in their applicability for refining existing and planning new hydrocarbon exploration activities within the northeastern margin of the Krukenytska Depression. The refined geological models and maps of zones with improved reservoir quality can be used to select sites for exploratory drilling, optimize seismic survey programs, and assess the economic feasibility of exploration on specific blocks. The results are also valuable for regional geological mapping and for understanding the general patterns of evolution of the Pre-Carpathian Trough, which is important for long-term planning of the region's oil and gas sector development.

The dissertation contains integrated forecasts for the location of hydrocarbon traps on unstudied areas based on the integration of lithological, stratigraphic, tectonic, and seismic data. The predictive maps and models indicate several types of prospective objects, including structural-stratigraphic traps localized at block boundaries and in zones of plicate uplifts, as well as stratigraphic traps associated with the localization of sandy bodies within paleorelief depressions. The author substantiates priorities for further field and geophysical work that allow the most effective use of limited exploration resources. It is emphasized that further improvement of exploration efficiency in the region is possible through the combination of detailed 3D seismic surveys, targeted drilling, and comprehensive analysis of paleogeomorphological sedimentation conditions. The proposed approaches and methodologies can be adapted to other parts of the Pre-Carpathian Trough with similar geological settings, making the dissertation's results useful not only locally but also in a broader regional context. Overall, the work makes a significant contribution to the scientific justification of

hydrocarbon prospects in western Ukraine and provides a practical basis for further research and exploration activities.

Keywords: geological structure, hydrocarbon potential, Outer Zone, reservoir rocks, lithology, stratigraphy, seismic exploration, tectonic disturbances, geophysical studies, modeling, correlation, petrophysics, prospective areas.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА Наукові праці, в яких

опубліковані основні наукові результати дисертації:

- 1 Михайловський І. З. Осадонагромадження та постседиментаційні перетворення міоценового комплексу порід Зовнішньої зони Передкарпатського прогину/ Геологія та геохімія горючих корисних копалин No. 3–4 (199–200) 2025, 13–24. **(наукове фахове видання України)**. *Здобувач охарактеризував процеси осадонагромадження та постседиментаційні перетворення міоценового комплексу порід Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.*
- 2 Михайловський І. З. Умови формування верхньомоласового комплексу в межах Крукеницької западини та на прилеглих ділянках Зовнішньої зони Передкарпатського прогину/ Мінеральні ресурси України, 2025(3), с. 38–45. **(індексується в базі даних Scopus)**. *Здобувач навів умови формування верхньомоласового комплексу в межах Крукеницької западини та на прилеглих ділянках Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.*
- 3 Чепіль, П. М., Лазарук, Я. Г., Ружевич, В. І., Гарасим, С. В., & Михайловський, І. З. (2025). Шляхи прискороного нарощування промислових запасів вуглеводнів в Україні. Мінеральні ресурси України, (2), 54-59. **(індексується в базі даних Scopus)**. *Здобувач навів можливості нарощування промислових запасів вуглеводнів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Чепіль П.М. навів можливості нарощування промислових запасів вуглеводнів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину, Лазарук Я. Г., навів можливості нарощування промислових запасів вуглеводнів ДДЗ, Ружевич В.І. і Гарасим С.В.*

навели можливості нарощування промислових запасів вуглеводнів південного нафтогазоносного регіону.

4 Михайловський, І., & Андрейчук, М. (2025). Альтернативний погляд на умови формування донеогенового ложа Крукеницької западини. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», (62), 85-94. **(індексується в базі даних Scopus)**. *Здобувач сформував альтернативний погляд на умови формування донеогенового ложа Крукеницької западини. Андрейчук М.М. підготував основу для переінтерпретації геологічної будови.*

5 Нарощування видобутку вуглеводнів у межах Крукеницької западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. (2024). Д. Д. Федоришин, О. М. Трубенко, С. Д. Федоришин, І. З. Михайловський, О. Д. Сулима / Мінеральні ресурси України, (2), 50-55. **(індексується в базі даних Scopus)**. *Здобувач підготував перспективи підвищення видобутку з родовищ району. Федоришин Д.Д. переінтерпритував окремі геофізичні матеріали. Трубенко О.М. підготував наявну ресурсну базу. С.Д. Федоришин та О.Д. Сулима провели аналіз наявних баз даних.*

6 Перспективи видобутку газу та конденсату Південнограбинського родовища Передкарпатського прогину /Дмитро Федоришин, Олександр Трубенко, Сергій Федоришин, Ігор Михайловський /Геодинаміка. – 2023. – 2 (35). – С. 139–149. **(індексується в базі даних Scopus)**. *Здобувач провів переінтерпретацію матеріалів з 5 свердловин. Федоришин Д.Д. сформулював ідею. Трубенко О.М. оформив графічний матеріал. Федоришин С.Д. збирав данні та оформив роботу.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Федоришин Д.Д., Михайловський І.З., Трубенко О.М., Федоришин С.Д., Проблеми видобутку газу та конденсату на родовищах Передкарпатського прогину. Метаріали Восьмої науково-практичної конференції "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" Україна, м. Львів , 9–12 жовтня 2023 р. С.

222-231. *Здобувач обґрунтував видобутку з родовищ району. Федоришин Д.Д. переінтерпритував окремі геофізичні матеріали. Трубенко О.М. підготував наявну ресурсну базу. С.Д. Федоришин та О.Д. Сулима провели аналіз наявних баз даних.*

2. Федоришин Д.Д., Трубенко О.М., Михайловський І.З., Федоришин С.Д., Трубенко А.О. Підвищення інформативності геолого-геофізичних досліджень у процесі пошуків та розробки покладів вуглеводнів у складно побудованих геологічних розрізах. Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практична конференція "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" Україна, м. Львів, 7-11 жовтня 2024 р. С. 241-244. *Здобувач обґрунтував видобутку з родовищ району. Федоришин Д.Д. підготував наявну ресурсну базу и. Трубенко О.М. переінтерпритував окремі геофізичні матеріал. С.Д. Федоришин провів аналіз наявних баз даних.*

3. Михайловський І.З., Андрейчук М.М. Перспективи нафтогазоносності північно східного схилу Крукеницької западини. Матеріали Десятої міжнародної науково-практичної конференції "Надрокористування в Україні.Перспективи інвестування"Україна, м. Львів, 6-10 жовтня 2025 р. С. 430-434. *Здобувач обґрунтував перспективи нафогоазоносності. Андрейчук М.М. підготував основу для переінтерпретації геологічної будови.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
РОЗДІЛ 1 ЕТАПИ ВИВЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ ОКРАЇНИ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ.....	19
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ ОКРАЇНИ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ЯК СТРУКТУРНОГО ЕЛЕМЕНТУ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ	27
2.1 Літолого-стратиграфічний опис порід фундаменту та осадового чохла	27
2.2 Фізико-літологічна характеристика нижньосарматського газоносного комплексу. Основні чинники формування порід-колекторів та флюїдоупорів	42
2.3 Використання новітніх геофізичних технологій при виділенні складно побудованих об'єктів.....	47
РОЗДІЛ 3 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕКТОНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО СХИЛУ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ	54
3.1 Структура донеогенової частини розрізу.....	54
3.2 Умови формування та тектонічні особливості верхньоміласового комплексу неогену	60
3.2.1 Структура донеогенової поверхні.....	60
3.2.2 Умови осадконагромадження та постседиментаційні перетворення верхньоміласового комплексу	78
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ⁹⁷	
РОЗДІЛ 5 ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСТОК ВУГЛЕВОДНІВ НА НЕВИВЧЕНИХ ДІЛЯНКАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ ОКРАЇНИ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХНЬОЇ ГАЗОНОСНОСТІ.....	121
ВИСНОВКИ.....	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	138

ВСТУП

Актуальність дисертаційної роботи: зумовлена необхідністю вирішення загальнодержавної проблеми забезпечення промисловості України вуглеводневою сировиною. В умовах сучасних економічних викликів та енергетичної залежності країни питання пошуку нових джерел нафти й газу набуває стратегічного значення. Резерви неопшукваних геологічних об'єктів, що достовірно фіксуються сейсмічними дослідженнями, стрімко скорочуються у всіх нафтогазоносних регіонах України. Це створює потребу залучення до геолого-розвідувального процесу нових нерозвіданих або частково вивчених ділянок, які відрізняються від традиційних складною геологічною будовою та специфічним генезисом вуглеводневих пасток. Таким чином, дослідження спрямоване на пошук і наукове обґрунтування нових перспективних ділянок для видобутку вуглеводнів, що має важливе значення для енергетичної безпеки держави, розвитку нафтогазової галузі та зменшення залежності від імпорту енергоресурсів.

Для вирішення цього завдання запропоновані нові напрямки пошуків і розвідки родовищ вуглеводнів, що базуються на сучасних уявленнях про умови формування різнотипних покладів, пов'язаних з особливостями неогенової седиментації, конседиментаційними та постседиментаційними тектонічними процесами.

На сьогоднішній день одною з таких ділянок є північно-східна прибортова частина Крукеницької западини, що входить до складу Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Вона поширюється на значну відстань і в південно-східній частині перекрита теригенно-хемогенними утвореннями Самбірського покрову а на північному заході української частини прогину у значній мірі віддалена від фронтальної лінії алохтону.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами.

Тема досліджень безпосередньо пов'язана з науково-дослідними роботами ДП НАК «НАДРА УКРАЇНИ» «ЗАХІДУКРГЕОЛОГІЯ», ПП «ГЕОБУРПРОЕКТ»

та ТОВ «БУРПРОЕКТ». Здобувач є керівником тем: «Геологічний проект пошуково розвідувального буріння на Нікловицькому родовищі Львівської області» (ТП ДП «ЗУГ 2004 р.), «Геологічний проект пошуково розвідувального буріння на Ортиничській площі Львівської області» (ТП ДП «ЗУГ 2009р.), «Геолого-економічна оцінка Нікловицького родовища Львівської області» (ПП «ГЕОБУРПРОЕКТ» 2014 р.), «Аналіз перспектив нафтогазоносності Південно-Залужанської площі» (ТОВ «БУРПРОЕКТ» 2018 р.), «Геолого-економічна оцінка запасів вуглеводнів Макунівського газоконденсатного родовища Львівської області» (ПП «ГЕОБУРПРОЕКТ» 2018 р.), «Проект дослідно-промислової розробки Майницького газоконденсатного родовища» (ПП «ГЕОБУРПРОЕКТ» 2021 р.), «Геологічний проект пошуково-розвідувального буріння Дрогобицької площі» (ПП «ГЕОБУРПРОЕКТ» 2023 р.), та ін.п

Мета та завдання досліджень: уточнення геологічної будови та визначення перспектив нафтогазоносності неогенового комплексу північно-східної окраїни Крукеницької западини.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання:

Проаналізувати палеогеоморфологічні особливості донеогенової поверхні та визначити їх вплив на перерозподіл теригенного матеріалу в процесі баден-сарматського осадконагромадження.

Визначити роль геодинамічних факторів у формуванні структурних елементів верхніх молас.

Встановити основні чинники формування вуглеводневих пасток.

На основі нових даних та методів моделювання побудувати уточнену модель будови північно-східного схилу Крукеницької западини.

Обґрунтувати ряд ділянок, сприятливих для нафтогазонагромадження.

Об'єкт дослідження. Геологічна будова північно-східного схилу Крукеницької западини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

Предмет дослідження. Чинники формування природніх резервуарів, сприятливих для нафтогазонагромадження у відкладах неогену

Методи дослідження. У дисертації використано комплекс методів дослідження, що включає теоретичний аналіз і узагальнення наукових джерел, геофізичні та геологічні методи (сейсмічні дослідження, буріння, картування), а також математичне моделювання та статистичну обробку даних для визначення перспективних ділянок із вуглеводневими пастками, зокрема:

- детальна кореляція промислово-геофізичних розрізів свердловин, пробурених в межах ділянки досліджень та на прилеглих територіях;

- порівняльна характеристика розрізів баденського та сарматського комплексів північно-східного схилу Крукеницької западини і гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони, визначення основних чинників перерозподілу теригенного матеріалу;

- палеогеоморфологічна реконструкція дна басейну седиментації та встановлення зв'язків осадконагромадження з палеорельєфом;

- визначення основних джерел постачання осадового матеріалу та механізмів його транспортування, встановлення зон поширення порід-колекторів на ділянці досліджень;

- вивчення генезису розривних та плікативних порушень в неогеновому комплексі північно-східного схилу Крукеницької западини та визначення їхньої ролі при формуванні структурних форм, сприятливих для акумуляції вуглеводнів;

- комплексне прогнозування передумов формування вуглеводневих пасток.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. В неогеновому комплексі північно-східна окраїна Крукеницької западини **вперше** представлена як каскадна смуга повздовжніх безкорневих скидів, ускладнених як поперечними зсувами так і менш вираженими антитетичними диз'юнктивними порушеннями.

2. Домінуюча роль при формуванні блокової будови досліджуваної ділянки **вперше** відводиться силам гравітації в сукупності з палеогеоморфологічними особливостями донеогенового ложа. В нижній частині неогенового комплексу останні стали чинниками утворення локальних плікативних структур облягання.

3. **Підтверджено те**, що в донеогеновій основі Зовнішньої зони Передкарпатського прогину північно-східна окраїна Крукеницької западини представлена як крутий повздовжній схил глибокої ерозійної палеодолини.

4. При виконанні структурних побудов **вперше** використано результати 3D моделювання сейсморозвідувальних досліджень, що були проведені в межах окраїни Крукеницької западини на різних ділянках дослідження. Це дало змогу простежити по площі положення донеогенової основи, а також гравігенні тектонічні порушення, кути і азимуту нахилів продуктивних горизонтів всередині неогенового розрізу та виділити границі зон з покращеними колекторськими властивостями і зон глинизації в міжсвердловинному просторі.

5. **Дістало продовження** дослідження того, що домінуючим джерелом постачання осадового матеріалу в баден-сарматський басейн седиментації вважається молода Карпатська споруда, а основні механізми транспортування та перерозподілу теригенного матеріалу – глибинні течії.

Теоретичне та практичне значення. Теоретичне значення отриманих результатів полягає в уточненні геолого-структурних особливостей північно-східної окраїни Крукеницької западини та механізмів її формування. Встановлено зв'язки неогеново осадконагромадження з палеогеоморфологічними особливостями басейну седиментації.

Практичне значення полягає в уточненні геологічної будови неогенової газоносною товщі для корегування чи постановки нових пошуково-розвідувальних робіт на вуглеводні.

Основні положення винесені на захист:

1. Північно-східна межа Крукеницької западини представляється як регіональний схил крупної ерозійної палеодолини, утворення якої проходило поетапно і пов'язане з циклічністю активізації тектонічних рухів в межах Карпат.

2. В процесі баден-сарматського осадконагромадження домінуючим джерелом постачання теригенного матеріалу розглядається Карпатська складчаста споруда, а основним механізмом транспортування – глибинні течії. Літологічна неоднорідність розрізу знаходяться в прямій залежності від палеорельєфу дна басейну седиментації.

3. Основним чинником формування розривних та плікативних порушень в неогеновому комплексі північно-східного схилу Крукеницької западини були сили гравітації. Екрануючі властивості розривних дислокацій перебувають в прямій залежності від піскуватості розрізу і зумовлені співвідношенням в суміжних блоках порід-колекторів та флюїдоупорів,

Особистий внесок здобувача. Основні результати і висновки, що викладені у роботі, отримані і обґрунтовані автором на матеріалах власних досліджень. Геологічні моделі родовищ вуглеводнів, представлені в роботі, виконані особисто здобувачем, або зі співавторами в рівних частинах.

Апробація результатів дисертації. Результати наукових досліджень представлені Восьмій науково-практичній конференції "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" Україна, м. Львів , 9–12 жовтня 2023 р., Дев'ятій науково-практичній конференції "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" Україна, м. Львів , 7–11 жовтня 2024, Десятій науково-практичній конференції "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" Україна, м. Львів , 6–10 жовтня 2025

Публікації. За темою дисертації опубліковано 6 наукових статей у фахових виданнях категорії А, затверджених переліком ВАК України, та 3 тези доповідей наукових конференцій.

Обсяг і структура роботи. Дисертаційна робота обсягом 149 сторінок складається із вступу, п'яти розділів, висновків і списку використаних джерел. Основний текст роботи викладений на 119 сторінках, ілюстрований 32 рисунками, 3 таблицями. Бібліографія включає 103 назв використаних джерела.

Автор глибоко вдячний науковому керівнику доктору геологічних наук Д.Д.Федоришину. За цінні консультації і поради автор висловлює подяку доктору геологічних наук Ю.З. Крупському, доктору геологічних наук Я.Г.Лазаруку а також кандидатам геологічних наук О.В. Чебану та М.М. Андрейчуку. За допомогу у зборі фактичного матеріалу та при оформленні роботи автор висловлює. працівникам ТзОВ «БУРПРОЕКТ»

РОЗДІЛ 1 ЕТАПИ ВИВЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ ОКРАЇНИ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

Детальне вивчення передової частини Карпат та Передкарпатського прогину бере початок від середини ХІХ століття (Ф.Хауер, М.Ноймаер, Ф.Феттерле). З 70-х років позаминулого століття були видані перші роботи зі стратиграфії і тектоніки Передкарпаття. У 1887 році відомими геологами А.Альтом, Ф.Бенешом Т.Вішньовським, Ю.Гжибовським, Е.Дуніковським, Р.Зубером, М.Ломніцьким, В.Тейссейре, В.Фріцбергом, В.Шайнохою був складений геологічний атлас Галиції масштабу 1:75000 [1].

Перші геофізичні дослідження розпочаті наприкінці цього ж століття. У 1892 р. Штернк з Австрійського Географічного Інституту виконав перші гравіметричні (маятникові) дослідження по профілю Львів – Стрий – Сколе – Лавочне – Мукачево [2].

З 1929 по 1935 рік були проведені магнітометричні дослідження, на основі яких Г.Е. Оркиш вперше запропонував схему глибинної геологічної будови Передкарпаття.

Сейсмічні дослідження в межах Передкарпатського прогину розпочаті в 1929 році фірмою "Сейсмос" Найбільш інтенсивний період проведення геофізичних робіт в Галичині припадає на 1934–1937 роки. Крім рекогносціювальних та пошукових сейсмічних досліджень проводились і деталізаційні роботи на перспективних ділянках – в районі Дашави і Косова. В 1939 році за матеріалами геофізичних зйомок А. Кислов вперше побудував узагальнюючу структурну карту поверхні гіпсо-ангідритового горизонту Передкарпаття [3].

Значний вклад у вивчення геологічної будови Передкарпаття і Карпат внесли К.Толвінський, який приділяв велику увагу вивченню диз'юнктивної тектоніки Карпатах (1921). В. Тейссейре у 1926 році вперше розділяв тектонічні розриви на

дві системи – одна паралельна простяганню Карпат, напрямом іншої – транскарпатський. На думку автора, розривні порушення характеризуються значною протяжністю і глибиною проникнення. З окремими тектонічними порушеннями автор пов'язував родовища вуглеводнів.

Після другої світової війни інтенсивність геолого-розвідувальних робіт в регіоні зростає. Нафтогазоперспективні території заходу України практично повністю закартовані галузевою та загальнодержавними зйомками масштабів 1:50000 і 1:25000 [4, 1].

Про Передкарпатський прогин, як про самостійну тектонічну одиницю, згадується починаючи з 50-х років минулого століття. Зовнішню і Внутрішню зони прогину вперше виділив Богданов А.А. за характером розрізу і типом тектонічних порушень. Всю Зовнішню зону він розділяє на дві частини: північно-західну і південно-східну, зчленування між якими проходить по Жидачівській флексурі [5].

Пізніше Вялов О. С., виділив Передкарпатський прогин, як молоду область значного опускання між Карпатами, що піднімалися і платформою, що повільно опускалась. Так само він виділив Зовнішню і Внутрішню зони. Для Зовнішньої зони характерна наявність платформених фацій верхньої крейди, відсутність палеогену і нижнього моласового комплексу неогену та розвиток пологих брахіантиклінальних складок. Глибинні розломи він вважав головними тектонічними елементами, що розмежовують в Східних Карпатах окремі структурно-фаціальні зони. Велику увагу він приділяв регіональним глибинним розривам на границі сучасних Скибової зони Карпат і Внутрішньої зони Передкарпатського прогину, Внутрішньої і Зовнішньої зон Передкарпатського прогину, а також регіональним порушенням, які розмежовують Зовнішню зону прогину і Східноєвропейську платформу [6-8].

Існувало декілька схем тектонічного районування Зовнішньої зони (М.Р. Ладиженський, 1949; В.В. Глушко, 1958, 1959, 1968; В.Н. Утробін, 1958;

В.Б. Соллогуб, 1959; В.І. Антіпов, 1959, 1960; М.Р. Ладиженський, В.І. Антіпов, 1961; Г.Н. Доленко, 1962; В.С. Буров, 1963; В.М. Щерба, І.В. Кілін, 1973, 1974; та інші).

В.В.Глушко в 1968 році рекомендував обмежити Зовнішню зону зі сторони платформи за літолого-фаціальними особливостями відкладів баден-сарматського комплексу, зокрема по смузі переходу теригенних, в основному, глинисто-алевролітових верств у карбонатні.

Південно-західна межа Зовнішньої зони на поверхні відповідає фронту Самбірського покрову. Під покровом її положення не встановлене. Більшість дослідників нею вважають Передкарпатський глибинний розлом, приурочений до одноіменного регіонального мінімуму сили тяжіння. Північно-східна межа Зовнішньої зони Утробіним проводиться по кулісоподібно зчленованих Городоцькому, Калуському розломах, Журавненській, Івано-Франківській і Тлумач-Заставненській флексурах. В.В.Глушко в 1968 році рекомендував обмежити Зовнішню зону зі сторони платформи за літолого-фаціальними особливостями відкладів баден-сарматського комплексу, зокрема по смузі переходу теригенних, в основному, глинисто-алевролітових верств у карбонатні. При цьому положення границі прогину майже не відрізнялось від запропонованого Утробіним В.Н [27, 86, 87].

До недавнього часу найбільш поширеною була схема Глушка В.В., де в межах Зовнішньої зони прогину виділялась Крукеницька, Угерсько- Косівська і Івано-Франківська підзони. В 1969 році В.С. Буров, В.В. Глушко, В.О. Шакін і П.Ф. Шпак запропонували розділити Передкарпатський прогин на три самостійні зони: Більче-Волицьку, Самбірську, та Бориславсько-Покутську. Ця схема збереглась дотепер і була дещо модернізована науковими співробітниками УкрДГРІ [12, 13]. Виходячи з нових даних сейморозвідки і концепції співвідношення окраїни платформи (палеофорланду) і Карпатського шар'яжу виділено зону Платформеного автохтону, з якої, зірвані маласові покриви

Передкарпатського прогину. Південно-західна границя зони прогнозувалась у смузі Карпатського вододілу, північно-східна границя з Більче-Волицькою зоною проводилась по Стрільбицько-Лопушнянській системі порушень, які об'єднувались у Передкарпатський розлом. До складу зони платформеного автохтону Карпат була включена і Лопушнянська підзона, що раніш відносилася до Більче-Волицької зони.

Північно-східна границя Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину трасувалась по системі флексур і регіональних скидів, за якими товщина міоценових відкладів зменшується до перших десятків метрів. Більче-Волицька зона косо накладена на різні тектонічні одиниці молоді Західно-Європейської платформи, а на південному сході – на крайову смугу древньої Східно-Європейської платформи.

По зоні мезозойських флексур виділяє північно-східну межу прогину Ю.З.Крупський. В основі (ложа) прогину він виділив автохтонний і насунутий алохтонний комплекс відкладів. Зовнішня та Внутрішня зони в їх класичному розумінні виділені тільки в основі прогину, причому існування Внутрішньої зони (складчасте флішове ложе) припускалось на великих глибинах, на території обмеженій з північного сходу Передкарпатським розломом, а на південному заході – глибинним Ужоцьким розломом, який проходить в межах складчастої області Карпат. Крукеницьку западину Ю.З. Крупський виділив як самостійний тектонічний мегаблок, опущений зі значною амплітудою по Краковецькому розлому відносно припіднятої північно-західної частини Зовнішньої зони прогину. Останній на південному сході об'єднується з Передкарпатським глибинним розломом і далі продовжується на південний схід під Карпатську споруду [14, 15].

В 1996 році альтернативну думку, щодо будови Передкарпатського прогину, висловив П.Ю.Лозиняк. Він вважав Більче-Волицьку зону складовою частиною платформи, Бориславсько-Покутську відносить до Скибових Карпат, а власне прогин при цьому формують фронтальні Слобідський та Стебницький покриви

[59, 60]. .

Починаючи із середини минулого століття значна увага приділяється вивченню ерозійних процесів, як одного з чинників формування структурних елементів неогенового розрізу Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Вперше поверхню захороненого донеогенового палеорельєфу описав В.Утробін у 1958 році [10]. В 1966 році ерозійну поверхню донеогенової основи було прийнято за основу при побудові Геологічної карти західного регіону України масштабу 1: 100 000 (Муравінський та ін., 1966).

По мірі нарощення об'ємів глибокого та структурно-пошукового буріння в комплексі із сейсморозвідувальними роботами структурна модель донеогенової ерозійної поверхні Зовнішньої зони Передкарпатського прогину постійно удосконалювалась. Починаючи з другої половини ХХ століття значну увагу вивченню захороненого палеорельєфу приділяли вітчизняні та зарубіжні геологи: В.Утробін, Муравінський, В.Глушко, В. Кузовенко, І.Вишняков, Т.Ізотова, Я.Лазарук, Х.Заяць Ю.Крупський, В.Ващенко, В.Котик, М.Андрейчук, П.Карнковський, Т.Ленк, Е.Явор, М.Ксенкевич, Я.Самсонович, П. Кранковський та ін. [16-31].

Газопошукові роботи в межах зовнішнього Передкарпаття розпочаті в 1912 році в районі м. Калущ, де під час буріння на сіль були відкриті перші газonosні горизонти. В подальшому розширення ціленаправлених геолого-розвідувальних робіт привело до відкриття в 1920 році Дашавського газового родовища. Із введення газових покладів цього родовища в попромислове освоєння в 1924 році почався розвиток газової промисловості України [3]. Значні обсяги дослідницьких робіт в цей час виконувало акціонерне товариство "Піонер".

Значне розширення газопошукових робіт в північно-західній частині Зовнішньої зони Передкарпатського прогину відбулося на початку другої половини ХХ-го століття. В цей час були відкриті Свідницьке, Рудківське, Мало-Горожанське, Угерське, Більче-Волицьке, Рудківське, газові родовища.

У шістдесяті роки зростають обсяги сейсмічних досліджень, відпрацьовано регіональні сейсмічні профілі, два з яких проходять через Крукеницьку западину та прилеглі ділянки припіднятої частини автохтону – з північного сходу і насунутих нижніх молас та флішу – з південного заходу. В нижньосарматському розрізі Крукеницької западини відкриті Садковицьке і Пинянське газові родовища. На кінець цього періоду припадає максимальний річний видобуток газу в Карпатській нафтогазоносній провінції, що склав 12,57 млрд. м³. Основна частка видобутку припадає на газові родовища північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. [32-33, 34].

В 70-80 роки минулого століття. продовжується вивчення Передкарпатського прогину геофізичними методами. Виконано ряд регіональних сейсмічних профілів, в тому числі і один повздовжній.

В 1976 році складена програма комплексного вивчення зони Краковецького розлому, виконання якої дозволило по новому переглянути тектонічні особливості донеогенової основи і баден-сарматського комплексу північно-східної окраїни Крукеницької западини. В межах вузької смуги, що прилягає до верхньої частини Краковецької системи скидо-зсувів відкриті газові і газоконденсатні поклади на Нікловицькому, Макунівському, Новосілківському, Сусолівському, Майницькому, Грушівському, Східно-Довгівському, Летнянському і Гаївському родовищах. Переважна більшість покладів приурочена до нижньої частини сарматського теригенного комплексу [6]. Ці відкриття доводять, що північно-східний схил частина Крукеницької западини, як складової частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, не вичерпала своїх перспектив газоносності. Більш занурені частини цієї ділянки на сьогоднішній день на предмет газоносності практично не вивчені, що зумовлено значними глибинами залягання перспективних об'єктів (більше 3000 м) та низькою роздільною здатністю наявних результатів сейсмічних досліджень в умовах значної крутизни осадових верств [16, 17, 34-36].

Починаючи з 90-х років минулого століття пошукові роботи на глибоко залягаючі об'єкти практично були припинені. Окремі свердловини переведені в консервацію, не дійшовши до проектних глибин (3-Ортиничі, 1-Міжрічинська та ін.). Попри це, зросли вимоги до точності сейсмічних робіт. На багатьох ділянках Зовнішньої зони Передкарпатського прогину проведені деталізаційні роботи за методикою 3D, що дали змогу в складних тектонічних і літолого-фаціальних умовах відкривати поклади вуглеводнів.

Одною з найскладніших, проте, на сьогоднішній день, найбільш перспективною на вуглеводні ділянок є північно-східна окраїна Крукеницької западини, зокрема її занурена частина, яка в розрізі верхніх молас характеризується блоковою будовою і значною літологічною неоднорідністю. В її межах поширені складнопобудовані комбіновані пастки для вуглеводнів, пов'язані з тектонічним, стратиграфічним екрануванням і літологічним заміщенням порід-колекторів.

Детальний аналіз умов формування газових та газоконденсатних покладів в баден-сарматському осадовому комплексі цієї частини Більче-Волицького нафтогазоносного району в сукупності з проведенням комплексних геологопошукових робіт, включаючи деталізаційну сейсморозвідку за методикою 3D, дозволить ефективно дорозвідувати глибоко занурені південно-західні схили вже відкритих родовищ вуглеводнів та виділити нові перспективні ділянки в межах північно-східної окраїни Крукеницької западини.

Окремі аспекти тектоніки в межах ділянки зчленування Крукеницької западини з припіднятою Косівсько-Угерською підзоною Більче-Волицької зони інтерпретувались як крупні диз'юнктиви, пов'язані з вертикальними зміщеннями крупних тектонічних блоків вздовж Краковецького глибинного розлому. У світлі останніх даних значна роль відводиться ерозійним процесам, що відбувались в передбаденський час і охоплювали всю територію Зовнішньої зони Передкарпатського прогину та південно-західну окраїну платформи. Основним

чинником формування блокової будови в середині верхньомоласового комплексу зовнішнього Передкарпаття виступають сили гравітації.

Виконана робота присвячена встановленню зв'язків палеогеоморфологічних особливостей донеогенового ложа північно-східної окраїни Крукеницької западини з елементами тектонічної будови теригенного баден-сарматського комплексу з метою виділення непошукваних перспективних об'єктів.

Висновки.

1. Верхньомоласова товща північно-східної окраїни Крукеницької западини детально вивчена геофізичними методами і глибоким бурінням до глибини 2,0-2,5 км, в повздовжній смузі з крутизною схилів донеогенової основи до 60° .

2. Результати геолого-геофізичного вивчення Зовнішньої зони Передкарпатського прогину підтверджують тісний зв'язок блокової будови баден-сарматського комплексу з палеогеоморфологічними особливостями донеогенового ложа.

3. Відкриття нових покладів і родовищ вуглеводнів в останні роки вказують на значну ефективність проведення в межах ділянок зі складними тектонічними і літолого-фаціальними умовами, до яких належить і північно-східна окраїна Крукеницької западини, комплексних геолого-геофізичних досліджень, включаючи деталізаційну сейсморозвідку за методикою 3D.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ ОКРАЇНИ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ЯК СТРУКТУРНОГО ЕЛЕМЕНТУ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

2.1 Літолого-стратиграфічний опис порід фундаменту та осадового чохла

В будові північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, до якої приурочена Крукеницька западина, приймають участь породи протерозою та палеозою, які з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекриваються відкладами теригенного та карбонатного комплексів юри і верхньомоласовими відкладами міоцену. Глобальні тектонічні процеси зумовили неодноразові регіональні перерви в осадконагромадженні, що супроводжувались процесами довготривалої ерозії.

В донеогеновий час південно-західна частина Більче-Волицької зони більш еродована. Тут в межах гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони кайнозойські відклади залягають на розмитій поверхні юри, що з розмивом перекривають утворення кембрію та рифею в той час як у північно-східній частині прогину неогенові відклади перекривають утворення верхньої крейди, а верхньоюрський комплекс незгідно залягає на відкладах девону.

Відклади рифею, представлені санською серією, яка залягає на глибинах від 2,5 до 7,5 км. Це сильнодислоковані зелено-колірні хлорит-серицитові, кварцеві і глинисті сланці, метаморфізовані і розсічені пегматитовими і кварцевими жилами товщиною від 5 см до 1 м і дайками. Товщина відкладів сянської серії в межах Крукеницької западини та на прилеглих ділянках не визначена, так, як всі свердловини були зупинені бурінням в її покрівельній частині. Літологічні особливості рифейського розрізу додатково вивчались по крупних уламках, що зустрічаються в перевідкладеному вигляді в конгломератах нижніх молас неогену. В розрізі слобідських конгломератів, де складені з уламків зелених хлорит-

серецит-кварцових, і кварцових сланців, філітів, кварцитів. Основну масу уламкового матеріалу складають зелені метаморфічні сланці. Магматичні і жильні породи представлені порфірами, діабазами, молочно-білим і димчастим кварцом. [37, 38, 39].

Відклади палеозойської ератеми в межах Крукеницької западини повністю розмиті. В гіпсометрично припіднятій північно-західній частині Зовнішньої зони Передкарпатського прогину вони розкриті цілим рядом свердловин (3-Держів, 1-Верчани, 1-Яворів, 300-Рудки, 100-, 101-, 104-, 116-, 120-Підлуби та інших), де представлені верхньою частиною балтійської серії і бережківською серією. Відклади балтійської серії (стохідська світа) складені перешаруванням бурих слюдистих аргілітів і алевролітів, а також світло-сірих кварцитоподібних пісковиків. Зрідка зустрічаються пісковики грубозернисті до гравелітистих. Товщина світи від 106 до 150 м, вона збільшується в південно-західному напрямку.

На частково розмитих відкладах стохідської світи залягають пісковики, аргіліти і алевроліти бережківської серії, яка складається з двох товщ, що відрізняються за вмістом піщаного матеріалу. Нижня товща представлена двома пачками, нижня з яких складається зі світло-сірих пісковиків, що перешаровуються червоно-бурими алевролітами. Верхня пачка - це темні масивні аргіліти. В розрізі верхньої товщі також виділяється дві пачки. Нижня складена пісковиками і алевролітами з рідкими прошарками аргілітів; верхня - тонкоритмічне перешарування темно-сірих аргілітів і алевролітів з поодинокими прошарками світлих пісковиків. Товщина бережківської серії поступово збільшується в південно-західному напрямку. Окремі дослідники відносять її до нижнього девону [40].

В межах північно-східної окраїни Крукеницької западини на крутих схилах розмиву вузькі повздовжні смуги виходу на донеогенову поверхню кембрійських

порід у багатьох випадках пропущені глибоким бурінням, що унеможлиблює поділ комплексу на окремі стратиграфічні підрозділи.

З кутовим і стратиграфічним неузгодженням відклади кембрію перекриваються теригенно-карбонатними утвореннями юри, які поширені по всій території українського Передкарпаття, за виключенням Крукеницької западини та окремих незначних ділянок, Косівсько-Угерської підзони, що належать до притальвегових частин палеоврізів, що найбільше піддавались денудації в донеогеновий час.

Процеси осадконагромадження теригенно-карбонатної товщі юри, пов'язані з формуванням Стрийського юрського прогину, що формувався на частково пенепленізованій складчастій основі палеозою. За основу стратиграфічного поділу приймається структурна схема юрських відкладів, розроблена працівниками УкрДГРІ 1986 р [41-43, 44], з подальшими уточненнями [45-48]. Основні положення в 2013 році були викладені в Стратиграфії верхнього протерозою і фанерозою України [81].

В межах досліджуваної ділянки комплекс юри представлений відкладами леясу, догеру і мальму. На крутих схилах північно-східної окраїни Крукеницької западини вузькі повздовжні смуги виходу на донеогенову поверхню окремих стратиграфічних підрозділів юри у багатьох свердловинах пропущені, що затруднює їхню літолого-фаціальну характеристику. Тому, вона наводиться по свердловинах, пробурених в межах пологого схилу окраїни та суміжної припіднятої Косівсько-Угерської підзони зовнішнього Передкарпаття. По мірі заглиблення донеогенового палеорельєфу в сторону Крукеницької западини опускається рівень розмиву юрського комплексу.

Нижня юра складена комарнівською, борятинською, подолецькою і меденицькою світами.

Комарнівська світа за результатами спорово-пилкового аналізу датується як геттанг-синемюр і представлена перешаруванням алевролітів, пісковиків та аргілітів. Піскуватість розрізу поступово знижується від подошви до покрівлі.

Вперше вона була виділена за результатами буріння свердловини Рудки-300 (інтервал глибин 3950 – 4430 м) [50]

Пісковики світло-сірі, дрібнозернисті, масивні, невапнисті, олігоміктові. На окремих ділянках вони слюдисті, глинисті та збагачені гумусовою речовиною. Алевроліти темно-сірі, невапнисті, кварцові, щільні, місцями окремілі. Аргіліти сірі та темно-сірі до чорних, невапнисті, щільні, тверді. Основна їх маса складається з глинисто-халцедоново-серицитового матеріалу. Максимальна товщина, розкрита у свердловинах – 560 м.

Бортятинська світа за даними кернавого матеріалу і промислово-геофізичних досліджень складена переважно алевролітами з тонкими прошарками аргілітів і рідше пісковиків, які без ознак стратиграфічної перерви згідно залягають на відкладах комарнівської світи. Породи зеленуватого забарвлення, щільні, тріщинуваті. Тріщини заповнені кальцитом. Дрібнозернистий характер порід вказує на шельфові умови осадконагромадження. Товщина світи досягає 300 метрів.

Вище по розрізу відклади бортятинської світи без ознак стратиграфічного неузгодження перекриваються теригенним розрізом подолецької, представленої чергуванням пісковиків, алевролітів і щільних глин. Пісковики масивні кварцеві, сильно окремілі, невапнисті. В нижній частині переважають, пісковики та вапняки, аргіліти появляються у верхах світи. Максимальна товщина світи 1300 м.

За комплексом мікрофауни відклади бортятинської і подолецької світ умовно датуються плінсбахом.

Відклади меденицької світи зі стратиграфічною і кутовою незгідністю залягають на частково розмитих відкладах подолецької. Літологічно вони представлені лагунними утвореннями – пісковиками і алевролітами з прошарками

аргілітів глини, вапняків і кам'яного вугілля. Товщина прошарків пісковиків і алевролітів досягає 6,0 м. Товщина світи – до 600 м.

За віком мікрофлори відклади меденицької світи датуються тоаром, окремі дослідники відносять їх до ааленського ярусу догера [45-48].

В комплексі порід середньої юри (байос-бат) спостерігається різка відміна фацій крайової східної частини Зовнішньої зони прогину від західної.

Для східної частини характерні континентальні строкатокольорові глини, алевроліти, пісковики і конгломерати з відбитками флори. В західній – темно-сірі аргіліти, алевроліти, пісковики і гравеліти морського походження, які об'єднуються в коханівську світу. В світі виділяють дві товщі: верхню, в основному аргілітову, товщиною біля 200 м, і нижню, піскувату, товщиною біля 70 м з рідкими прошарками гравелітів і вапняків. В районі Краковецького порушення товщина світи досягає 320 м.

Верхня юра представлена теригенними відкладами яворівської світи і рифогенним комплексом порід, в якому виділяються три регіояруси: рудківський, складений відкладами оксфорду, рава-руський (кімеридж) і нижнівський (титон-беріас) [47].

Яворівська світа – це пісковики і алевроліти. В нижній частині зустрічаються прошарки конгломератів і гравелітів, у верхній частині – прошарки вапняків та доломітів. Вона трансресивно перекриває коханівську світу. Товщина світи до 100 м.

Рудківський регіоярус включає бонівську, рудківську і городоцьку світи. Бонівська світа представлена перешаруванням вапняків і аргілітів. Її товщина досягає 180 метрів.

Рудківська світа складена біогермними вапняками, що змінюються уламковорганогенними, глинисто-піскуватими оолітами. У покрівлі світи залягає глинисто-вапняковий горизонт. Товщина світи досягає 150 метрів.

Городоцька – складена, пісковиками, алевролітами, глинами, вапняками та гравелітами з відбитками флори. Вапняки з прошарками глин. Товщина світи – до 200 метрів.

Рава-Руський регіоярус (кімеридж) включає відклади моранцівської, рава-руської і підлубенської світ.

В розрізі моранцівської світи виділяється два типи розрізу. Перший представлений біогермними доломітизованими вапняками, та алевритистими мергелями загальною товщиною до 400 м, другий – глинистими та алевритистими аргілітами і вапняками товщиною до 480 м.

Рава-руська світа складена доломітами з прошарками гіпсів і аргілітів та часто доломітизованими вапняками. Товщина світи до 450 метрів.

В нижнівському регіоярусі виділяються: каролінська, опарська та нижнівська світи, складені вапняками глинистими, алевритистими, піскуватими з прошарками аргілітів, товщина яких досягає 510 м [45]. Опарська представлена рифовими та шлейфовими вапняками товщиною до 800 м.

Нижнівська світа, складена в нижній частині вапняками псевдоолітовими та пелітоморфними з горизонтом карбонатної брекчії в підшві і вапняками органогенними, органогенно-уламковими оолітовими, пелітоморфними у верхній частині. Вона поділяється на дві підсвіти. Нижня складається з вапняків світло-сірих чи кремових, переважно псевдоолітових і пелітоморфних, місцями перекристалізованих. За рахунок скупчення решток рифових водоростей на окремих ділянках вони переходять у псевдоолітово-водоростеві різновиди. В основі розрізу залягає доломітова або вапнякова брекчія сірого, світло-сірого чи білого кольору. Товщина до 2000 м. Органічні рештки представлені гастроподами, пелециподами та поодинокими форамініферами. Для цих відкладів характерні рештки мікропроблематиків (*Favreina salevensis* Parejas), велика кількість яких приурочена до титонських відкладів Середземномор'я. Підсвіта віднесена до титонського ярусу верхньої юри. Верхня підсвіта складена вапняками світло-

сірими, кремовими, білими до крейдоподібних пелітоморфними, органогенними, органогенно-уламковими (губковими, водоростевими), оолітовими, місцями кавернозними. До складу підсвіти входять дрібні біогерми, розташовані переривчастим ланцюжком у смузі, віддаленій на 10-20 км і більше від опарського масиву. Товщина до 200 м. Верхня підсвіта містить велику кількість палеонтологічних решток – коралів, гідроїдних, менше моховаток, криноїдей, гастропод, форамініфер, водоростей та ін. Аналіз стратиграфічного розподілу фауністичних решток показує, що вік підсвіти пізнотитонський-беріаський [47].

В межах відносно пологої частини північно-східного схилу Крукеницької западини відклади верхньої юри по мірі поглиблення донеогенової ерозійної поверхні поступово розмиваються, що простежується на поперечних сейсмічних профілях і підтверджується даними глибокого буріння.

В межах Орховицького і Вишнянського родовищ, що приурочені до припіднятої суміжної Косівсько-Угерської підзони, з карбонатними відкладами верхньої юри пов'язані поклади нафтового бітуму, а на Грушівському, і Гаївському, на ділянках, приурочених до верхньої частини схилу – поклади газоконденсату.

Відклади крейдової системи вздовж всього північно-східного схилу Крукеницької западини, як і межах всієї північно-західної частини суміжної Косівсько-Угерської підзони повністю розмиті. Відклади нижньої крейди та стратиграфічні підрозділи низів верхнього відділу появляються в південно-східніше в межах Ходорівської палеодолини у розрізах Верещицького, Грудівського, Меденицького, Летнянського та ін. родовищ. У повному обсязі вони представлені в межах припіднятої регіональної палеотераси північно-східніше Городоцького повздовжнього палеосхилу, де нижньокрейдіві утворення незгідно залягають на розмитій поверхні верхньої юри і представлені, в основному, теригенними породами [50].

Відклади верхньої крейди – це потужна теригенно-карбонатна товща, представлена в нижній частині пісковиками і вапняками сеноману. Вище по розрізу залягає турон-кон'якська товща товщиною 100-250 метрів, яка перекривається відкладами сантон-кампанського комплексу, представленими зеленувато-сірими мергелями і світло-коричневими та зеленуватими вапняками з прошарками дрібнозернистого пісковика і аргіліту. В мергелях зустрічаються пачки глин. У центральній частині Косівсько-Угерської підзони в мергелистому розрізі сенону отримали широкий розвиток верстви матеріалом пісковиків збагачених карбонатним матеріалом. Товщина комплексу від перших десятків метрів до 150 метрів. З відкладами верхньої крейди в цій частині Більче-Волицької зони пов'язані основні поклади вуглеводнів.

На північному сході в розрізі Городоцького схилу в покрівлі верхньої крейди епізодично появляються відклади маастрихтського ярусу (св. 1-, 4-, 5-, 6, 10-, 22-, 23-Вербіж, 10-Мала Горожанка). Вони приурочені до ділянок, найменш вражених доміоценовою ерозією і складені піскуватими мергелями прибережного мілководдя. Максимальні товщини складають 160 м (св. 23-Вербіж).

В ранньому міоцені осадконагромадження проходило в умовах швидкого прогинання і інтенсивного розмиву суміжних ділянок краю платформи. В цей час відбуваються висхідні рухи в межах молоді Карпатської споруди, що супроводжувалось нагромадженням товщі моласових відкладів [51, 7, 52].

Нижньомоласовий комплекс, в Передкарпатському прогині починається з відкладів воротищенської світи нижнього міоцену, яка представлена сірими глинами, що перешаровуються з алевритами та пісковиками загальною товщиною до 1000 метрів.

Вище по розрізу вона згідно перекривається відкладами стебницької світи, вираженої тонко-середньоритмічним перешаруванням рожевих, зеленувато-сірих, сірих, місцями чорних глин з алевролітами та пісковиками, що датуються

отнангом-баденом. Загальна товщина стебницьких відкладів від 400 до 1000 метрів.

Відклади балицької світи (карпат-баден) без ознак перериву в осадконагромадженні поступово нарощують нижньомоласовий комплекс і представлена зеленувато-сірими масивними та тонкошаруватими, переважно карбонатними глинами з прошарками алевролітів, пісковиків. Верхи світи місцями складені з евапоритів (соленосної глинисто-піскуватої брекчії з прошарками пісків та глин, лінзами кам'яної, іноді калійної солі, гіпсів). Загальна товщина світи – 350-750 метрів.

Вище по розрізу евапоритові та глинисті відклади балицької світи перекриваються товщею тонкошаруватих сіро-зелених глин з проверстками ущільнених паралельно-косшаруватих сірих алевритів, що об'єднуються в бережницьку світу, товщина якої в північно-західній частині прогину досягає 1000-1200 метрів. В її розрізі зустрічається мікрофауна від баденського до панонського ярусів міоцену.

Весь комплекс нижніх молас міоцену нагромаджувався на структурах опущеного перед фронтом Карпатського орогену краю платформи і, пізніше, був зірваний зі свого початкового седиментаційного положення та переміщений до північного сходу, утворюючи Самбірський покрив як проміжну регіональну тектонічну одиницю між Зовнішньою і Внутрішньою зонами Передкарпатського прогину. Ці утворення неогенового передового прогину ускладнені елементами насувної тектоніки.

Автохтонний комплекс неогену (верхні моласи) поширений в межах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину включаючи Крукеницької западину і її північно-східну окраїну, що є об'єктом дослідження. У стратиграфічному відношенні вони представлені відкладами баденського і сарматського ярусів, які залягають на різноденудованій поверхні донеогенової основи.

Розріз баденського ярусу і складений з порід богородчанської, опільської, тираської та косівської світ. Відклади богородчанської світи, що за комплексом фауни відносяться до нижнього бадену, поширені в зануреній частині Зовнішньої зони перед фронтом алохтону. Її основна частина представлена глинами з прошарками глауконітових пісковиків, мергелів і туфів. В нижній частині часто присутня пачка різнозернистих кварц-глауконітових пісковиків. Товщина світи – до 100 м. Наявність туфогенного матеріалу є свідченням того, що частина осадового матеріалу поступала з тектонічно активної молоді Карпатської споруди.

Відклади опільської світи за комплексом мікрофауни теж відносяться до нижнього бадену. Вони поширені в межах припіднятої частини Більче-Волицької зони (Косівсько-Угерська, Івано-Франківська підзони) і на окраїні платформи. В межах Більче-Волицької зони вони складені прибережно-морськими відкладами (біогермними вапняками, пісками, пісковиками та глинами). У покрівлі подекуди присутні органогенні вапняки (єрвілієві шари). В притальвегових частинах палеорусел в нижній частині світи присутні лінзи кам'яної солі, гіпсів. Товщина світи в межах Більче-Волицької зони 25 – 40 м., в найбільш занурених ділянках палеодолин може досягати 400 м.

Верхня частина бадену представлена тираською та косівською світами. Перша в межах Крукеницької западини з незначним неузгодженням перекриває малопотужні глинисті верстви богородчанської світи і представлена, в основному, ангідритами з прошарками глин. На припіднятих елементах Більче-Волицької зони – це сульфатні породи (гіпси, ангідрити) з прошарками глин та лінзами метасоматичних вапняків із сіркою. За комплексом мікрофауни вони відносяться до перехідних верств від нижньо-до верхньобаденських [53,54]. Товщина тираської світи 15 – 65 м, в межах Крукеницької западини не перевищує 30 м. В її покрівлі часто присутні жовто-коричневі хомогенні вапняки (“ратинські” верстви) товщиною 0,1 – 0,5 м .

Відклади опільської та тираської світ поширюються і на територію південно-західної окраїни платформи, де вони характеризуються аналогічним літологічним складом. Перша представлена біогермними вапняками, пісками, пісковиками, тонкошаруватими глинами загальною товщиною до 30 м. Спорідненість літологічного складу порід опільської світи платформи і прогину є підтвердженням ідентичності джерел постачання осадового матеріалу. Поступлення теригенного матеріалу, відбувалось, в основному, зі сторони платформи.

Тираська світа на окраїні платформи представлена в основному гіпсами і ангідритами з меншою кількістю теригенних порід, що вказує на їх лагунне походження і незначні глибини басейну седиментації. Її товщина на платформі не перевищує 15 м.

На відміну від нижньої частини баденського комплексу для теригенних відкладів верхнього бадену та сармату характерна значна літологічна мінливість. Звертає на себе увагу те, що у південно-східній частині Зовнішньої зони прогину розріз верхніх молас представлений, в основному, верхньобаденськими теригенними породами в той час як на північному заході домінують відклади нижнього сармату.

В південно-східній частині Більче-Волицької зони в піщано-глинистих і піщано-галькових утвореннях верхнього бадену присутня коса шаруватість, наявність прошарків вугілля, рослинного детриту, морської і прісноводної фауни, лінзоподібних утворень змішаних порід. На крайньому південному сході верхньобаденський комплекс представлений алювіально-дельтовими та прибережно-морськими відкладами. На піщано-глинистих верхньобаденських відкладах лежить товща ковалівських верств, яка відрізняється від нижньої частини косівської світи значною піскуватістю розрізу. Глини і аргіліти, на відміну від косівської світи, в її розрізі відіграють підпорядковану роль і зустрічаються у вигляді тонких, не витриманих по площі прошарків .

Пісковики кварцево-глауконітові і кварцові зеленувато сірі і ясно-сірі різнозернисті рідко дрібнозернисті слабо і середньо зцементовані часто глинисті дрібнослюдисті вапнисті.

Глини і аргіліти зеленувато-сірі, рідко темно-сірі з зеленуватим відтінком середньої щільності, вапнисті зустрічаються глини (товщина до 0,25 м) зеленувато-коричневі і блакитно-зелені в'язкі на дотик жирні, невапнисті і слабовапнисті подібні до бентонітових. В розрізі цієї товщі іноді зустрічається прошарки (до 0,15-0,25 м) крупнозернистих алевролітів ясно-сірих кварцевих вапнистих щільних. Необхідно відзначити наявність дрібної гальки, яка добре окатана і складається головним чином з порід карпатського флішу.

Прибережно-морський характер розрізу підтверджується наявністю обвугленого детриту, а також пропластків та пластів бурого вугілля. Ця товща характеризується змішаною фауною. Чергуються проверстки з морськими і континентальними формами а також наявні черепашки прісноводних молюсків. Асоціація форамініфер косівської світи засвідчує про її пізньобаденський вік.

Ковалівські верстви простягаються вузькою смугою перед фронтом насуву Самбірської зони. Район розповсюдження вугленосних верств простягається між містами Сторожинець – Калуш. Вони збагачені макро- і мікрофауною морського походження. Північно-західніше по простяганню Карпатської споруди берегова лінія зміщується на південний захід, де вона була втягнута в насувні процеси. Подібні верстви зустрічаються в північно-східній частині Майданського напіввікна, де біля м. Рожнятова вони з кутовим неузгодженням перекривають воротищенську товщу, досягаючи товщини 140 м [55], а у районі с. Березів на північному схилі Карпат виходить на денну поверхню товща конгломератів, складених з гальки крейди і палеогену, яка перекривається 3-метровою пачкою піщаних карбонатних глин з верхньобаденською фауною [33].

Північно-східніше при віддаленні від джерел зносу теригенного матеріалу вони поступово змінюються заглинзованими відкладами. Товщини піщаних і

алевролітових пропластків на фоні загального глинисто-алевролітового розрізу змінюються від кількох сантиметрів до десятків метрів. У нижній частині косівської світи виділяється пачка зеленуватих глин із прошарками алевролітів, туфів і туфітів. Наявність туфогенних відкладів свідчить про близькість ділянки активних тектонічних рухів, що вірогідніше всього, відбувались в зоні формування молоді Карпатської споруди. Над ними в межах Крукеницької западини залягає товща одноманітних сірих аргілітоподібних вапнистих глин, які по своєму обліку нагадують глибоководні відклади нижньої частини субліторалі чи псевдоабісали. Глини та аргіліти темно-сірі слюдисті сланцюваті з рідкими прошарками світло-сірих кварцевих слюдистих алевролітів і пісковиків. На поглиблених ділянках палеорельєфу Крукеницької западини, включаючи притальвегову частину Ходорівської палеодолини, загальна товщина косівської світи відчутно зростає і досягає 600-700 м. [16, 17]

В межах припіднятої частини північного заходу Зовнішньої зони прогину (Косівсько-Угерської підзони) розріз представлений тільки 10-40 – метровою пачкою глин із прошарками алевролітів, туфів і туфітів, які без суттєвого неузгодження перекривають гіпсо-ангідритові утворення тираської світи і є підтвердженням існування у верхньобаденський час басейну седиментації спільного з Крукеницькою западиною.

В межах платформи теригенні утворення косівської світи поступово замішуються відкладами багрянкового рифу. На зіткненні фацій на глинисто-піщанистих літотамнієвих і багрянкових вапняках залягають піщано-глинисті породи.

Теригенні відклади верхнього бадену – це основний газonosний комплекс в межах південно-східної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

Відклади нижнього сармату домінують в розрізі північно-західної частини Зовнішньої зони прогину, де вони представлені теригенним розрізом дашавської світи, яка за характером розрізу поділяється на дві підсвіти. Нижня – складена

чергуванням пачок глин сірих масивних і тонкошаруватих із малопотужними проверстками туфів, слабозцементованих пісковиків із лінзами конгломератів. Верхня підсвіта представлена переважно глинами з прошарками алевролітів, лінзами пісковиків, конгломератів із малопотужними проверстками туфів. Приналежність дашавських утворень до сармату підтверджує як фауна форамініфер, так і двустулкових молюсків, гастропод та остракод. Товщина світи знаходиться в прямій залежності від палеогеоморфологічного розчленування дна басейну седиментації і змінюється від перших сотень метрів на північно-східній окраїні прогину до 4000 м в межах Крукеницької западини.

За літологічними особливостями в розрізі нижньодашавської підсвіти виділяється 17 стратиграфічних горизонтів (НД 1 – НД-17). На більшій частині припіднятого мегаблоку (Косівсько-Угерської підзони) поширені горизонти до НД-15. Горизонти НД-16 і НД-17 поступово з'являються на найбільш заглиблених ділянках донеогенового палеорельєфу, до яких відноситься Крукеницька западина з її північно-східним схилом і притальвегова частина Ходорівської палеодолини. Вміст пісковиків та алевролітів в товщі нижньодашавської підсвіти мінливий по площі, що затруднює їх попластову кореляцію. В регіональному плані піскуватість розрізу в напрямку до платформи зменшується [16-18, 28, 34-36, 56].

Серед перерв осадконагромадження слід відмітити стратиграфічне неузгодження в нижній частині сарматського ярусу, що за результатами сейсморозвідувальних робіт і глибокого буріння простежується в покрівлі стратиграфічного горизонту НД-14 на припіднятих ділянках палеорельєфу донеогенової основи.

Теригенні відклади нижньодашавської підсвіти – це один з основних газоносних комплексів в межах центральної і північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. З горизонтами сармату пов'язані газові і газоконденсатні поклади Крукеницької западини, включаючи її північно-східний схил.

В розрізі верхньодашавської підсвіти виділяються горизонти ВД-1 – ВД-14. На більшій території Зовнішньої зони прогину підсвіта згідно залягає на відкладах нижньодашавської. Вона складена переважно глинами сірими, темно-сірими, зеленувато-сірими, вапнистими, слюдистими, піскуватими, досить щільними з прошарками пісків, слабозцементованих дрібнозернистих пісковиків, алевролітів і туфів. Рідше зустрічаються прошарки мергелів та бентонітових глин, часто спостерігаються рослинні рештки та пірит. Породи відрізняються від нижньодашавських меншою піскуватістю розрізу та збагаченістю туфітовим матеріалом. Суттєві перерви осадконагромадження в розрізі верхньодашавської підсвіти не виявлені. В межах значної частини Крукеницької западини та її північно-східного схилу вони поступово зрізаються насупом Самбірської зони.

В південно-східній частині Більче-Волицької зони на правобережжі річки Пістинки на денну поверхню виходять пістинські конгломерати, які за комплексом фауни віднесені до подошви сарматського ярусу. У їхньому складі виявлені породи карпатського флішу, та уламки, перевідкладені з більш давніх слобідських конгломератів, що підтверджує близькість джерел постачання та домінуючу роль в постачанні осадового матеріалу молодій Карпатській споруди [52, 57]

Висновки:

1. Розкрита глибоким бурінням частина геологічного розріз північно-східної окраїни Крукеницької складена з відкладів протерозою, палеозою, мезозою і кайнозою. Протерозойська частина представлена метаморфізованим комплексом рифею, палеозойська – теригенними утвореннями кембрійської системи, мезозойська – відкладами теригенного та карбонатного комплексів юри і кайнозойська – верхньомоласовими відкладами міоцену.

2. Вік порід, що виходять на донеогенове ложе, зростає по мірі гіпсометричного занурення прибортової частини Крукеницької западини.

3. Між відкладами ератем існували довготривалі перерви в осадконагромадженні, що позначились стратиграфічними і кутовими неузгодженнями.

4. В межах ділянки досліджень та на прилеглих ділянках Крукеницької западини і гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони детально вивчені відклади верхнього бадену і нижнього сармату. Теригенний комплекс верхнього бадену (косівська світа) – це одноманітні глибоководні відклади нижньої частини субліторалі, що затруднює їх більш детальне стратиграфічне розчленування. Розріз нижнього сармату (дашавська світа) за літологічними особливостями поділений на 17 горизонтів (НД-1 – 17 і ВД-1 – 14).

2.2 Фізико-літологічна характеристика нижньосарматського газоносного комплексу. Основні чинники формування порід-колекторів та флюїдоупорів

Основний продуктивний комплекс північно-східної окраїни, як і всієї Крукеницької западини, – теригенні утворення нижнього сармату. Роль порід-колекторів відіграють пісковики та алевроліти, що перешаровуються з глинами та аргілітами. Товщини пластів і прошарків пісковиків від міліметрів до кількох метрів. В розрізах горизонтів, що характеризуються значною піскуватістю (НД-9, НД-12, НД-13, НД-16) монолітні верстви порід-колекторів досягають перших десятків метрів, проте і в них поширені тонкі (до 5 мм) прошарки пелітоморфного матеріалу, представленого глинами, аргілітами та туфітами. Разом з цим, у нижньосарматському розрізі відмічаються літотиби зі складною петрографічною та петрофізичною тонкошаруватою будовою матриці породи.

Пісковики олігоміктові, світлосірі зі слабким зеленуватим відтінком, дрібнозернисті, пористі тонкошаруваті. По нашаруванню зустрічається луска слюдистих мінералів та присипки вуглефікованих рослинних тканин. Структура псамітова дрібнозерниста, горизонтально-тонкошарувата. Уламкова частина складена кварцом (80-85 %), польовими шпатами (2-3 %), уламками порід

кварцитів, алевролітів та карбонатних порід (3-5 %), з поодинокими зернами глауконіту. Із акцесорних матеріалів зустрічаються циркон, турмалін і апатит.

Кластичні зерна не відсортовані, погані обкатаності. Розмір зерен коливається в межах від 0,4 до 1,5 мм. В окремих випадках виділяються породи з напівокатаними зернами кварцу витриманого розміру (від 0,15 до 0,30 мм), щільно збиті. Вони складають основну частину кластичної маси, у той час як окремі добре окатані зерна розміром (0,5-0,9) мм становлять не більше 1-2%. Цемент порід сарматського ярусу представлений розкристалізованим дрібнозернистим кальцитом.

Алевроліти темно-сірі зі слабким зеленуватим відтінком, вапнисті, слабослюдисті. За петрографічним описом алевроліти кварцові, олігоміктові ущільнені вапнисті з вапняково-глинистим цементом, горизонтально-шаруваті, пористі.

Цемент глинисто-карбонатний зі значним вмістом погано збереженого органічного шламу. Тип цементациї порово-базальний.

За мікроскопічним описом алевроліти кварцові олігоміктові крупнозернисті. Структура порід алевролітова і алевропелітова. Текстура – субгоризонтальна шарувата та косошарувата. У складі кластичної частини зустрічається переважно кварц (80-90 %), гідрослюди (3-5 %), пелітизовані калієві польові шпати (1-3 %) та глауконіту (1-2 %). З акцесорних матеріалів присутній циркон і апатит. В основній масі алевроліту зустрічаються рослинний детрит та рештки мікрофауни.

Розмір уламкових зерен змінюється від 0,01 до 0,15 мм. Найчастіше зустрічаються зерна розміром від 0,05 до 0,08-0,1 мм. Тип цементациї базальний і порово-базальний глинисто-карбонатний.

Однією з характерних особливостей відкладів нижньосарматських відкладів північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, включаючи Крукеницьку западину та її північно-східний схил, є ритмічність розрізу. У подошві ритму відмічені тонкі прошарки глинистих порід, які до

покрівлі поступово заміщуються пісковиками та алевролітами. Покрівля ритму в сарматському ярусі, майже повністю виповнена піщано-алевролітистими літотипами. Закінчення ритму відмічається різкою заміною піщано-алевролітистих порід глинами. У подошві цих глин часто відмічені незначні за товщиною прошарки туфів і туфітів. За цією ознакою в розрізі нижнього сармату виділено 31 стратиграфічний горизонт [56]. Для окремих горизонтів характерна тонкошаруватість, що виповнена пачками часто змінних пропластків пісковиків, алевролітів, аргілітів та глин. У цьому випадку співвідношення їх коливається в широких межах. В переважній більшості випадків домінують глинисті пропластки.

За геофізичними характеристиками зазначений тип розрізу набуває форму кривих у глинистому розрізі, що в загальному створює систему неоднорідного колектора (рис. 2.1), вивчення якого промислово-геофізичними методами є складною задачею [58-63].

З метою підвищення інформативності результатів методів геофізичних досліджень свердловин та ефективності пошуків вуглеводнів, необхідно сформулювати оптимальний комплекс новітніх геофізичних методів, зокрема: високоточного індукційного каротажного ізопараметричного зондування (ВІКІЗ), ядерно-магнітного каротажу (ЯМК) разом з акустичними та радіоактивними вимірюваннями. Впровадження такого типу інновацій дасть змогу підвищити інформативність геолого-геофізичних досліджень.

Роль порід-покришок для карпатій-юрських покладів важкої нафти виконують витримані по площі відклади тираської світи (гіпсоангідритовий горизонт) і баранівські верстви бадену загальною товщиною від перших метрів до 35 метрів. Ці відклади є добрим флюїдоупором, який розділяє підгіпсову і нижньосарматську газогідродинамічні системи.

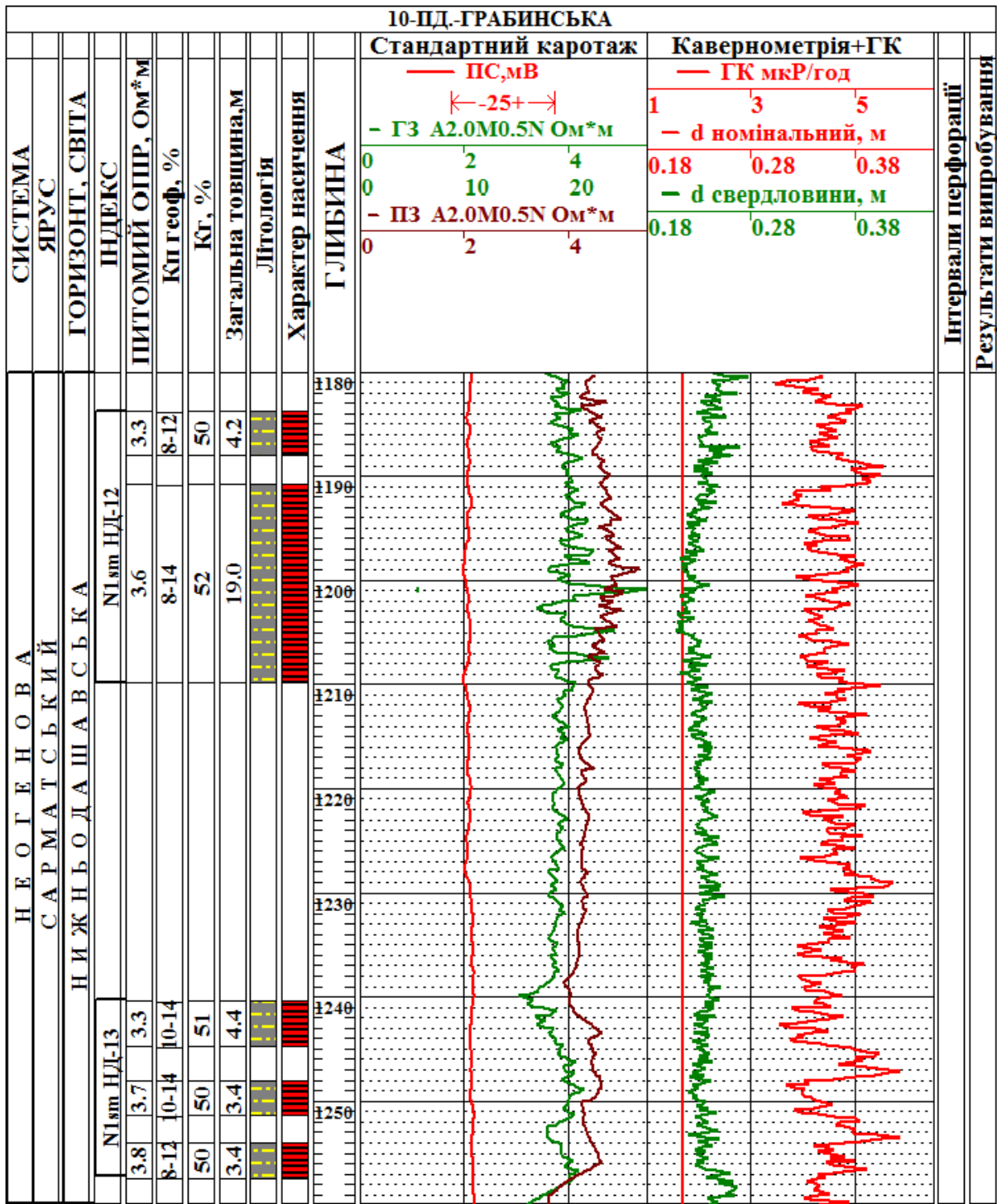


Рисунок 2.1 – Геолого-геофізична характеристика неоднорідних порід- колекторів продуктивних горизонтів НД-12 та НД-13 (свердловина 10-Південнограбинська)

Покришками для газових покладів сармату є полімінеральні глини та аргіліти. Разом з породоутворюючими глинистими мінералами вони у вигляді

домішок вміщують кластичний матеріал (кварц, кальцит, слюди). Наявність в глинах монтморилоніту підвищує їх здатність до набухання, що значно підвищує екрануючі можливість і вже при товщині пластів в кілька метрів вони стають надійними флюїдоупорами (рис. 2.2).

Мінералогічний склад глинистої фракції залишається майже незмінним по площі. Випробування гранулометричного складу порід-покришок показало високу дисперсність глин, вміст глинистих частин діаметром менше 0,01 мм складає більше 60 %. Глина пелітово-вапняковиста-піщаниста зеленувато-сіра, гідрослюдиаста, тонкошарувата з лусками слюдистих мінералів по нашаруванню і тонкими (до 0,5 мм) прошарками глини темно-сірого і чорного кольору за рахунок вуглефікованої речовини. Порода слабо ущільнена, жирна на дотик, з HCl реагує бурхливо, краплю води поглинає за 3-5 секунд, легко розламується в руках по вертикалі і розшаровується по нашаруванню, в воді розмокає за 7-9 хвилин.

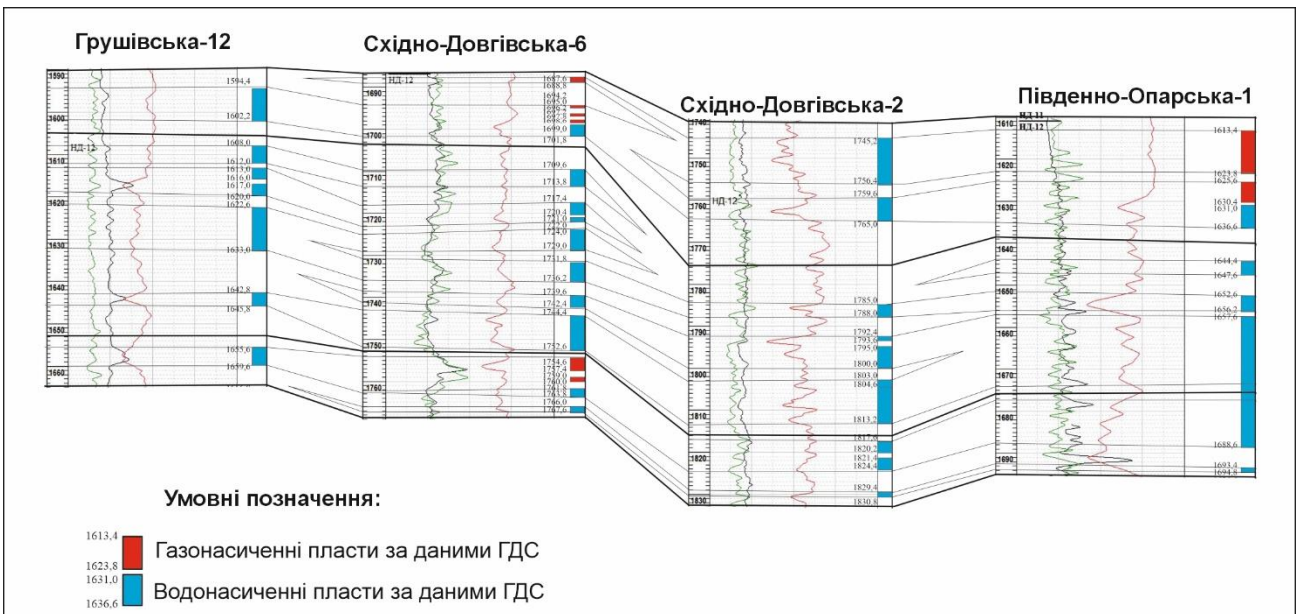


Рисунок 2.2 – Схема кореляції горизонтів ND-12, Дрогобицьке газове родовище (Михайловський І.З., 2023)

Структура пелітова тонкозерниста, текстура тонкошарувата горизонтальна. В шліфах під мікроскопом основною складовою частиною породи є пелітовий

карбонатно-глинистий гідрослюдистий матеріал, частково доломітизований. Кварц присутній в кількості 5-9 %, глауконіт 11 %, серицит 16 %, пірит 1-6 %, вуглиста речовина 2-7 %. Зерна кварцу добре обкатані.

Тонкошарувата текстура породи обумовлена горизонтальним розподіленням луски серициту і паралельно до них розміщених лінзоподібних включень вуглистого матеріалу.

Матрична проникність глин змінюється від $5 \cdot 10^{-7}$ до $7,2 \cdot 10^{-9}$ мкм². Помітних змін проникливості глин по площі з глибиною не відмічено. Коефіцієнти екранізації коливаються в межах $2 \cdot 10^6$ – $1,39 \cdot 10^8$ мкм². Перепади тиску прориву газу через непорушені водонасичені глинисті породи коливаються в межах 11-47 МПа. Ці дані характеризують верхню межу екрануючих здібностей порід навіть при наявності в них мікротріщин. Хороші ізоляційні можливості глинистих покриток пояснюються вмістом у глинах набухаючих мінералів, здатних “заліковувати” виникаючі в породі мікротріщини. Наявність навіть невеликої кількості монтморилоніту покращує здатність дашавських глин і аргілітів набухати, в результаті чого зменшуються перерізи пор звивистого порового простору і скорочується розкритість тектонічних тріщин. Таким чином, посилюються ізолюючі властивості і малопотужні пласти глин, витримані по площі в межах вуглеводневої пастки, (2-4 м), як покритки, здатні утримувати доволі великі скупчення газу навіть з аномально високими пластовими тисками.

2.3 Використання новітніх геофізичних технологій при виділенні складно побудованих об'єктів

Метод високочастотних індукційних каротажних ізопараметричних зондувань (ВІКІЗ) використовується для дослідження просторового розподілу питомого електричного опору гірських порід в розрізах свердловин, які буряться для пошуків, розвідки та експлуатації покладів нафти і газу.

Метод ВІКІЗ дозволяє вирішувати наступні задачі ГДС:

- розчленування розрізу, в тому числі тонкошаруватого, з високою просторовою роздільною здатністю;
- визначення питомого електричного опору радіальних елементів колектора, а саме - незмінної частини пласта, зон проникнення фільтрату бурового розчину, з оцінкою глибини витіснення пластових флюїдів (глибини зони проникнення);
- встановлення положення контактів пластових флюїдів: водонафтових (ВНК) і газоводяних (ГВК);
- виділення і оцінка параметрів радіальних неоднорідностей в зоні проникнення, визначення наявності рухомих вуглеводнів в колекторах.

ВІКІЗ – це електромагнітний метод, який забезпечує вимір різниць фаз між е.р.с., наведених у вимірювальних котушках зондів. Прилад складається з п'яти електродинамічно подібних зондів різного розміру (від 0.5м до 2м) і, відповідно, різною глибинністю дослідження. В кожен зонд входять дві вимірювальні та одна генераторна котушки. Використання високих частот (до 15МГц) та замір різниці фаз дозволяє виключити вплив свердловинних умов при оцінці питомого електричного опору пластів при цьому зберегти високу вертикальну і радіальну роздільну здатність, на відміну від звичайних електромагнітних методів.

Основні переваги цього методу наступні: можливість проведення досліджень у свердловинах, які заповнені практично любым типом промивальної рідини, від майже непровідних до високопровідних розчинів (з питомим електричним опором <0.5 Ом), що значно розширює область застосування методу ВІКІЗ, так як значна частина свердловин в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину буриться на високопровідних промивальних рідинах; висока радіальна та вертикальна роздільна здатність при визначенні питомого електричного опору пластів, особливо в розрізах з невисоким опором, а саме такими характеристиками за питомим електричним опором володіють неогенові відклади сарматського

ярусу Зовнішній зоні Передкарпатського прогину (зокрема північно-східного схилу Крукеницької западини).

Тому, з метою підвищення ефективності рекомендується включити метод ВКІЗ до комплексу геофізичних досліджень, що дасть можливість підвищити детальність літологічного розчленування розрізу та достовірність визначення питомого електричного опору, а значить і коефіцієнту нафтогазонасичення, пластів-колекторів сарматського ярусу в умовах тонкошаруватого і високоглинистого розрізу.

Метод ядерно-магнітного каротажу (ЯМК) базується на вимірюванні ядерної намагніченості гірських порід в розрізі свердловини.

Завдяки наявності магнітних та механічних моментів, ядра атомів орієнтовані та обертаються (прецесують) навколо напрямлення магнітного поля Землі. Якщо на середовище впливати постійним магнітним полем з напрямком, який відрізняється від напрямку магнітного поля Землі, ядра атомів змінюють свою орієнтацію і прецесують навколо напрямку сумарного магнітного поля. Після зняття дії наведеного магнітного поля ядра атомів повертаються в вихідне положення під дією магнітного поля Землі. Час, за який ядра атомів повертаються в вихідне положення, називається часом релаксації. Це явище і дістало назву ядерно-магнітного резонансу (ЯМР).

Величина ЯМР різниться для ядер різних елементів, які складають гірську породу. Найбільша величина цього ефекту характерна для ядер водню та в декілька разів перевищує ЯМР інших елементів, які складають гірську породу. Амплітуда сигналу вільної прецесії залежить від кількості ядер водню, які приймають участь у цій прецесії. А ядра водню, що входять до складу нерухомих молекул хімічно і фізично зв'язаної води, не впливають на амплітуди сигналу вільної прецесії.

Відношення початкової амплітуди сигналу вільної прецесії, яка зафіксована при проведенні ЯМК, до початкової амплітуди сигналу в дистильованій воді називається індексом вільного флюїду (ІВФ), який чисельно рівний об'єму ефективної пористості в колекторі. Ефективна пористість визначається об'ємом пор, в яких можлива фільтрація флюїду при створенні перепаду тиску в колекторі.

Метод ЯМК дозволяє вирішувати наступні задачі ГДС:

- розчленування розрізу, в тому числі тонкошаруватого, з високою вертикальною роздільною здатністю (виділення прошарків товщиною менше 15см);

- визначення пористості колекторів незалежно від їх літології та структури порового простору (глинисті, карбонатні колектори, колектори з кавернозною пористістю), визначення ІВФ і, відповідно, коефіцієнту ефективної пористості;

- визначення кількісних характеристик зв'язаної води як адсорбованою глинистою фракцією, так і капілярно зв'язаною під дією сил поверхневого натягу в дрібних порах, а також параметрів вільних флюїдів;

- оцінка характеру насичення низькоомних та високоглинистих колекторів;

- визначення коефіцієнту проникності гірських порід.

Основні переваги методу ЯМК наступні: висока вертикальна роздільна здатність при виділенні пластів товщиною від 15см і визначення їх параметрів; визначення коефіцієнту загальної та, основне, ефективної пористості, впевнена оцінка характеру насичення колекторів з високою глинистістю та низьким питомим електричним опором, що вкрай необхідно при вивченні тонкошаруватих розрізів відкладів сарматського ярусу Зовнішній зоні Передкарпатського прогину (зокрема північно-східного схилу Крукеницької западини).

З метою підвищення ефективності та інформативності рекомендується включити метод ЯМК до розширеного комплексу геофізичних досліджень, що дасть можливість підвищити детальність літологічного розчленування розрізу та достовірність визначення основних колекторських властивостей, а саме

коефіцієнтів пористості та нафтогазонасичення, пластів-колекторів сарматського ярусу в умовах тонкошаруватого і високоглинистого розрізу.

Єдиним обмеженням застосування методу ЯМК є висока вартість проведення досліджень, тому рекомендується включити його в розширений комплекс ГДС для окремих пошуково-розвідувальних свердловин. Але в процесі вдосконалення та розвитку методичних і апаратурних аспектів проведення досліджень ЯМК їх вартість постійно знижується, це дає підстави в найближчому майбутньому включити цей метод в обов'язковий комплекс ГДС для свердловин, які розкривають розріз сарматських відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

Крос-дипольний акустичний каротаж (КДАК) базується на вивченні пружних властивостей гірських порід з використанням дипольних джерел хвиль.

На відміну від звичайних акустичних методів при КДАК використовуються окрім монопольних, дипольні джерела хвиль, які генерують як поздовжні, так і поперечні типи пружних хвиль.

Свердловинний прилад КДАК включає модуль випромінювачів, який складається з монопольного та декількох дипольних джерел хвиль, і приймальний модуль, який складається з великої кількості приймачів пружних хвиль (від 8).

Використання багатoeлементних зондів з крос-дипольними випромінювачами, на додаток до переліку інформації про свердловину та гірські породи, отриманої звичайними зондами, дозволяє отримувати поляризовану поперечну хвилю в будь-яких геологічних умовах, включаючи низькошвидкісний розріз, при застосуванні звичайних акустичних методів поперечну хвилю оцінювали тільки у високошвидкісних породах.

Метод КДАК дозволяє вирішувати наступні задачі ГДС:

- літологічне розчленування розрізу, в тому числі тонкошаруватого;
- визначення пористості та структури порового простору колекторів, виявлення зон тріщинуватості та розущільнення;

- виділення проникних пластів;
- визначення пружньо-механічних властивостей порід;
- визначення акустичної анізотропії та її азимутальної орієнтації;
- зіставлення зареєстрованих параметрів хвиль з даними сейсмічних досліджень.

Основні переваги методу КДАК наступні: детальне розчленування розрізу за літологією; можливість побудови швидкісної та амплітудної моделей розрізу з високою роздільною здатністю; оцінка анізотропії гірських порід, яка пов'язана з їх тріщинуватістю і тонкошароватою структурою; визначення пружньо-механічних властивостей розрізу з метою оптимізації процесу гідророзриву пластів (ГРП) і ін.

З метою підвищення ефективності та інформативності рекомендується включити метод КДАК до комплексу геофізичних досліджень, що дасть можливість підвищити детальність літологічного розчленування розрізу, достовірність визначення коефіцієнту пористості пластів-колекторів, оптимізувати процеси при проведенні гідророзриву пластів (останнім часом ГРП як метод інтенсифікації припливів вуглеводнів часто застосовується в свердловинах, які розкривають розріз сарматських відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину).

Висновки:

1. Основний газonosний комплекс в межах північно-східного схилу Крукеницької западини – верхньосарматський, представлений тонко-ритмічним чергуванням піщано-алевролітових порід-колекторів з глинисто-туфітовими флюїдоупорами.

2. За результатами промислово-геофізичних досліджень тонко-ритмічне чергування псамітового і пелітового матеріалу часто характеризується як глинистий безколекторний розріз, що затруднює, а в окремих випадках, унеможлиблює виділення газонасичених верств, що потребує оптимізації

комплексу досліджень із залученням новітніх методів (ВІКІЗ, ЯМК, КДАК та ін).

3. Екрануючі властивості флюїдоупорів знаходяться в прямій залежності від витриманості порід-покришок по площі.

3 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕКТОНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО СХИЛУ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

3.1 Структура донеогенової частини розрізу

Автохтонна частина Передкарпатського прогину, до якої приурочена Крукеницька западина, з північного сходу, прилягає до елементів платформи і з кутовим та стратиграфічним неузгодженням перекриває відклади Стрийського юрського прогину та Львівсько-Люблінської крейдової мульди. З південного заходу по системі повздовжніх регіональних порушень занурюється під складчасту споруду, представлену товщами нижніх міоценових молас і крейдово-нижньоміоценового флішу. Верхньомоласові відклади міоцену в межах Зовнішньої зони лежать на фундаменті, складеному із в різній степені дислокованих мезозойських, палеозойських і верхньопротерозойських породах які характеризуються блоковою будовою (С.І. Субботін, 1955 [64], М.Р. Ладиженський, 1955, 1961 [65,66], Г.Н. Доленко, 1976 [67], В.С. Буров, 1963, В.Утробін [10, 11. 44], І.Б.Вишняков [21, 68], Ю.З. Крупський [14-15], Х.Б.Заяць, В.М.Гаврилко Т.С.Ізотова, Р.П.Морошан [23, 69, 70] та інші).

Регіональними та детальними сейсмічними дослідженнями в комплексі з глибоким бурінням в донеогеновій основі Зовнішньої зони підтверджено існування цілий ряд раніше відомих та відкрито нових порушень, уточнені їх амплітуди і місцеположення. В розрізі донеогенового ложа встановлені окремі структурні поверхи, пов'язані з відповідними епохами і фазами складчастості.

Геологічними дослідженнями найменше висвітлена домезозойська частина прогину. Вона розкрита під відкладами верхніх молас глибокими, пробуреними в межах Крукеницької западини, та поодинокими свердловинами під відкладами юри в межах припіднятої Косівсько-Угерської підзони. Висвітленість геологічної будови цієї частини розрізу на даний час носить регіональний характер і в межах

досліджуваної ділянки розглядається в комплексі з іншими тектонічними елементами платформи.

Ранньобайкальському етапу в межах Зовнішньої зони прогину та її одновікових аналогів в межах платформи відповідає структурно-формаційний комплекс рифею. Крайова частина платформи була втягнута в перикратонне опускання. Ранньобайкальський комплекс порід, найбільш повно розкритий в межах Крукеницької западини де представлений сильно дислокованими метаморфізованими сланцями. Рифейський етап розвитку ознаменувався закладенням Волино-Подільського палеорифту, обумовленого глобальними геотектонічними змінами, зокрема деструкцією Пангеї і формуванням океану Тетіс [71, 72]. На завершенні рифейського часу відбувались короткочасні насувані процеси відкладів батіалі на південно–східне обрамлення платформи. Південно-західніше починає формуватись Дністровський перикратон. Внаслідок низхідних рухів у ранньому кембрії проходило нагромадження теригенних відкладів рівненської, стохідської світ та бережківської серії.

Пізньобайкальський (салаїрський) етап розвитку півдня Східно-Європейської платформи характеризується новим втягненням крайової частини платформи в Дністровську зону перикратонних опускань, що значно розширилася в порівнянні з попереднім етапом. На ранній стадії пізньобайкальського етапу продовжується магматична активність, про що свідчать на платформі пелітові туфіти з вулканогенним матеріалом кислого складу, прошарки яких ще спостерігаються в розрізі валдайської серії [38, 73, 74]. На початку кембрію байкальський орогенез поступово затухає, що підтверджується пологим заляганням та незначною дислокованістю кембрійського комплексу. Це зумовило формування в його розрізі значних по площі брахіантиклінальних структур, частково ускладнених малоамплітудними диз'юнктивними порушеннями, орієнтованими вздовж платформового обрамлення. За сейсмічними даними простежується зв'язок олокальних структур з палеоморфологічними

особливостями допалеозойського фундаменту [24, 70].

Каледонський етап ознаменувався орогенезом, що охопив значну територію Пракарпаття [75, 72, 15]. Цьому етапу відповідає потужний комплекс порід середньо-верхнього кембрію, ордовику, силуру і жединського ярусу нижнього девону. Між стратиграфічними підрозділами спостерігаються перериви в осадконагромадженні за виключенням межі силур - нижній девон, де відмічений плавний безперервний перехід. Для всього комплексу характерна успадкованість структурних форм

На початку каледонського етапу розвитку відбулись прогинання. в зоні перикратону. В середньому і пізньому кембрії занурення території було незначним. В ордовику воно проявилось слабо і мало переривчатий характер і тільки в силурійський час відмічається відновлення тектонічної активності.

На початку силуру таконська фаза каледонської складчастості спричинила висхідні рухи, що активізувались в геосинклінальній області Пракарпат і Добруджі і втягнули в інтенсивне прогинання прилеглу частину платформи, де на окраїні шельфової частини формувались протяжні бар'єрні рифи [9].

Осадконагромадження в каледонській споруді завершується тівверською серією нижнього девону, представленою товщею регресивних утворень. В зоні складчастого облямування платформи породи, що її складають, сильно дислоковані і досягають товщини 1000 м і більше. Розподіл фацій тівверської серії дуже чітко відображає передорогенну стадію розвитку каледонської геосинклінали Пракарпат, фіксуючи її максимальне прогинання і втягування крайової частини платформи в занурення із синхронним поступовим підніманням північно-східних периферійних районів зони перикратонних опускань [17, 12, 9, 13], до якої належить ділянка досліджень. В її межах збереглись частково метаморфізовані утворення нижнього палеозою. Вони характеризують поступове затухання тектонічних процесів, яке виражене в більш пологому заляганні та незначній дислокованості порід, що підтверджується результатами буріння свердловин

1-, 2-Кароліна, 2-Подолецька, 1-Оселівська. Надійні промислово-геофізичні та сейсмічні репери в розрізі палеозою на даний час не встановлені, тому висвітленість тектонічної будови вищезгаданої частини розрізу на даний час носить регіональний характер. Поодинокі рештки трілобітів та результати палеонологічних аналізів орієнтовно датують ці відклади як кембрійські. Кути падіння порід не перевищують 30-35°.

На протязі герцинського етапу геологічного розвитку відбувалось формування Львівського середньопалеозойського прогину, який на південному заході обрамлявся знівельованою каледонською гірською спорудою. Його південно-західне крило проходило за межами досліджуваної ділянки, що підтверджується відсутністю в розрізі палеозою верхньодевонських і кам'яновугільних відкладів [22, 9]

Кімерійсько-альпійська складчатість в розрізі донеогенової основи Передкарпатського прогину характеризується квазіплатформним режимом формування. Тріасовий етап завершується значним підняттям і денудацією порід. В межах південно-західного обрамлення платформи формується складно побудована ерозійна поверхня у складі якої переважають глибокі консиквентні врізи. На початку юрського періоду починає утворюватись Стрийський прогин, основу якого складають нижньо- та середньоюрський комплекси, що перекривають герцинську споруду. Інтенсивне поглиблення та розширення меж басейну седиментації відбувається в середній юрі. Короткочасні регресії моря зумовлені активізацією тектонічних процесів, наприкінці середньої юри привели до локальних перерв в осадконагромадженні та суттєвої перебудови структурного плану, на що вказують значні кутові неузгодження між нижньо-середньоюрським та верхньоюрським комплексами порід, зафіксовані на ділянці досліджень у свердловинах Гаївського, Новосілівського, Дубаневецького, Макунівського, Нікловицького та ін. родовищ, де кути падіння в розрізі теригенного комплексу юри досягають 90° (св. 2-Кароліно).

В келовей – оксфордський час відновлюється регіональна трансгресія. На різновіковій розмитій поверхні відкладаються теригенні відклади яворівської світи, які перекриваються оксфорд-титонським рифогенним комплексом. Він формувався на краю мілководного шельфу і складений з біогермів оксфорд - кімеріджу (рудківська світа, нижньоопарська підсвіта) та бар'єрного рифу титон – берріасу (верхньо-опарська підсвіта). В сторону платформи північно-східніше ділянки досліджень вони заміщуються зарифовими утвореннями городоцької (оксфорд), підлубенської і рава-руської (нижній кімрідж), нижнівської (верхній кімерідж-середній титон) та буківненської світ (верхній титон - нижній валанжин). В межах поширення зарифовиих фацій не виключене формування локальних біогермів, що підтверджується комплексом характерної мікрофауни в керновому матеріалі. На південний захід, в сторону відкритого моря, нагромаджувались глинисто-кабонатні передрифові відклади бонівської, моранцівської і каролінської світ [46-48]. На північно-східному схилі Крукеницької западини вони в переднеогеновий час в основній масі були розмиті і частково збереглись у вигляді ерозійних останців своєю північно-східною частиною.

На початку нижньокрейдового часу відбулись низхідні тектонічні рухи, пов'язані із зародженням Карпатського флішового трюгу привели до нагромадження теригенних відкладів неокому (ставчанської світи), товщина яких на ділянках припіднятої Косівсько-Угерської підзони, уцілілих від розмиву, зростає на південний захід до 200 м. Наявність в її розрізі грубоуламкового матеріалу, вірогідніше всього, зумовлена зародженням кіммерійських складчастих дислокацій, які в подальшому мігрували в сторону платформи, на що вказувалось в працях В.Глушка В.Утробіна, І.Вишнякова та ін [76, 9, 13, 10]. Вони формують насуви північно-західного простягання, фронтальні лінії яких контролювались більш ранніми розривними дислокаціями, основні з яких Краковецька і Городоцька. В. Утробін за тектонічними та літофаціальними особливостями виділяє три зони: Краковецьку, Судововишнянську і Підлубенську [11].

Максимально дислоковані і еродовані породи юри на північно-східному схилі Крукеницької западини. В напрямку до платформи проходить поступове угасання складчатості з переходом у пологі насувні дислокації з горизонтальними зміщеннями до 2,5 км [14]. Основні чинники затухання дислокацій – блокова будова підстилаючої товщі і літофаціальний, пов'язаний з розвитком повздовжніх рифогенних масивів безпосередньо у верхньоюрському розрізі.

Протягом крейдового періоду формується полога Львівсько-Люблінська мульда з нагромадженням потужної карбонатно-теригенної товщі. Під кінець верхньої крейди область платформених прогинань зміщується в північному напрямку на територію Польщі [20,21].

Крейдовий комплекс в межах північного заходу Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, включаючи ділянку досліджень, повністю або частково розмитий, що унеможливорює детальне простеження закономірностей тектонічної трансформації цієї частини мезозойського розрізу. Навіть в межах гіпсометрично припіднятих ділянок суміжньої Косівсько-Угерської підзони детальне дослідження тектонічної складової у формуванні структурного плану мезозойського комплексу ускладнюється тим, що основні маркуючі та сейсмічні горизонти, приурочені до карбонатного комплексу верхньої юри і крейди, денудовані на протязі довготривалих перерв осадконагромадження.

Завершуючи характеристику тектонічних особливостей донеогенової поверхні північно-східного схилу Крукеницької западини насамперед необхідно відмітити наступне:

1. Вона є гетерогенною і сформована під дією багатьох фаз складчатості. В нижній частині верхньомоласовий комплекс неогену залягає на сильно дислокованих утвореннях ранніх байкалід, які вверх по розрізу змінюються елементами пізньобайкальської, каледонської і кімерійсько-ранньоальпійської складчатості.

2. Кожна епоха завершувалась епіконтинентальним режимом, що супроводжувався активними денудаційними процесами, які суттєво змінювали будову структурних поверхів. Значну роль при формуванні обліку юрського карбонатного комплексу відіграли процеси утворення біогермів.

3. На сьогоднішній день вузька смуга донеогенового комплексу північно-східного схилу Крукеницької западини покрита рідкою сіткою сейсмічних профілів 2D і недостатньо вивчена пошуково-розвідувальним бурінням, що, враховуючи складність геологічної будови, є недостатнім для моделювання цієї частини розрізу з метою оцінки її нафтогазоносності.

3.2 Умови формування та тектонічні особливості верхньомоласового комплексу неогену

3.2.1 Структура донеогенової поверхні

Регіональна перерва осадоагромадження, що існувала в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину впродовж палеогену-карпатію зумовила активізацію ерозійних процесів на значній території сучасного Передкарпаття. Особливо вони проявились на початку міоценового часу, в наслідок чого сформувалась система палеорусел, та глибоких палеоврізів. Вперше її описав у 1958 році В.Утробін [10, 44]. Надалі ерозійну природу донеогенової основи Передкарпаття прийнято за основу для побудови Геологічної карти західного регіону України масштабу 1: 100 000 (Муравінський та ін., 1966). По мірі нарощення Наприкінці XX - на початку XXI ст. значну увагу вивченню захороненого донеогенового палеорельєфу Передкарпатського прогину приділяли вітчизняні та зарубіжні геологи (І.Вишняков, Т.Ізотова, В.Ващенко, Ю.Крупський, П.Чепіль, В.Котик, П.Бодлак, В.Гневуш, Д.Петровський, М.Андрейчук, О.Павлюх П.Карнковський, Т.Ленк, Е.Явор, М.Ксьонжкевич, Я.Самсонович та ін.

Вище вказаними науковцями висвітлено та обґрунтовано нові методичні підходи до вивчення тектонічних, літолого-стратиграфічних особливостей будови неогенового комплексу Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, включаючи Крукеницьку западину, що базуються на дослідженні зв'язків баден-сарматського осадконагромадження з палеоструктурними особливостями донеогенового ложа, встановлено перспективні ділянки поширення порід-колекторів та сприятливих структурних умов для формування покладів вуглеводнів [68].

На даний час не до кінця вирішеною проблемою є природа зчленування верхніх молас глибоко зануреної Крукеницької западини з припіднятим мегаблоком Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину (Косівсько-Угерською підзоною). В науковій літературі межа між ними, не зважаючи на прийняті трактування ерозійної природи донеогенової основи Зовнішньої зони, надалі проводиться по регіональному Краковецькому скиду [77]. Зроблені окремі спроби моделювання активного прогинання прирозломної смуги припіднятого мегаблоку до площини диз'юнктивного порушення, проте вони не дають пояснення на всі питання, що стосуються співвідношення між вище згаданими тектонічними одиницями, основне з яких – гетерогенний характер донеогенової основи.

Крукеницька западина відрізняється від суміжної Косівсько-Угерської підзони Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, насамперед, глибинами залягання донеогенової основи, що стало основним чинником скачкоподібного зростання товщини міоценового комплексу, представленого, в основному, теригенними утвореннями баден-сарматського віку, які з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекривають сильно дислоковані та метаморфізовані утворення рифею [38, 39]. Мезозойський та палеозойський комплекси в донеогеновій основі української частини Крукеницької западини

відсутні і появляються, поступово омолоджуючи останню тільки на крутому північно-східному схилі та в межах її зародження на території Польщі [78, 30].

За результатами сейсморозвідувальних робіт та глибокого буріння Крукеницька западина має клиноподібну форму, вісь якої орієнтована під кутом біля 30° до Карпатської насувної споруди (рис. 3.1). Автохтонні відклади сарматського ярусу виходять під утворення антропогену тільки в її північно-східній частині, в південно-західному напрямку вони поступово зрізаються покровом теригенно-хемогенних утворень Самбірської зони, а потім по порівняно вузькій смузі (4 – 6 км) осадові породи Зовнішньої зони по серії скидів, яка збігається з регіональним мінімумом сили тяжіння (Передкарпатський розлом) східцеподібно занурюються в південно-західному напрямку під елементи пізньоальпійського орогенезу. За сейсмічними даними амплітуда розлому досягає 3 км.

Найбільш загадковою є північно-східна прибортова частина западини, крутизна схилу якої вниз по розрізу стрімко зростає, наближаючись до вертикального положення. Вона в основних рисах орієнтована по Краковецькому глибинному розлому, період розвитку якого припадає на донеогеновий час. Амплітуди вертикальних зміщень поверхні розмиву Крукеницької западини відносно припіднятої Косівсько-Угерської підзони зростають вздовж розлому в південно-східному напрямку – від невеликих значень на території Польщі, де в північно-західному напрямку на відстані 12,5 км від державного кордону з Україною вони повністю затухають, до 4,5-5 км в зоні перетину з Передкарпатським розломом.

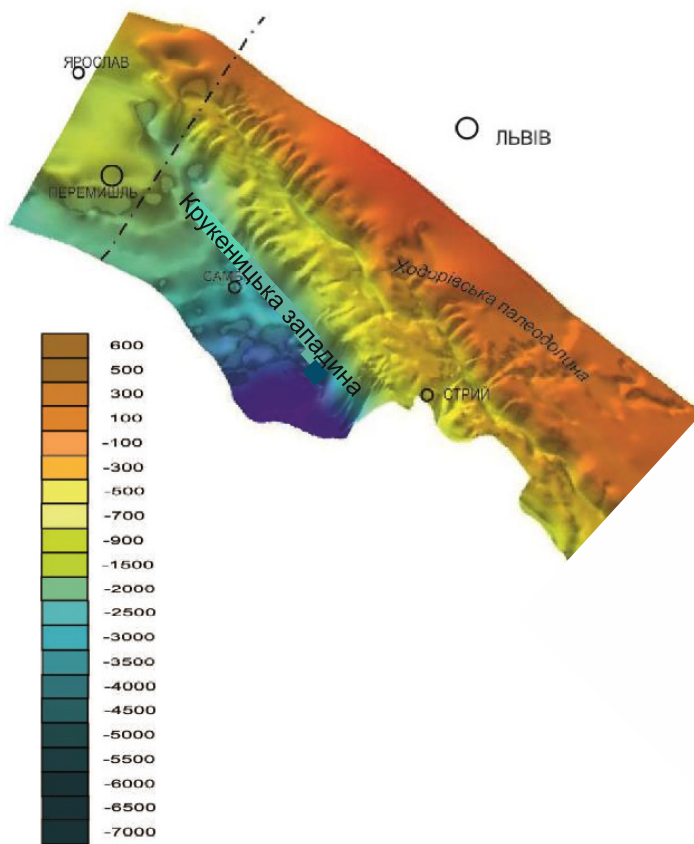


Рисунок 3.1 – Схематична структурна карта донеогенової поверхні північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину (Михайловський І.З., 2022)

Процес формування Крукеницької западини, як гіпсометрично опущеного елемента Зовнішньої зони Передкарпатського прогину до кінця не вивчений. Одним з чинників могли бути ерозійні процеси, що відбувались протягом перерви в осадконагромадженні, яка тривала в межах розвитку Зовнішньої зони Передкарпатського прогину біля 45 млн. років від датського часу пізньої крейди до початку міоцену. За цей період на місці формування Передкарпатського прогину утворилась складно побудована палеогеоморфологічна система,

представлена зонами розвитку захоронених долин древніх палеорусел. Притальвегові частини більшості з них захоронені під насувними елементами Карпатської споруди, де опущені по каскаду повздовжніх скидів. На це вказує поперечна зональність розвитку ділянок з підвищеною піскуватістю в аллохтонному флішевому розрізі Внутрішньої зони Передкарпатського прогину та Карпат. В автохтонній частині прогину найбільш виражені Ходорівська та Коломийська палеодолини, ускладнені сіткою глибоких палеоврізів та палеоприток, більшість з яких зароджені в межах платформи.

Повертаючись до питання природи північно-східного схилу Крукеницької западини слід звернути увагу на те, що центральне русло Ходорівської палеодолини, простягання тальвегу якого орієнтоване в сторону западини під кутом 70° , по мірі наближення до північно-східного краю останньої за даними сейсморозвідувальних робіт та глибокого буріння трансформується у вузький глибокий палеовріз, який перед утворенням розривних дислокацій Передкарпатського розлому міг утворювати з нею спільну палеогеоморфологічну систему (рис. 3.2).

На початку міоцену менш виражені ерозійні врізи зароджені вздовж південно-західного краю Косівсько-Угерської підзони між Свідницько-Судовошишнянською, Орховицько-Дубаневицькою, Макунівською і Колбаєвицько-Чайковицькою, Погірцівською і Подолецькою, Північно-Грушівською і Грушівсько-Опарською та іншими групами локальних структур. Тальвеги палеоврізів направлені в сторону Крукеницької западини, проте всі вони поширені тільки в смузі помірного нахилу північно-східної прибортової частини западини і в поперечному перетині поступово розширюються та нівелюються по мірі зростання крутизни регіонального схилу.

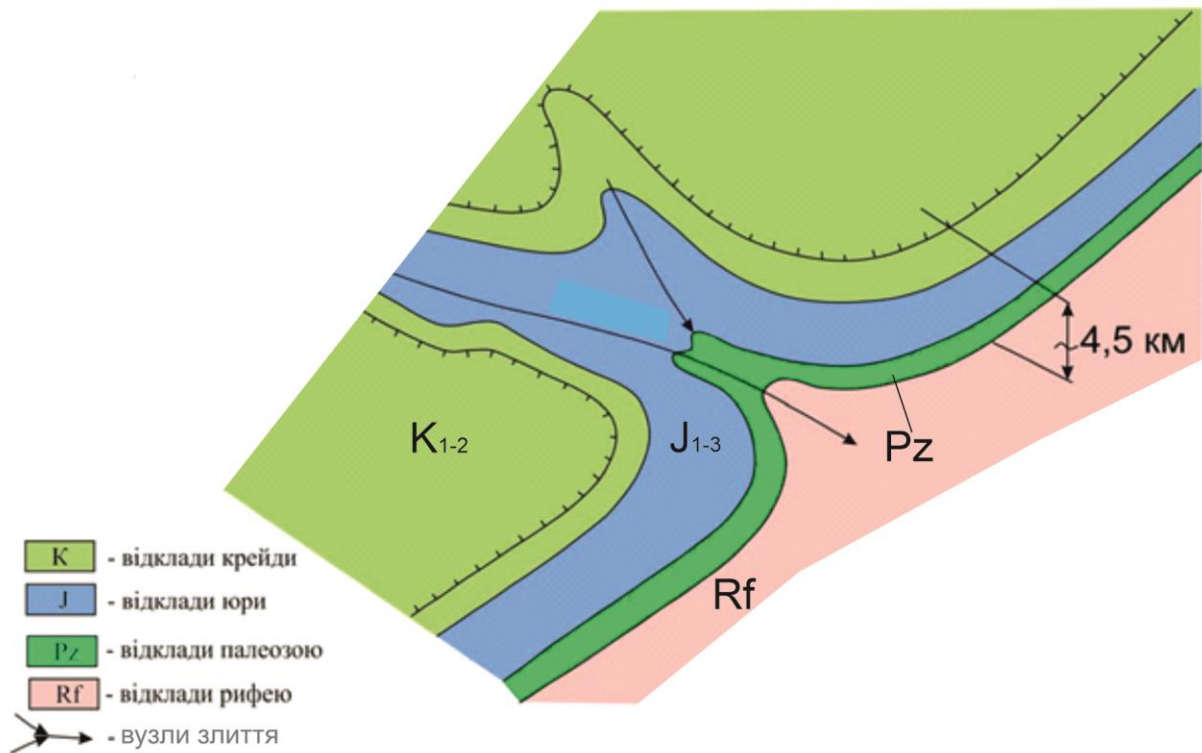


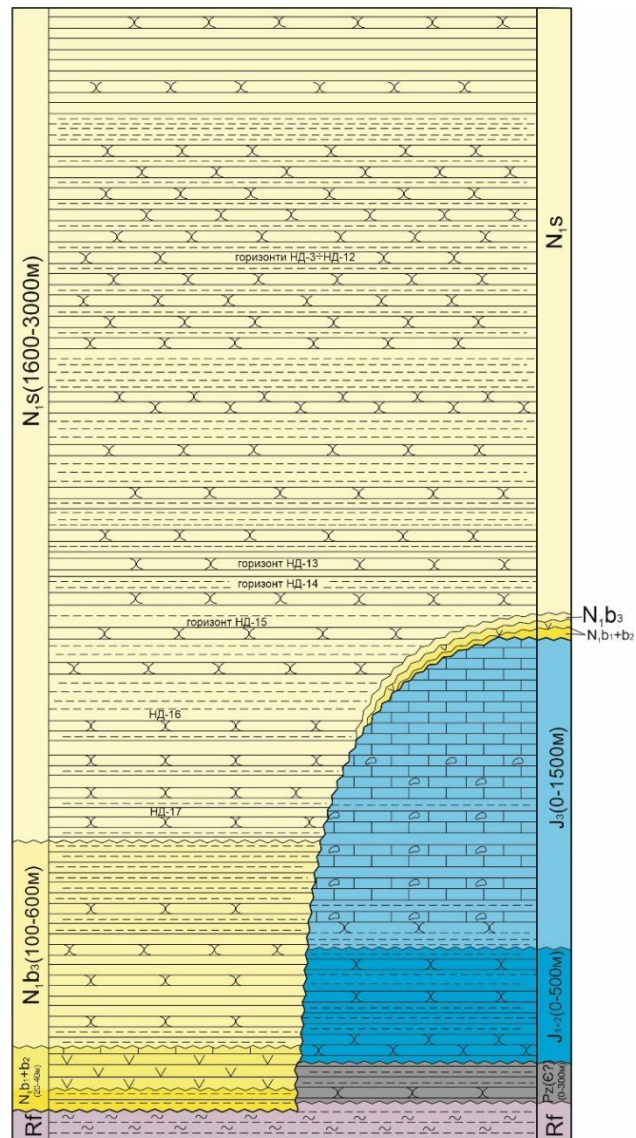
Рисунок 3.2 – Палеогеоморфологічна схема вузла злиття Крукеницького і Ходорівського донеогенових палеорусел (Михайловський І.З., 2024)

Найбільш детально структурні особливості смуги крутого занурення донеогенової основи вивчалися глибоким бурінням в Залужанському перетині на ділянці Сусолів-Майничі. Тут, не зважаючи на значні перепади абсолютних відміток, від свердловини до свердловини з поглибленням дна неогенового басейну осадконагромадження простежується поступове зростання віку порід, що виходять на донеогенове ложе (рис. 3.3).

Подібна картина простежується вздовж всього північно-східного схилу Крукеницької западини, зокрема на ділянках Оселя, Кароліна, Нікловичі, Макунів, Дубаневичі, Грушів, де по мірі занурення, на поверхні донеогенового розмиву (рис. 3.4-3.5) верхньоюрські відклади змінюються нижньоюрськими, а ті в свою чергу – палеозойськими, що незгідно залягають на метаморфізованих

утвореннях рифею. На крутих схилах розмиву, вузькі повздовжні смуги виходу на донеогенову поверхню порід окремих стратиграфічних підрозділів у багатьох випадках пропущені глибоким бурінням що справляє хибне враження про наявність різноамплітудних повздовжніх розривних дислокацій скидового типу

В північно-західному напрямку при наближенні до кордону з Польщею крутизна та амплітуда північно-східного схилу Крукеницької западини поступово згасають. Якщо на південному сході, в зоні перетину з Передкарпатським розломом, поверхня донеогенового розмиву за сейсмічними даними залягає на глибинах 6000-6500 м, а крутизна схилу досягає 700 то на північному заході, біля українсько-польського кордону, вона не перевищує 3500 м при крутизні до 400. На території Польщі відбувається поступове нівелювання Крукеницької западини з омолодженням відкладів донеогенового ложа.



Умовні позначення:

N_{1s}	- відклади сармату;
N_{1b3}	- відклади верхнього бадену;
N_{1b1+b2}	- відклади нижнього-середнього бадену;
J₃	- відклади верхньої юри;
J₁₊₂	- відклади нижньої-середньої юри;
Pz(Є7)	- відклади палеозою (кембрію?);
Rf	- рифейські відклади;
	- перериви в осадконагромадженні;

Вік порід

Рисунок 3.3 – Стратиграфічна схема північно-східного схилу Крукеницької западини (Михайловський І.З., 2023)

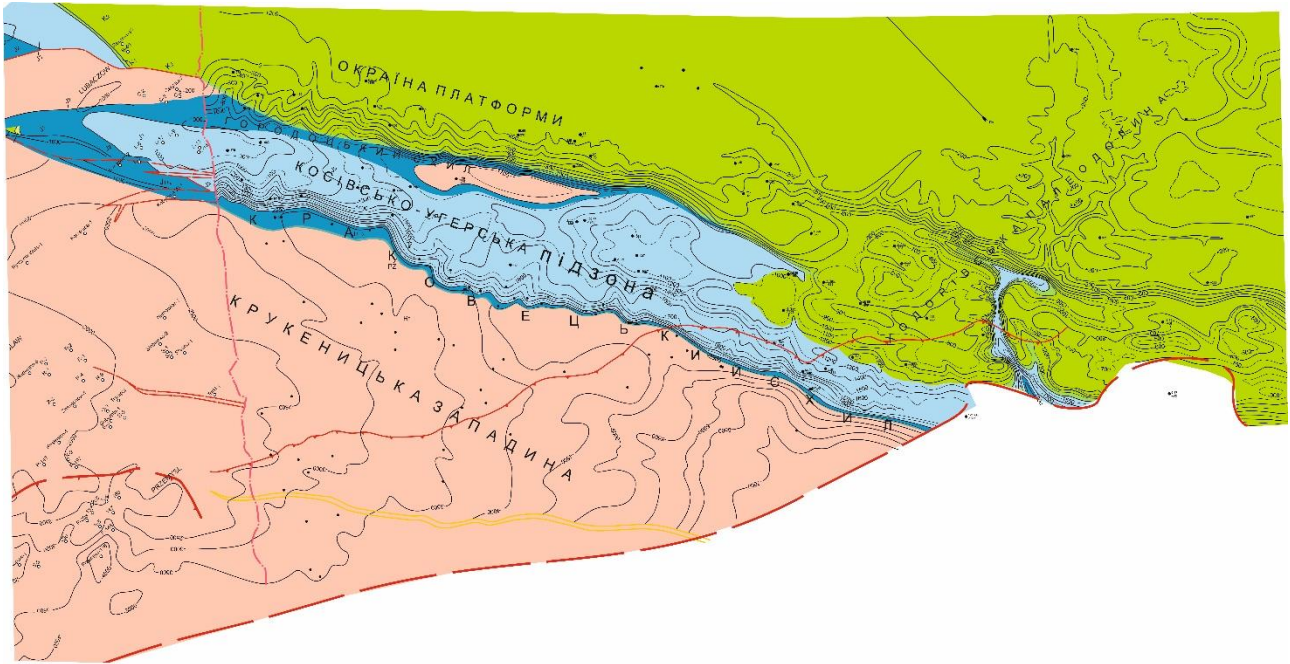


Рисунок 3.4 – Північно-західна частина Зовнішньої зони Передкарпатського прогину (фрагмент геологічної карти донеогенової основи) (Михайловський І.З., 2023)

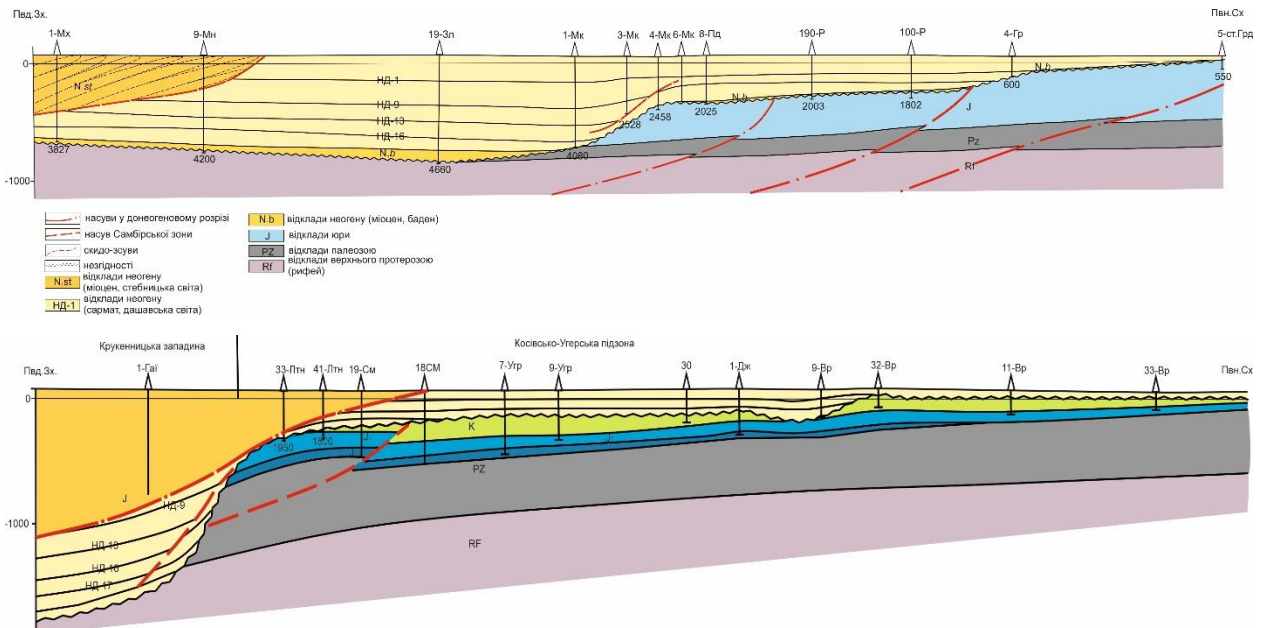


Рисунок 3.5 – Поперечні геологічні розрізи Зовнішньої зони Передкарпатського прогину по лініях: а) Михайлівці-Городок, б) Гаї-Вербіж (Михайловський І.З., 2023)

На сучасному структурному плані материкової поверхні Землі аналогом крутого північно-східного схилу Крукеницької западини в деякій мірі може бути бортова частина Великого каньйону (рис. 3.6), висіченого в осадових шарах пісковика, вапняку і сланцю, а в нижній частині переважно в метаморфічних сланцях і магматичних гранітах, Колорадського плато. Довжина каньйону сягає 446 км, включаючи 96-кілометровий Мармуровий каньйон вгорі за течією. Глибина головної ділянки каньйону досягає 1800 м, ширина – до 29 км [99].

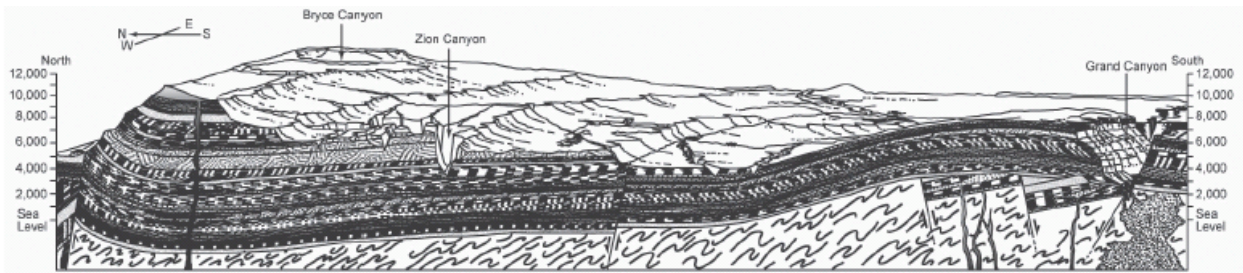


Рисунок 3.6 – Геологічний розріз через Великий каньйон [79]

В розрізі Великого каньйону приймають участь (знизу - вверху): кристалічні породи фундаменту, похилі шари осадових порід і верхня товща горизонтально залягаючих порід, які перекривають все плато і, в деяких випадках, значну територію північноамериканського континенту (рис. 3.7). Протягом формування Великого каньйону було зруйновано 4000 км^3 гірських порід [80, 81].

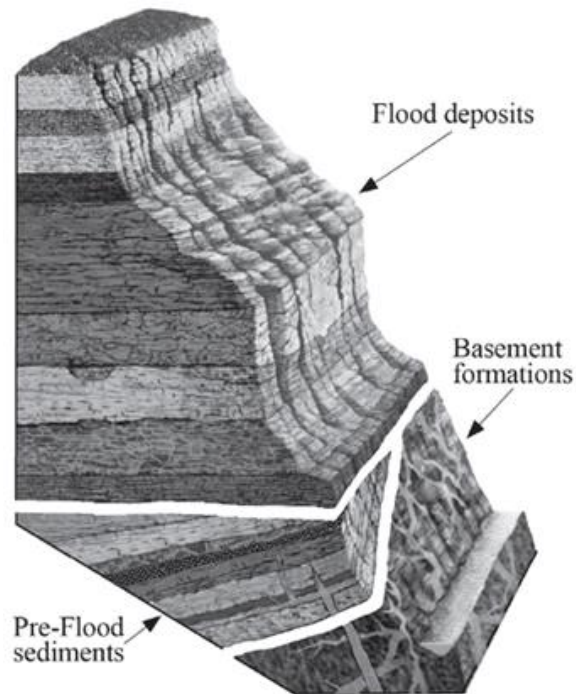


Рисунок 3.7 – Схематичний розріз прибортової частини Великого каньйону [79].

Існує декілька версій утворення цієї унікальної геоморфологічної споруди сьогодення, які можна об'єднати у дві групи – еволюційні (довготривалі) і катастрофічні (раптові). Перші базуються на дослідженні ерозійної діяльності річкового русла і могли тривати за твердженням різних вчених від 6 до 70 млн. років, як синхронно з підніманням плато, так і після його формування. Другі дослідники за основу приймають раптову, в геологічному відношенні, ерозію. На користь останньої свідчить цілий ряд факторів, серед яких основні наступні:

- відсутність величезної дельти в гирлі річки Колорадо, в якій мала б поміститись значна кількість осадового матеріалу;

- доволі велика стійкість ерозійних останців (масивних скель, складених з осадових порід);

- незначні зміни реліктових форм рельєфу та відсутність в основі скель осипів гірських порід, які б мали нагромаджуватись протягом довготривалого геологічного часу [79].

Повертаючись до історії формування Крукеницької западини як і крупних ерозійних долин і палеоврізів в межах припіднятої частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, з кристалічними породами фундаменту можна порівняти філітізовані сланці рифею, похилі шари – це нерозчленований розріз палеозою, який має локальне поширення і зі стратиграфічним та кутовим неузгодженням перекриває метаморфізовану товщу рифею, а верхні шари – це в різній ступені дислоковані теригенно-карбонатні утворення нижньої і середньої юри, перекриті частково розмитим, в основному карбонатним комплексом верхньої юри та теригенно-карбонатними шарами нижньої і верхньої крейди [16, 18].

Суттєвою відмінністю між Великим каньйоном і Крукеницькою западиною є те, що перший утворився в умовах спокійного майже горизонтального залягання порід, в той час як донеогенове ложе автохтонної частини Передкарпатського прогину формувалось в межах смуги розвитку складчастих дислокацій, що у значній мірі позначились, в першу чергу, на зниженні стійкості порід та привело до розвитку обширних річкових меандр. Вниз по течіях палеоруслу поглиблювались і частково випрямлялись вздовж регіональних тектонічних порушень більш древнього заложення.

Утворення ерозійних форм донеогенового ложа Зовнішньої зони прогину розпочалось на завершенні крейдового періоду, про що свідчить наявність в розрізі стрийської світи гальки екзотичних порід різного віку.

В подальшому воно проходило в кілька етапів, що підтверджується утворенням в донеогеновому ложе ряду протяжних палеотерас з виходом на розмиту поверхню різновікових порід. Протягом палеогенового часу ерозійні процеси в межах Передкарпаття відбувались циклічно, по мірі опускання флішового басейну. Це підтверджується наявністю в осадовому комплексі різноокатаних уламків більш древніх порід. Так у строкатоколірному горизонті ямненської світи палеоцену Внутрішньої зони Передкарпатського прогину та

Скибової зони Карпат встановлені гравійні і дрібногалькові конгломерати, складені із уламків зелених сланців і філітів рифею, зелених метаморфізованих пісковиків і алевролітів, темно-сірих аргілітів, кварцитів, мергелів і пісковиків палеозойського, нижньо- та середньоюрського віку а також верхньоюрських та верхньокрейдових вапняків, також зустрічаються перевідкладені уламки порід крейдового флішу. В розрізі вигодської світи еоцену в межах Внутрішньої зони зустрічаються зелені рифейські філіти, алевроліти кембрію, силурійські аргіліти і пісковики, мергелі, конгломерати та гравеліти, верхньоюрські вапняки. Розріз бистрицької світи в основній масі складений з аргілітів, зелені філіти зустрічаються рідше. Нижня частина нижньоменілітової підсвіти олігоцену збагачена верствами гравелітів, складених уламками рифейських зелених сланців і філітів, метаморфізованих пісковиків і алевролітів, а також юрських вапняків [82, 39].

Палеогеновий період розвитку палеорічкової системи в межах сучасного положення Зовнішньої зони Передкарпатського прогину відбувався відносно у спокійних тектонічних умовах. Він ознаменувався утворенням мілкої рівнинної річкової системи, ускладненої багаточисельними притоками та меандрами річкових русел основні, серед яких Крукеницька, Ходорівська, Коломийська, Красноільська та інші. Більш активно ерозійні процеси відбувались по мірі наближення до флішевого басейну. Період еволюційного розвитку ерозійної системи Зовнішньої зони Передкарпатського прогину завершився створенням розгалуженої системи палеорусел з відносно пологими палеосхилами та обширними палеотерасами орієнтованими, в основному, вздовж древніх тектонічних порушень [18].

Другий період формування донеогенового ложа Зовнішньої зони Передкарпатського прогину в геохронологічному відношенні досить короткотривалий. Він пов'язаний з активним підняттям форланду протягом егер-отнангського часу і нагромадженням в нижньомоласовому басейні в розрізі

поляницької і воротищенської та низах стебницької світ товщі конгломератів, складених, в основній масі, з відкладів рифею, юри та крейди. Пізніше основним джерелом зносу були флішові утворення Карпат [18, 36].

Цей період розвитку автохтонної частини Передкарпаття позначився значною активізацією ерозійних процесів, утворенням на місці притальвегових частин палеорусел глибоких каньйоноподібних врізів. У верхньомоласовому басейні седиментації на протязі досить стислого егер-егенбургського часу міоцену відбулось нагромадження потужної осадової товщі, в розрізі якої значну частину займають екзотичні конгломерати. Найбільш поширені з них – слобідські, складені з уламків зелених хлорит-серецит-кварцових, і кварцових сланців, філітів, кварцитів. Основну масу уламкового матеріалу складають зелені метаморфічні сланці. Магматичні і жильні породи представлені порфірами, діабазами, молочно-білим і димчастим кварцом. Уламки осадових порід – це, в основному, пісковики уламки конгломератів типу «веррукано», червоні і фіолетові бітумінозні аргіліти, органогенні вапняки, доломіти, дуже рідко червоні кремні і «роговики» менілітового типу. Основним джерелом постачання осадового матеріалу був автохтонний комплекс Передкарпаття, молода Карпатська споруда при цьому мала підпорядковане значення.

Цей період розвитку ерозійної системи Зовнішньої зони Передкарпатського прогину можна порівняти з утворенням Колорадського каньйону, допускаючи його досить стисле в геологічному часі формування.

Суттєвим фактором, що характерний як для Великого Каньйону так і крайової смуги Крукеницької западини, включаючи крупні ерозійні врізи припіднятого мегаблоку Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, є наявність малозмінених захоронених ерозійних останців, складених з міцних порід. Для Крукеницької западини – це філітизовані сланці, а для її схилу і припіднятої частини прогину – органогенні і хемогенні вапняки та доломіти

В основі крутих схилів відсутні уламки або осипи гірських порід. Підніжжя каньйону занадто «чисті», з дуже невеликою кількістю насипів. Протягом мільйонів років ерозії біля підніжжя скель в Гранд-Каньоні можна було б очікувати велику кількість порід при відсутності активного джерела води для видалення матеріалу. Подібне простежується і в підніжжі крутого північно-східного схилу Крукеницької западини та вздовж ерозійних врізів припіднятої частини Передкарпатського прогину, де безпосередньо на розмитій поверхні залягають піщано-алевролітові відклади нижнього бадену або перешарування хемогенних і теригенних утворень середнього бадену.

Як в гирлі річки Колорадо, так і основного русла Крукеницької палеоріки відсутні великі за розмірами дельти в яких мали б поміститись значні об'єми осадового матеріалу. В нашому випадку – це, в основному, міцних карбонатних порід юрського і теригенно-карбонатних утворень крейдового віку. Проте, в насунутому комплексі Карпатської споруди вони мають підпорядковане значення.

Підсумовуючи вище сказане можна припустити, що формування складнобудованої ерозійної системи Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, включаючи Крукеницьку западину, відбувалось в кілька етапів. На початку це був еволюційний період розвитку, що проходив у відносно спокійних геологічних умовах, про що свідчить наявність підпорядкованого вмісту верхньоярського карбонатного матеріалу в різновікових екзотичних конгломератах від верхньокрейдових до олігоценів.

Другий період формування донеогенового ложа Зовнішньої зони Передкарпатського прогину в геохронологічному відношенні короткотривалий. Він пов'язаний з активним підняттям форланду протягом короткотривалого часу і нагромадженням в нижньомоласовому басейні грубоуламкових осадів, складених, в основній масі, з відкладів рифею, юри та крейди. Пізніше основним джерелом зносу були флішові утворення Карпат.

Цей період розвитку автохтонної частини Передкарпаття позначився значною активізацією ерозійних процесів, поглибленням Крукеницької палеодолини, з поступовим зміщенням притальвегової частини основного палеоруслу в напрямку Краковецької системи регіональних скидів, заложеної у донеогеновий час. При цьому утворювався крутий уступ, ускладнений по простяганню серією каньйоноподібних врізів. Останні формувались на продовженнях палеорусел, зароджених в межах палеовисочин припіднятого мегаблоку. Їхні пригирлові частини поступово мігрували на північний схід синхронно зі зміщенням крутого берега Крукеницького регіонального палеоруслу утворюючи ряд водоспадів, що позначились утворенням в підніжжі складнобудованого регіонального уступу асиметричних ерозійних западин з пологими південно-західними і крутими північно-східними палеосхилами. При цьому немаловажним фактором є значна мінливість вертикальних зміщень поверхні донеогенової основи що простежується по простяганню схилів повздовжніх палеотерас. Особливо це характерно для Судово-Вишнянського схилу, в межах якого максимальні амплітуди характерні для ділянок захоронених палеовисочин, в той час як в місцях перетину з від'ємними елементами більш молоді наложеної консинквентної системи палеорусел вони повністю нівелюються (рис. 3.8).

Висновки:

1. Основним чинником формування Крукеницької западини були ерозійні процеси, що відбувались протягом континентального режиму, який у межах розвитку Зовнішньої зони Передкарпатського прогину тривав від датського часу пізньої крейди до початку міоцену.

2. Утворення складнобудованої ерозійної системи відбувалось в кілька етапів, пов'язаних з формуванням пізньо-крейдово-палеогенового флішового та ранньонеогенового нижньомоласового басейнів седиментації. Особливо вони активізувались в передбаденський час.

3. Крукеницька западина є найглибшим елементом донеогенової ерозійної поверхні. По простяганню її крутий північно-східний схил ускладнений цілим рядом консеквентних палеоврізів, що утворились на продовженні палеорусел, зароджених в межах гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони. Найбільш виражена з них Ходорівська палеодолина, глибина центрального русла якої в зоні злиття співставляється з глибиною западини.

4. В поперечному перетині північно-східний схил Крукеницької западини – це уступ захороненої ерозійної мегапалеотераси зі значною амплітудою та крутизною, який у нижній частині завершується помірними нахилами поверхонь розмиву, а у верхній – трансформується у вузьку пологу бровку.

5. Вверх по північно-східному схилу відбувається поступове омолодження відкладів донеогенового ложа від рифейських до верхньоюрських. Подібна картина простежується і по простяганню центрального палеорусла на території Польщі, де до витоків палеорусла вони спочатку змінюються на палеозойські а потім – мезозойські.

3.2.2 Умови осадконагромадження та постседиментаційні перетворення верхньомоласового комплексу

Баден-сарматський період розвитку Крукеницької западини як і всієї Зовнішньої зони Передкарпатського прогину супроводжувався регіональною трансгресією з нагромадженням потужної товщі баден-сарматських, в основному, теригенних відкладів. Створена в ранньому міоцені ерозійна система на ділянках, не втягнутих в процеси пізньоальпійського орогенезу, до якої відноситься північний схід Крукеницької западини, включаючи її доволі круту прибортову частину, зберегла свої основні структурні риси під товщею верхніх молас. Нагромадження останніх знаходилось у прямій залежності від цілого ряду чинників, основні з яких – це літологічний склад джерел постачання, віддаленість від них, механізми і шляхи транспортування осадового матеріалу та постседиментаційні перетворення на ранніх стадіях консолідації. Ступінь сортування осадів і їхня неоднорідність у значній мірі контролюються палеорельєфом дна басейну седиментації і його динамічністю [28].

Напочатку баденського часу створена цілісна регіональна ерозійна система піддалась доволі швидкій трансгресії з подальшим нагромадженням в основному теригенного верхньомоласового комплексу. Виключенням був короткотривалий режим закритого моря на межі нижнього і верхнього бадену, що супроводжувався в регіональному плані нагромадженням малопотужних хемогенних гіпсоангідритових відкладів, які являються загально прийнятим стратиграфічним та сейсмічним репером для всієї Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Звертає на себе увагу відносно рівномірне поширення по площі хемогенної пачки (тираської світи), що пояснюється відповідними межами глибин її формування, які були притаманні як для припіднятих, так і опущених елементів дна басейну седиментації. Основним чинником поширення локальних зон відсутності гіпсоангідритового горизонту була відчутна крутизна схилів ($>30^{\circ}$) донеогенової

ерозійної поверхні, до якої належить і північно-східний схил Крукеницької западини, де потужний теригенний баден-сарматський комплекс зі стратиграфічним неузгодженням перекриває породи донеогенової основи.

Хімічний склад та постседиментаційні перетворення гіпсоангідритового горизонту напряду залежали від термобаричних умов. На окраїні платформи та припіднятих частинах палеорельєфу Зовнішньої зони Передкарпатського прогину він представлений в основному гіпсами з меншою кількістю теригенних порід, що вказує на незначні глибини басейну седиментації. По мірі зростання глибин сульфатна частина розрізу поступово трансформується в ангідрити [53].

Після відносно стабільного етапу хемогенного осадконагромадження починаються активні висхідні тектонічні рухи молоді Карпатської споруди. Евапоритове море перетворюється у відкритий басейн з активним нагромадженням теригенних відкладів верхнього бадену та сармату, для яких характерна значна літологічна мінливість. У південно-східній частині Більче-Волицької зони в розрізі переважають верхньобаденські теригенні відклади, а на північному заході – нижнього сармату. Більшість дослідників пов'язують це з регіональними тектонічними рухами, що проходили безпосередньо в зоні осадконагромадження. За їх твердженням у верхньобаденський час більш активно опускалась південно-східна частина з конседиментаційним заповненням верхньобаденським комплексом, в той час низхідні рухи північно-західної активізувались в нижньому сарматі. «Шарнірною зоною» вважалась ділянка Болохівського поперечного палеопідняття [83, 84]. При цьому не враховано, що дно верхньобаденського басейну осадконагромадження по всій протяжності Більче-Волицької зони зберігає основні структурні риси донеогенової ерозійної поверхні і процеси абразії під час трансгресії баден-сарматського моря суттєво не позначились на його формуванні, так як в геохронологічному відношенні вона проходила миттєво. На це вказує безперервність поширення по площі відкладів

нижнього бадену, гіпсо-ангідритових утворень тираської світи і глинисто-туфітової пачки в основі косівської світи верхнього бадену (вербовецькі верстви).

На протязі активного теригенного осадконагромадження, починаючи з верхньобаденського часу основним джерелом постачання теригенного матеріалу в басейн седиментації була молода Карпатська споруда, а інтенсивність осадконагромадження контролювалась активністю тектонічних рухів та віддаленістю від фронту насувної споруди. На протязі верхнього бадену мінімально віддалена від мобільної берегової лінії була південно-східна частина Більче-Волицької зони, де в межах суттєвого звуження басейну седиментації компенсація від'ємних структурних форм та часткова пенеplenізація палеорельєфу відбулась вже на початку сарматського часу.

На південному сході Зовнішньої зони прогину структурні одиниці всередині верхньобаденського теригенного комплексу носять успадкований характер і є структурами облягання донеогенової ерозійної поверхні, що встановлено на основі аналізу результатів сейсмічних досліджень, прошуково-розвідувального та структурно-пошукового буріння. В багатьох випадках ця успадкованість простежується по всьому розрізу верхніх молас. Прикладом може бути складнопобудована Коломийська структура, виділена глибоким бурінням на північно-західній окраїні одноіменного структурного виступу в донеогеновії ерозійній поверхні (рис. 3.9)

Крукеницька западина на той час була достатньо віддалена від джерел зносу теригенних осадів, на що вказують фрагменти одновікових прибережно-морських та дельтових відкладів в розрізі алохтону, що зазнали значних горизонтальних переміщень.

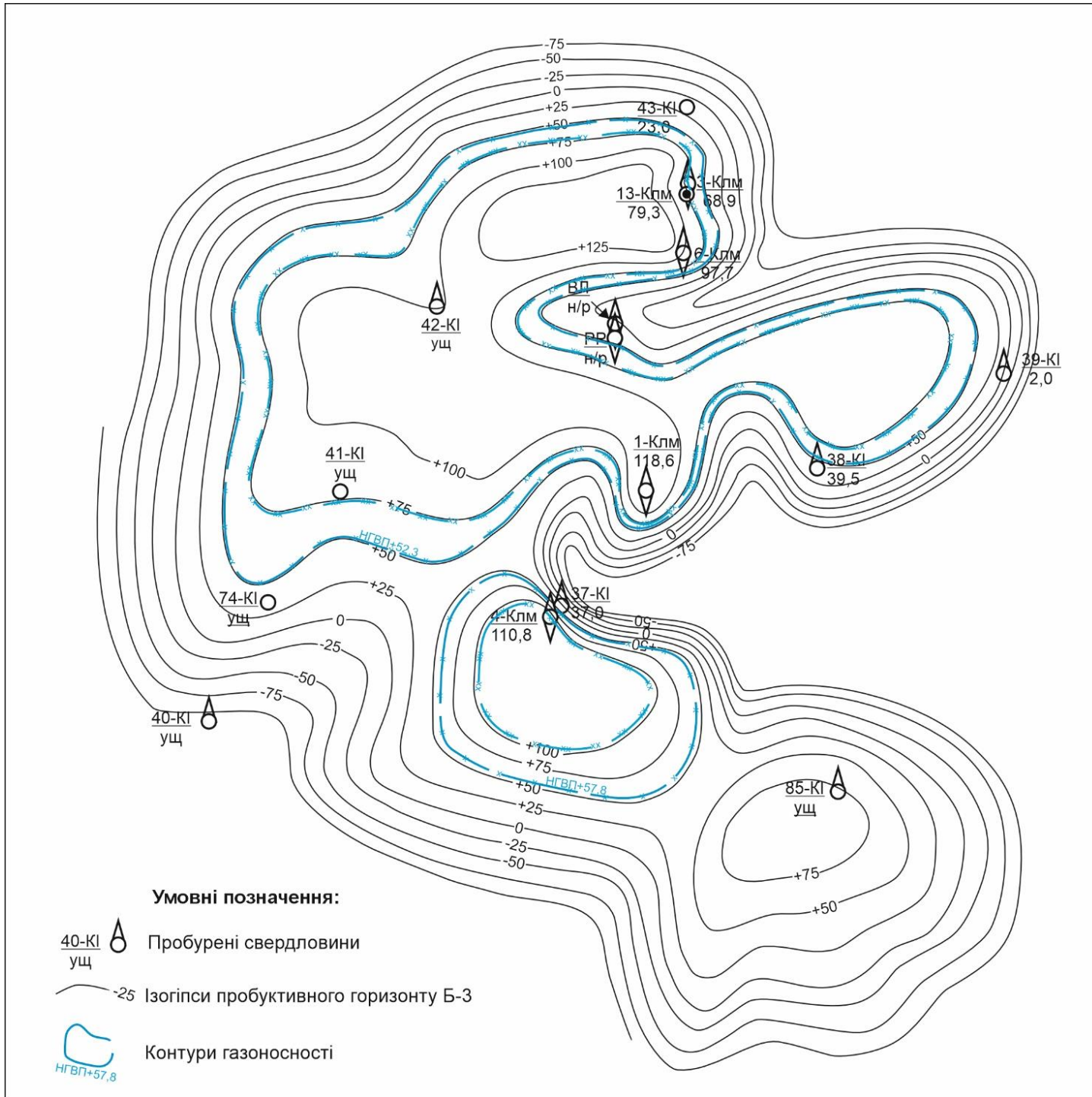


Рисунок 3.9 – Приклад успадкованості морфоструктури донеогенової ерозійної поверхні всередині розрізу верхнього бадену (Коломийське родовище, продуктивний горизонт Б-3) (Михайловський І.З., 2023)

Разом з притальвеговою частиною Ходорівської долини, створеної ерозійними процесами на початку міоцену, це була найбільш занурена ділянка у структурі дна басейну осадконагромадження, до якої доходила тільки незначна частина в основному тонкозернистих осадів. Основним механізмом транспортування теригенного матеріалу були донні течії, що активізувались в найбільш заглиблених частинах палеорельєфу. Зміна активності тектонічних рухів в молодій Карпатській споруді, а заодно і вертикальні коливання базису ерозії, стали причиною нестабільності поступлення осадів у верхньобаденський басейн седиментації [17].

В межах гіпсометрично-припіднятих палеотерас північно-західної частини Більче-Волицької зони, які були значно віддалені від області активної денудації, енергії води та вітру вистачало для транспортування тільки тонкодисперсного матеріалу, тому косівська світа тут представлена 10-40-метровою пачкою глин із прошарками алевролітів, туфів і туфітів.

Слід врахувати що з південного сходу перепоною для активного поширення донних течій і поступлення осадового матеріалу був сформований в донеогеновій поверхні Кадобнянсько-Болохівський виступ, в межах якого по простяганню в північно-західному напрямку проходить зміна верхньобаденських відкладів на нижньосарматські.

Зі сторони платформи осадовий матеріал у верхньобаденське море скоріш за все активно не поступав, про що свідчить наявність одновікових тернопільських і буловських верств як в межах додатніх форм палеорельєфу, так і в притальвегових частинах донеогенової ерозійної системи. Вони представлені пачкою глин, мергелів, дрібнобагрянкових вапняків, які перекриваються тонким шаром пісковиків та пісків загальною товщиною до 50 м

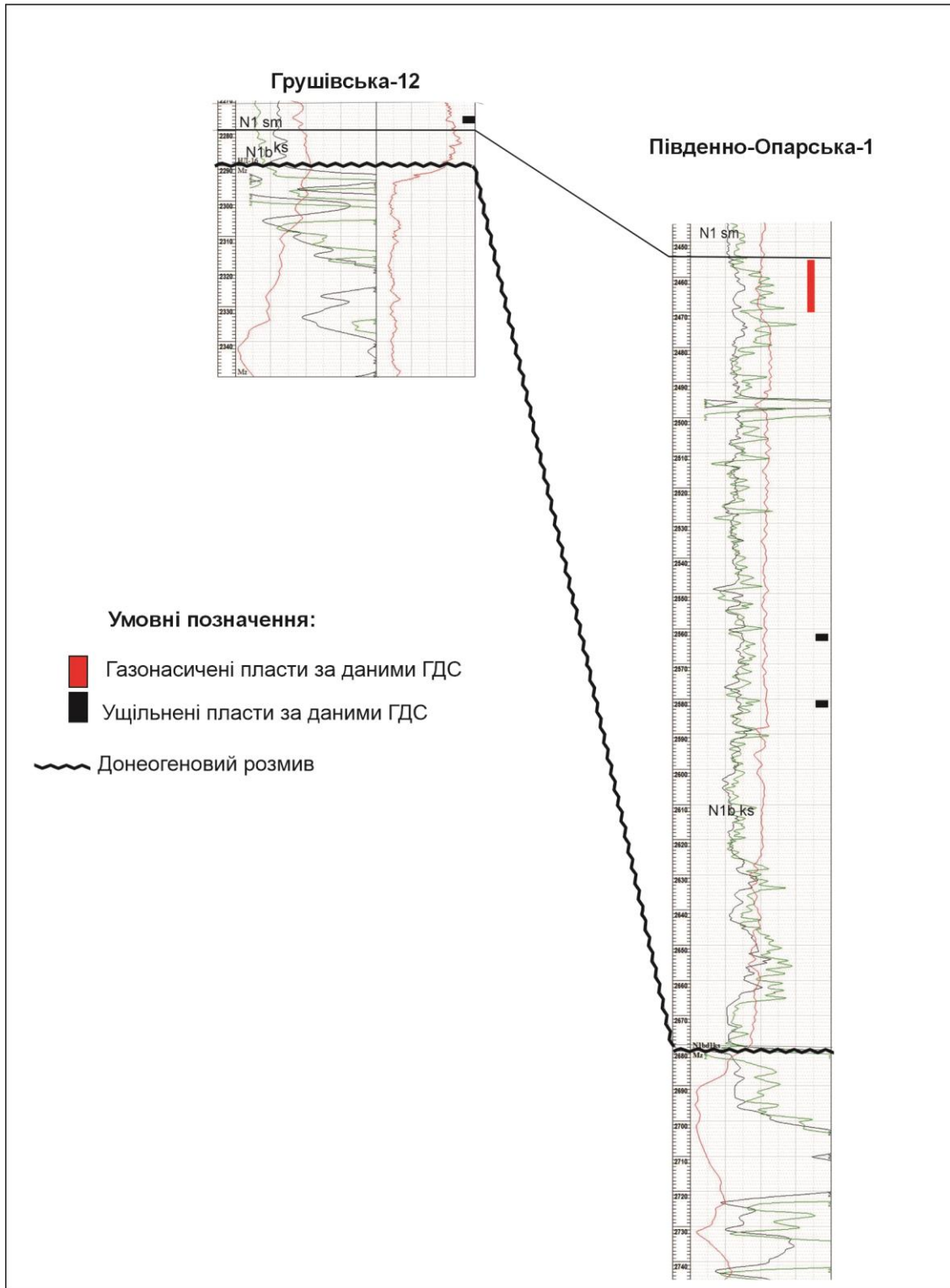


Рисунок 3.10 – Порівняльна характеристика розрізів косівської світи в межах припіднятої і опущеної частини донеогенової основи (Дрогобицьке родовище, свердловини Грушів-12 і Південні Опари-1) (Михайловський І.З., 2023)

На початку сарматського часу зона активного осадконагромадження мігрує на північний захід Більче-Волицької зони. Теригенний осадовий матеріал, що розносився в основному донними течіями спочатку компенсував найбільш заглиблені ділянки, успадковані від донеогенового палеорельєфу, до яких відноситься Крукеницька западина з глибокими ерозійними палеоврізами, що сформувались на її північно-східному схилі, включаючи притальвегову частину Ходорівської палеодолини. В цей час нагромаджується потужна ритмічно-шарувата піщано-глинистої товща нижньосарматських горизонтів НД-16 і НД-17, загальна товщина якої в межах Крукеницької западини до 600-700 м. Вверх по північно-східному схилу западини кожний з горизонтів поступово зменшується до повного виклинювання. Не дивлячись на задовільну палеонтологічну охарактеризованість сарматських відкладів, їхня нижня границя поки залишається суперечливою, так як вікова приналежність горизонтів НД-16, НД-17 в межах Крукеницької западини трактується по-різному. В керновому матеріалі відібраному в ряді свердловин з вищезгаданих горизонтів виявлено мікрофауністичні рештки, які характерні для відкладів верхньобаденського віку. Не виключено, що в зоні активних скидо-зсувних процесів, зумовлених силами гравітації на початкових стадіях консолідації осадів могла бути перевідкладена верхньобаденська мікрофауна [17, 56].

Вище залягаючий стратиграфічний горизонт сармату НД-15 поширений як в межах Крукеницької западини так і на припіднятих північно-східних терасах палеорельєфу Більче-Волицької зони. У верхній пологій смузі північно-східного схилу Крукеницької западини вони представлені двома пачками пісковиків, товщина яких зростає по мірі занурення палеорельєфу. На припіднятих палеотерасах Зовнішньої зони прогину горизонт представлений глинисто-туфогенним пластом товщиною до 30 м, що скоріш за все зумовлено недостатньою енергією водного середовища для транспортування більш крупних фракцій. В межах Крукеницької западини та на її схилі, включаючи притальвегові

частини успадкованих консеквентних палеорусел, простежується значне зростання товщин горизонту та піскуватості розрізу

Короткочасне зниження активності тектонічних рухів в зоні формування Карпатської споруди, позначилась на літологічному складі реперного глинистого горизонту НД-14, товщина якого в межах припіднятих палеотерас не перевищує 30 м і тільки в найбільш занурених ділянках, включаючи Крукеницьку западину, в розрізі появляються прошарки і пласти тонкозернистих пісковиків і алевролітів. Загальна товщина горизонту тут досягає 200 м.

Активізація висхідних рухів в межах Карпатської споруди позначилась зростанням ерозійних процесів, а в сарматському басейні седиментації підвищується активність донних течій, як основної енергії транспортування теригенного матеріалу. Нагромаджується потужна піщано-глиниста товща горизонтів НД-13 – НД-9, що у значній мірі частково пенепленізувала успадкований палеорельєф Більче-Волицької зони, в тому числі і Крукеницької западини та її північно-східного (Краковецького) схилу [17, 85, 86].

Вище по розрізу дашавська світа нижнього сармату характеризується чітко вираженою ритмічністю. Кожен ритм починається тонкими глинистими прошарками, які вверх по розрізу поступово збагачуються піщаним матеріалом. В основі ритмів пересічно присутні пропластки туфів і туфітів невеликої товщини. Найбільш потужні ритми згруповані у піщано-глинисті горизонти

НД-8 – ВД-1, в яких за результатами електрокаротажу чітко відбивається їх покрівля, при розпливчатій підшві. Вони задовільно корелюються по площі, а в зонах малорозчленованого дна басейну седиментації справляють враження флішоїдних відкладів. Окремі горизонти завдяки достатній витриманості по площі виконують роль надійних сейсмічних реперів.

В межах північно-східного схилу Крукеницької западини відклади верхньодашавської підсвіти повністю відсутні а нижньодашавської – поступово

зрізаються насупом Самбірської зони і автохтонна частина розрізу зверху починається з горизонту НД-3.

Швидкість нагромадження осадової неогенової товщі на ранніх стадіях консолідації вздовж всього північно-східного схилу Крукеницької западини залежала від багатьох чинників, основні з яких – палеогеоморфологічні особливості дна басейну седиментації та тектонічна активність середовища постачання теригенного матеріалу.

Палеогеоморфологічні особливості включають морфоструктуру поверхні донеогенового розмиву в межах вузької смуги крутого Краковецького схилу та на прилеглих ділянках а також ступінь пенепленізації структурних планів в процесі осадконагромадження. Інтенсивність та циклічність нагромадження осадів напряду залежала від тектонічної активності джерел зносу в даному випадку періодичність тектонічних, в основному висхідних, рухів молоді Карпатської споруди.

В нижній частині Краковецького схилу значна частка компенсаційного осадконагромадження припадає на верхньобаденський період, не зважаючи на те, що впродовж цього часу північно-західна частина Зовнішньої зони прогину була значно віддалена від джерел постачання теригенного матеріалу. В межах Крукеницької западини відкладалась товща одноманітних глибоководних відкладів, загальна товщина яких досягала 600-700 м. У нестійких осадах, що перекривали гіпсометрично диференційоване дно басейну, формувались консидементаційні диз'юнктивні дислокації. На крутих схилах, включаючи окраїну Крукеницької западини, вони піддавались процесам гравітаційного сповзання, тому, витримані по площі реперні горизонти в цій частині розрізу практично відсутні.

В межах регіонально припіднятої Косівсько-Угерської підзони відклади косівської світи представлені тонкодисперсним глинисто-туфогенним матеріалом незначної товщини через недостатню енергію донних течій, що відігравали основну роль при транспортуванні осадів.

У сарматський час тектонічні процеси в межах Карпатської споруди та прогину значно активізувались і проходили циклічно. Це позначилось ритмічною зміною літологічного складу осадової товщі, в межах якої виділяється 31 літологічний горизонт, що задовільно корелюються на значні відстані. В межах Крукеницької западини відбувається інтенсивне компенсаційне нагромадження осадів, яке супроводжувалось формуванням безкорневих гравітаційних диз'юнктивних дислокацій. В заглиблених ділянках донеогенового палеорельєфу, частково компенсованого у верхньобаденський час, відкладаються значні потужності теригенних відклади горизонтів НД-17 і НД-16. Вверх по Краковецькому схилу їхня товщина поступово зменшується до повного виклинювання, що з одного боку пов'язано із затуханням енергії донних течій, з другого – інтенсивним сповзанням неконсолідованих осадів на ділянках зі значною крутизною.

Починаючи з горизонту НД-15 басейн седиментації частково вирівнюється і вище залягаючі відклади поширюються на більшу частину Більче-Волицької зони, проте їхня товщина і літологічний склад у значній мірі надалі контролюються морфологічними особливостями морського дна, зокрема його крутизною і експозицією. Якщо товщини горизонтів залежать від інтенсивності поступлення осадів і їх диференційованого розподілення по гіпсометрії дна, то на ділянках з південно-західною експозицією переважає нагромадження псамітового матеріалу, що є підтвердженням домінуючого надходження теригенних уламків зі сторони мобільної Карпатської споруди.

В межах північно-східної прибортової частини Крукеницької западини немаловажну роль при постседиментаційній трансформації структурних планів баден-сарматського комплексу зіграли процеси літифікації. Під дією значних геостатичних напруг проходить поступове ущільнення неконсолідованих осадів, що приводить до суттєвого зменшення їхнього об'єму. Пелітоморфний субстракт, що складає основну частину косівської світи та широко представлений в розрізі

сармату на глибинах в кілька кілометрів міг зменшувати свій об'єм приблизно на 40%, а стрімке зростання загальної товщини цих відкладів в межах прибортової частини западини стало причиною нерівномірного просідання перекриваючих верств.

По мірі седиментаційної компенсації від'ємних форм палеорельєфу в зонах зі значною крутизною схилів, до якої належить і північно-східна прибортова частина Крукеницької западини, в розрізі неогенового комплексу утворились каскади гравітаційних безкорневих скидів, амплітуди яких в межах північно-східного схилу Крукеницької западини перевищують сотні метрів. Часто вони ускладнені менш вираженими антитетичними розривними дислокаціями. Сейсмічними дослідженнями і глибоким бурінням подібні диз'юнктивні порушення виявлені по всій протяжності Зовнішньої зони Передкарпатського прогину [17, 76, 24, 31, 73].

На північно-східному схилі Крукеницької западини активність гравігенного сповзання зростає в рази. Більшість скидів набувають регіональний характер (рис. 3.11).

Вони формують східцеподібні каскади повздовжніх гравігенних уступів (рис. 3.12). Прикладом такої системи розривних дислокацій може бути виявлена в структурі облягання крутого схилу на ділянці Грушів – Гаї, де по відбиваючому горизонту в покрівлі продуктивного горизонту НД-16 на фоні регіонального занурення в сторону Крукеницької западини сформувались три вузькі повздовжні блоки.

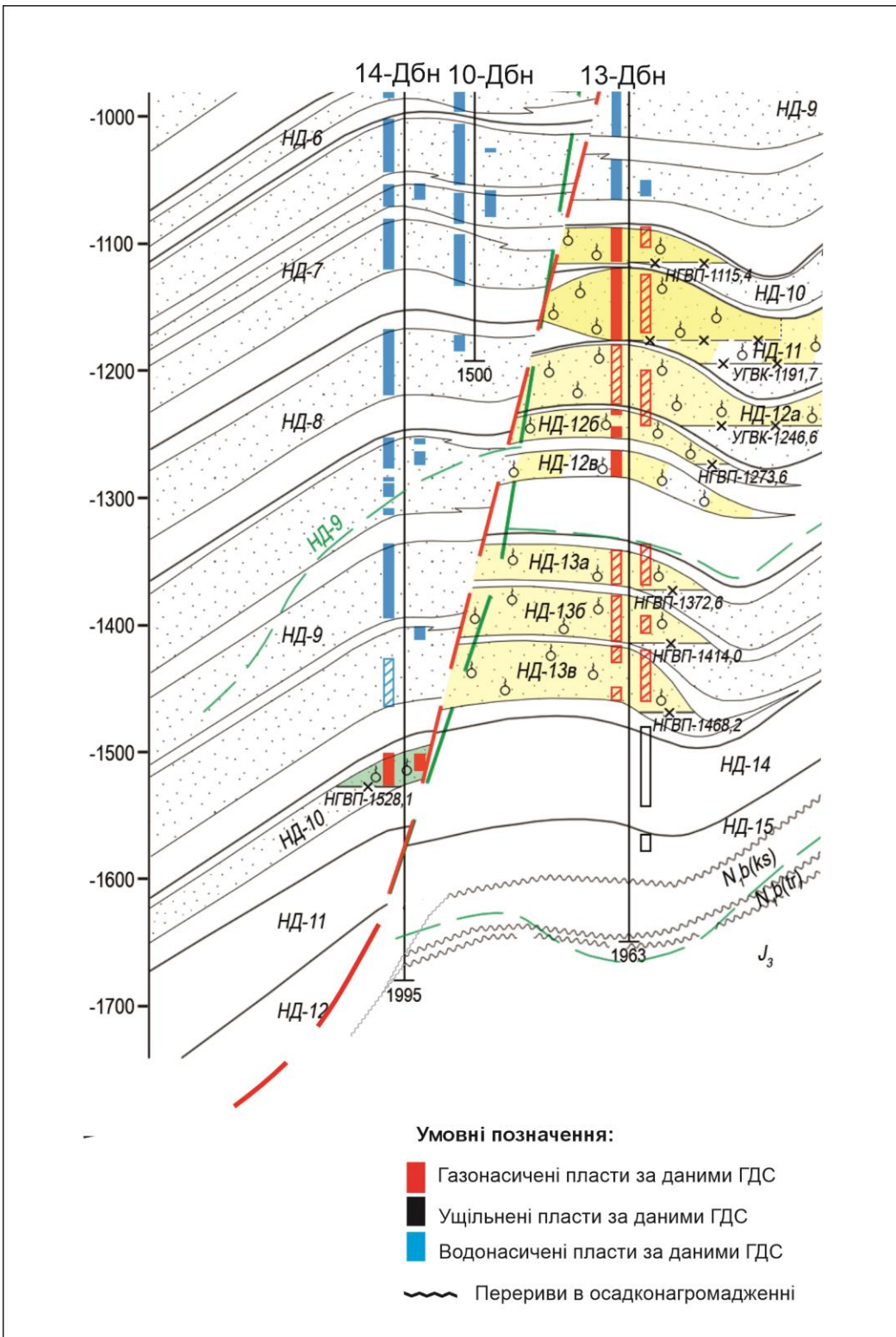


Рисунок 3.11 – Гравігенне сповзання осадової товщі в прибортовій частині Крукеницької западини. Поперечний розріз через Дубаневицьке газове родовище (Л. Шуфлат та ін., 2012 з корегуванням автора)

Перший з них з північного сходу відділений від південно-східних схилів Грушівської, Східно-Довгівської, Летнянської і Гаївської структур 100-110-метровим скидом, що проводиться північно-східніше від виділеної по відбиваючому горизонту ГА смуги відсутності відбитих хвиль, зберігаючи простягання останньої. Він проходить по лінії свердловин 5-,13-, 12-Грушівські, 1-Південноопарська і 4-Східнодовгівська і підтвержений у свердловині 4-Східнодовгівська випадінням 110-метрового розрізу нижче покрівлі горизонту НД-7, а у свердловині 12-Грушівська – такого ж відрізка розрізу внизу горизонту НД-13. Ширина північно-східної повздовжньої тектонічної ступені змінюється від 800 м в центральному перетині ділянки досліджень (район свердловин 1-Південноопарська і 4- Східнодовгівська) до 2,0 км на її флангах.

Середній повздовжній блок відокремлений від вище згаданого дугоподібним скидом, амплітуда якого зростає в північно-західному напрямку від 250 до 450 м. В центральній частині (район свердловини 3- Південноопарська) площина скиду ускладнена локальною випуклістю в сторону регіонального під'йому сарматських верств, а південно-східніше змінюється на протилежну – в сторону Крукеницької западини. Така структура площини скиду зумовлена палеогеоморфологічними особливостями донеогенової ерозійної поверхні північно-східного схилу Крукеницької западини, яка в нижній частині була частково пенепленізована відкладами верхнього бадену.

Південно-східний блок представлений повздовжнім грабенем. Амплітуди поздовжніх скидів, що обмежують його з північного сходу і південного заходу не перевищують 100 м. Ширина грабену зростає в південно-східному напрямку від 1,5 км на північному заході до 2,5 км на межі зрізу поверхні горизонту НД-16 насувом нижніх молас. Його природа кінцево не встановлена. Це може бути грабен просідання, обмежений з північного сходу гравігенним скидо-зсувом, а з південного заходу – антитетичним (компенсаційним) порушенням. Проте, не виключено, що це один із елементів Крукеницької западини, що утворився в

На фоні регіонального східцеподібного опускання поверхні відбиття в сторону Крукеницької западини утворився цілий ряд безкорневих консеквентних скидо-зсувів гравітаційної природи. По відбиваючому горизонту НД-16 тільки в межах Дрогобицької ділянки, що простягається вздовж крутого схилу на ділянці Грушів – Гаї, нараховується 13 поперечних блоків, всі з яких, за виключенням крайнього північно-західного, поширюються на всі три повздовжні тектонічні ступені. В межах центральної ступені вертикальні амплітуди скидо-зсувів від 50 до 100 м, а північно-східної – угасають до перших десятків метрів. Виключенням є поперечне тектонічне порушення, по якому п'ять вузьких поперечних блоків південно-східної частини суттєво припідняті відносно решти ділянки. Його амплітуда в межах центральної ступені досягає 700 м, зменшуючись в північно-східній до 500 м. Ширина поперечних блоків в опущеній північно-західній частині Дрогобицької ділянки – від 2,5 до 3,5 км, в припіднятій південно-східній – від 1,0 до 3,2 км.

Більш складна структура огортання ерозійної поверхні на ділянці Майничі-Сусолів (рис. 3.13), що знаходиться на південно-східному продовженні косеквентного вузького глибокого врізу, зародженого в припіднятій частині донеогенового палеорельєфу між Погірцівським і Подолецьким ерозійними останцями. Тут ускладнений структурними виступами стрімкий схил Крукеницької западини змінює простягання з північно-західного на наближене до субмеридіонального, що у значній мірі позначилось на мозаїці блоків гравітаційного сповзання теригенних утворень верхньомоласового комплексу. За результатами сейсмічних досліджень в поверхні горизонту НД-15 встановлені як повздовжні, паралельні до північно-східного схилу западини, так і поперечні різнонаправлені скиди. Їхня амплітуда в більшості випадків не перевищує 100 метрів. Подібна картина простежується по всьому розрізу сармату, незрізаному насувом Самбірської зони.

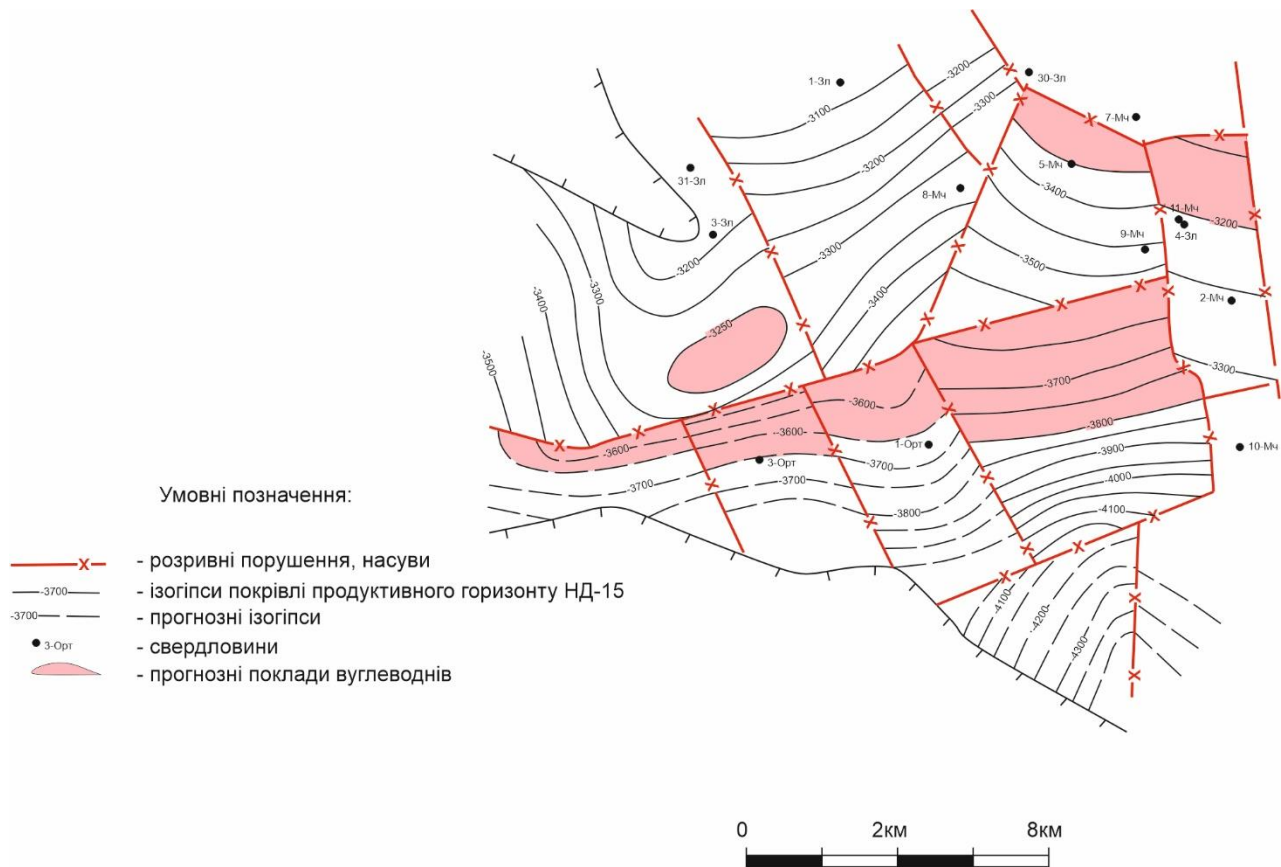


Рисунок 3.13 – Блокова будова у структурі огортання північно-східного схилу Крукеницької западини на ділянці Майничі-Сусолів (Михайловський І.З., 2022 за матеріалами ЗУГРЕ)

Північно-західніше, по простяганню прибортової частини Крукеницької западини, морфоструктура верхньомоласового комплексу вивчалась сейсмічними дослідженнями і глибоким бурінням спорадично, в основному в межах відкритих газових родовищ (Новосілківського, Дубаневицького, Макунівського, Нікловицького). Тут у верхній, відносно пологій, частині Краковецького схилу встановлені повздожні гравігенні безкореневі скидо-зсуви, підтверджені глибоким бурінням. У верхній частині вони більш круті, а в середній характеризуються незначними нахилами, що часто наближені до крутизни донеогенової ерозійної поверні. Каскад таких порушень простягається в північно-західному напрямку на територію Польщі. Безкореневі скидо-зсуви зафіксовані у

відкладах нижньодашавської підсвіти, починаючи з горизонту НД-1. Вниз по розрізу їхня амплітуда зростає, зливаючись в єдину площину гравітаційного сповзання часто по напластуванню нижніх верств баден-сарматського комплексу. Сумарна амплітуда вертикальних зміщень в цій частині Краковецького схилу по поверхні горизонту НД-13 досягає 400-450 м.

Південно-західніше в повздовжній смузі крутого занурення поверхні донеогенового розмиву потужність осадів дашавської і косівської світ стрімко зростає. Збільшуються і геостатичні напруги під дією яких проходить ущільнення неконсолідованих осадів, що приводить до суттєвого нерівномірного просідання осадової товщі з утворенням повздовжніх ступенеподібних майже вертикальних розривних дислокацій, характерних для цієї частини Краковецького схилу. При наближенні до підшови схилу вони поступово виположуються, часто об'днуючись в цілісну вієлоподібну систему розривних порушень.

В межах гіпсометрично припіднятих повздовжніх регіональних палеотерас Більче-Волицької зони скиди мають локальний характер і орієнтовані вздовж ділянок з підвищеною крутизною донеогенової основи. Як правило вони формуються на схилах палеовисочин та палеовиступів і в сарматському розрізі притаманні периферійним частинам структур облягання ерозійних останців та палеотерас. Подібне диз'юнктивне порушення встановлене в межах Вишнянської структури. Його амплітуда зменшується в південно-східному напрямку від 70-80 м в районі свердловин 4-, 16-, 54-, 55-Вишня до повного затухання в районі субширотного прогину, успадкованого від поверхні донеогенового розмиву в районі свердловини 9-Судова Вишня. На крайньому північному сході під гострим кутом від нього відгалужується гравітаційний скид меншої амплітуди, зафіксований у свердловинах 1-, 2-, 3-, 51-, 52-, 60-Вишнянські, який також поступово затухає в південно-східному напрямку. Його максимальна амплітуда у свердловинах досягає 40 м.

Гравітаційне сповзання нижньосарматської осадової товщі амплітудою до 50 м простежується південно-східніше вище згаданої субширотної сідловини. По ньому Орховицька група малоамплітудних акомформних додатніх структур відокремлюються від Добрянського валоподібного підняття і західного схилу Дубаневицького (рис. 3.14).

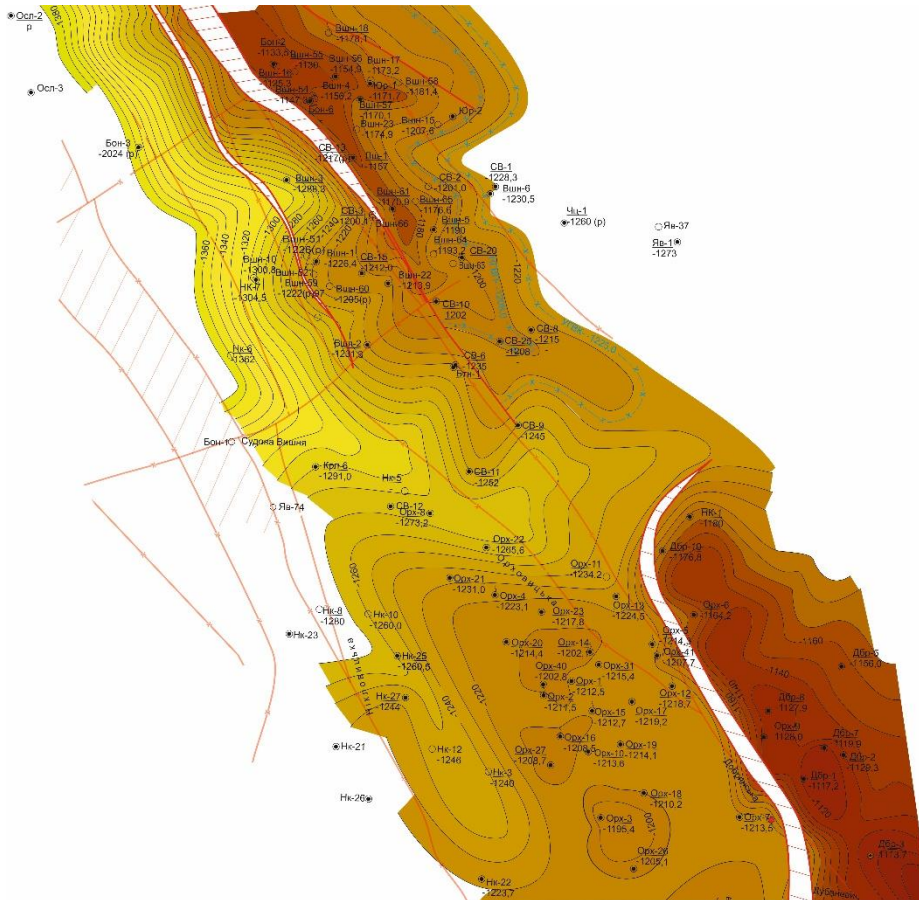


Рисунок 3.14 – Приклад гравігенних скидів в межах суміжньої Косівсько-Угерської підзони. Структурна карта покрівлі продуктивного горизонту НД-10 на ділянці Вишня-Орховичі (Михайловський І.З., 2024)

У верхній частині розрізу скид супроводжується малоамплітудним антитетичним (компенсаційним) порушенням, встановленим у свердловинах 9-Орховичі на глибині 1148 м (горизонт НД-7) і 6-Орховичі на глибині 804 м (горизонт ВД-13).

Вище по розрізу відбувається поступова пенепленізація поверхні, при цьому основні палеогеоморфологічні особливості зберігаються, унаслідуючи структурний план нижчезалягаючих горизонтів. Продовжують своє існування і гравігенні скиди, сформовані у слаболітифікованій товщі нижнього сармату, які вверх по розрізу поступово зменшують свою амплітуду до повного затухання.

Висновки.

1. Основним джерелом постачання теригенного матеріалу в баден-сарматський басейн седиментації Крукеницької западини була тектонічно активна молода Карпатська споруда.

2. Транспортування осадів відбувалось, в основному, донними течіями а перерозподіл і сортування теригенного матеріалу у значній мірі контролювались палеорельєфом дна басейну седиментації та його динамічністю. На протязі всього періоду баден-сарматського осадконагромадження відбувалась поступова компенсація від'ємних форм дна палеобасейну до його часткової пенепленізації.

3. Нерівномірне просідання нелітифікованих осадів під дією сил гравітації привело до формування безкорневих гравігенних скидів. Інтенсивність вертикальних і горизонтальних переміщень осадової неогенової товщі на ранніх стадіях консолідації вздовж всієї північно-східної окраїни Крукеницької западини залежала від багатьох чинників, основні з яких – палеогеоморфологічні (крутизна та просторове орієнтування схилів), інтенсивність та циклічність осадконагромадження, тектонічна активність середовища осадконагромадження.

4. Стратиграфічні неузгодження всередині верхньобаденсько-нижньосарматського теригенного комплексу в межах ділянки досліджень не відмічені. По мірі гіпсометричного занурення прибортової частини Крукеницької западини відбувається поступове компенсаційне нарощення розрізів зі зростанням загальних товщин та появою в нижній частинах нових горизонтів та пачок пластів.

4 ОСОБЛИВОСТІ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

На даний час в межах Зовнішньої зони прогину відомо біля 80 родовищ вуглеводнів, з них три (Рудківське, Угерське, Більче-Волицьке) з запасами більше 30 млрд. м³, 6 (Хідновицьке, Садковицьке, Залужанське, Дашавське, Летнянське) з запасами від 10 до 30 млрд. м³, 1 з запасами до 10 млрд. м³, 8 з запасами від 2 до 5 млрд. м³ і 45 родовищ з запасами менше 2 млрд. м³. [1]

В північно-західній частині Зовнішньої зони прогину в баден-юрських відкладах на Коханівському, Вишнянському, Вижомлянському і Орховицькому родовищах виявлені поклади важкої нафти. В межах решти родовищ до порід-колекторів мезозою, карпатію, бадену і сармату приурочені поклади газу та газоконденсату.

В геологічному розрізі Зовнішньої зони прогину виділяється чотири регіональні нафтогазоносні комплекси, що відрізняються між собою як літологічним складом порід-колекторів, так і умовами формування та структурними особливостями вуглеводневих пасток: верхньоюрський, альб-сеноманський, сенонський, нижньобаденський, верхньобаденський хемогенний і верхньобаденський теригенний – нижньосарматський [34, 87-88].

Перший з них представлений тріщинувато-кавернозно-пористими біогермними породами та продуктами їхнього руйнування. В межах північно-західної частини Косівсько-Угерської підзони, до якої з південного заходу прилягає ділянка досліджень до них приурочені масивні та масивнопластові поклади верхньоюрських ерозійних останців. Вони представлені органічно-уламковими, пелітоморфних вапняками, серед яких зустрічаються оолітові та псевдооолітові різновиди. Отвори і раковини заповнені бітумним матеріалом. У верхній частині розрізу вапняки еродовані, тріщинно-кавернозні. Пористість карбонатних порід-колекторів коливається в межах 0,3-16,8 %, карбонатність – 17,9-90,3 %.

В межах суміжної гіпсометрично припіднятої Косівсько – Угерської підзони вони часто формують спільні резервуари з тонкими пластами і прошарками пісковиків, що залягають в низах богородчанської світи. Роль регіональної покришки відіграють нижньобаденські тонкодисперсні відклади і хомогенні утворення тираської світи верхнього бадену. В межах північно-східного схилу Крукеницької западини, вище згадані флюїдоупори присутні епізодично тільки у його верхній частині на ділянках з незначною крутизоною донеогенової ерозійної поверхні. На решті території регіонального схилу вони піддавались гравігенному сповзанню, тому, роль порід-покришок тут можуть відігравати залягаючі з кутовим неузгодженням глинисто-аргілітові породи верхнього бадену і нижнього сармату.

Окрему роль при утворенні вуглеводневих пасток в розрізі юри могли відігравати насувні процеси, що активізувались на завершальній стадії формування Стрийського юрського прогину. В багатьох наукових працях охарактеризовані кіммерійські складчасті дислокації, в розрізі яких при сприятливому співвідношенні порід-колекторів та флюїдоупорів в локальних елементах насувної тектоніки могли формуватись як структурні так і тектонічно екрановані пастки. Поки нафтогазоносність юрського комплексу в межах схилу Крукеницької западини не встановлена, проте поклади такого типу відкриті як в південно-східній частині Зовнішньої зони Передкарпатського прогину на Лопушнянському нафтогазовому родовищі так і в межах Польщі на родовищі Лонкта [69].

Варто зазначити, що В. Утробін у розрізі кімерід виділив в межах північно-східного схилу Крукеницької западини окрему сильно дислоковану Краковецьку повздовжню зону складчатості, яка характеризується значними кутами падіння порід та сіткою розривних порушень, більшість з яких насувні [10]. Прикладом тектонічних порушень такого типу в межах приботової частини Крукеницької западини можуть бути підкидо-насуви, розкриті в юрському розрізі

свердловинами 1- і 2- Каролино на північно-західній окраїні Нікловицького газового родовища (рис. 4.1).

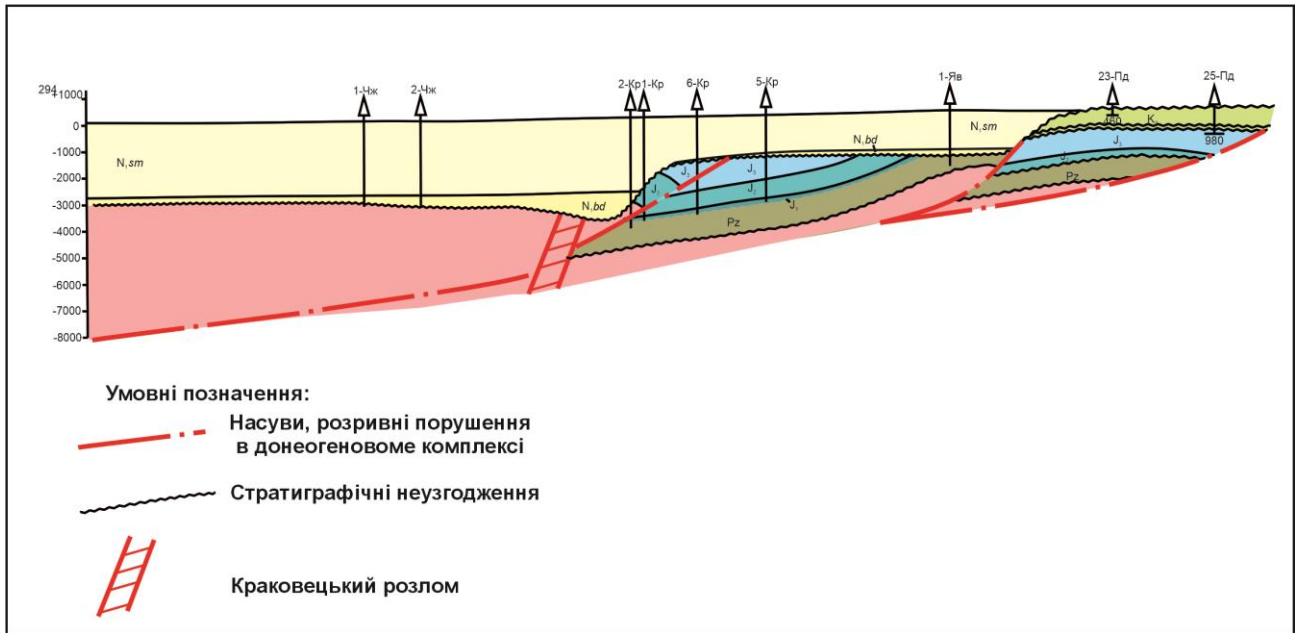


Рисунок 4.1 – Насувна тектоніка в розрізі кімерід. Можливість існування тектонічно екранованих покладів. Регіональний геологічний розріз по лінії Михайлівчичі – Підлуби (Михайловський І.З., 2022)

Другий продуктивний комплекс в межах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину пов'язаний з відкладами нижньої крейди та сеноману, які гідродинамічно пов'язані між собою. В розрізі нижньої крейди породами-колекторами є пісковики і алевроліти апт-альбського віку. Вони представляють собою сукупність гранулометрично близьких порід, які плавно переходять одна в одну через дрібнозернистий пісковик до грубозернистого алевроліту. На 80-85% вони складені зернами кварциту, які кутовато обкатані, часто кородовані. В незначній кількості зустрічаються зерна польових шпатів, луски мусковіту, а також уламки мікрокварцитів, кварцево-слюдистих сланців, вапняків, аргілітів. Цемент в породах складає від 5 до 40%. В його складі переважає хлорит-каолініт-гідрослюдистий компонент. Рідше в складі цементу присутня карбонатна та кремнистоопалова складова; іноді трапляються різновиди з чисто кальцитовим

цементом базального типу. Піскуватість нижньокрейдових відкладів в межах Лопушнянського родовища, де вони продуктивні, – від 50 до 60%.

Сеноманський ярус в нижній частині представлений тонким прошарком конгломератів і гравелітів товщиною 0,8-4,0 м. Конгломерати складені з уламків кварциту, кальциту, вапняку, темно-зелених філітів. Цемент піщано-глинистий, іноді вапнистий.

Гравеліти середньодрібноуламкові, піщані, поліміктові, глауконітові, складені з обкатаних та напівобкатаних зерен кварцу, філітів та інших мінералів. Розміри зерен до 5 мм. Цемент піщано-глинистий, іноді залізистий або вторинно-доломітовий.

Вони перекриті пачкою пісковиків середньодрібнозернистих, кварцових з домішком глауконіту. Пісковики масивні або з гніздоподібною текстурою, іноді тріщинуваті. Кількість розсіяної глинистої речовини за незначним винятком не перевищує 10%. Відкрита пористість пісковиків від 3 до 30%. Граничне значення пористості, прийняте на Лопушнянському родовищі, складає 7%. Проникність змінюється від 10 до $900 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Значну роль в колекторських властивостях порід сеноманського ярусу відводиться тріщинуватості. Породами-покришками для альб-сеноманської частини розрізу служать іноцерамові щільні вапняки сеноману та заглинизовані вапняки турону. [50].

Сенонський комплекс продуктивний на багатьох родовищах центральної частини Зовнішньої зони прогину (Більче-Волицьке, Мединицьке, Угерське, Південно-Угерське, Південно-Грабинське, Летнянське, Грудівське, Верещицьке та ін.). Даний комплекс характеризується значними товщинами порід-колекторів, що перешаровуються з підпорядкованою частиною непронкних верств глин та мергелів, які виконують роль локальних покришок. Поклади вуглеводнів тут як правило, масивного та масивно-пластового типів. В межах північно-східного схилу Крукеницької западини відклади крейди повністю розмиті, тому два вище наведені продуктивні комплекси на ділянці досліджень практичного інтересу не

представляють.

В нижній частині богородчанської світи нижнього бадену відклади представлені пісковиками і алевролітами з рідкими прошарками аргілітів, мергелів і туфітів. Пісковики сірі і сіро-зелені, дрібно- та середньозернисті, кварцево-глауконітові, з карбонатним і карбонатно-глинистим цементом. Структура порід алевро-псамітова. Роль порід-колекторів відіграють кварцові пісковики, які за вмістом і структурою уламкових зерен, складом і ступеню наповнення міжзернового простору цементуючою речовиною і фільтраційно-ємкісними властивостями діляться на два різновиди:

- перші – глинисті, безкарбонатні, зеленувато-сірого кольору, слабозцементовані, різнозернисті, кварцові з базальним глинистим цементом з великим залишком фауни. Кластична маса, яка складає 60-80% загального об'єму, являє собою неупорядковану суміш всіх псамітових і алевритових фракцій з окремими гравійними зернами (1 мм). Опуклість зерен не витримана. Гострокутні форми одинокі, голкуваті в явній меншості. Простежується закономірність – чим крупніші зерна, тим краща опуклість. Пакування кластики вільна. Зерна тільки зрідка доторкаються, а в основному відокремлені. Міжзернові пори великі і достатньо об'ємні. По об'єму вони складають не менше 40%. Зрідка в міжзернових просторах розвиваються землясті агрегати піриту, які витісняють повністю первинний цемент. У всіх взірцях присутня суміш зерен глауконіту, зазвичай в кількості від частки проценту до 2%. Глиниста речовина створює цемент порового типу. Пісковики пористі (28-14%) з невеликим вмістом карбонату (2,9-5,6%):

- другий різновид – пісковики карбонатні, світло-сірі і сірі, різнозернисті, кварцові, щільні з базальним або порово-базальним криптозернистим цементом. Сортування порід відносно слабе. Уламкова маса до 70% представлена голкуватими, рідко напівопуклими зернами кварцу, розмір яких коливається в межах 0,1-0,25 мм. Добре видно корозію поверхні

кластики. До 20% кластики в породі складають різновидні скелетні уламки, серед яких переважають невизначені прямолінійні або дуговидні уламки.

Часто пісковиками нижнього бадену з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекриваються відклади продуктивних комплексів мезозою, утворюючи з ним єдині гідродинамічні системи. На окремих родовищах високопористі підгіпсові теригенні породи нижнього бадену виступають у вигляді окремого продуктивного горизонту, утворюючи самостійні природні резервуари. Яскравим прикладом цього може бути відкрите в межах суміжньої Косівсько-Угерської підзони Глинківське газове р-ще. Ці відклади в межах центральної і північно-західної частини Зовнішньої зони прогину виділені в окремий (четвертий) продуктивний комплекс, де загальні і ефективні товщини, колекторські властивості, а також структурні особливості покладів знаходяться у прямій залежності від палеогеоморфологічної картини еродованої донеогенової поверхні. Пастки для вуглеводнів – комбіновані (пластові склепінні тектонічно екрановані, літологічно обмежені, рис. 4.2)

Роль порід-покришок для покладів нижньобаденського продуктивного комплексу виконують витримані по площі баранівські глинисто-туфітові верстви нижнього бадену, відклади тираської світи (гіпсоангідритовий горизонт) і глинисті вербовецькі верстви верхнього бадену загальною товщиною від 15 до 35 метрів. Ці відклади є добрим флюїдоупором, який гідродинамічно відділяє підгіпсову частину розрізу від верхньобаденсько - нижньосарматської.

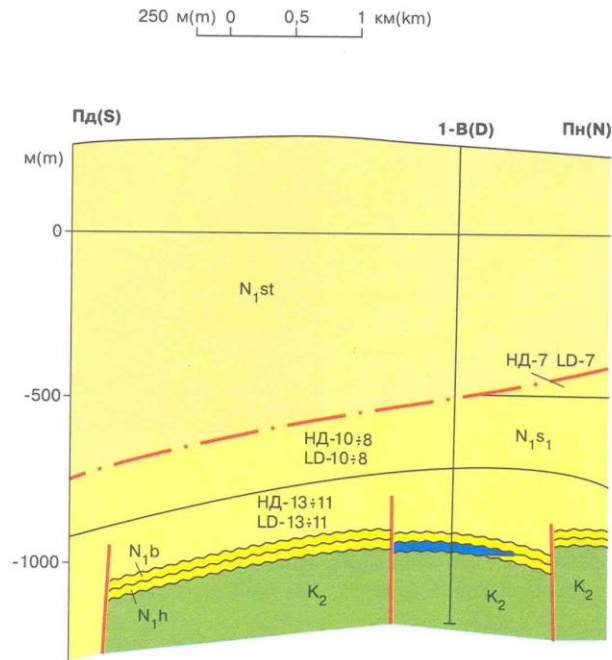


Рисунок 4.2 – Приклад автономного покладу газу в підгіпсовій частині неогену
(Глинківське газове родовище, Б.Музика, 1992) [1]

В окремих випадках до порід-колекторів можуть відноситись кавернозно-порові різновиди всередині тираської світи. В межах суміжньої Косівсько-Угерської підзони з ними пов'язані невеликі поклади газу на Турабівському, Малогорожанському, Рубанівському і Гаївському родовищах, що підтверджує наявність кондиційних газонасичених порід-колекторів безпосередньо в гіпсоангідритовому горизонті, який вважається надійною покривкою для нижчезалягаючих горизонтів нижнього бадену, та мезозою. Форма та розміри покладів пов'язані з ареолами активного вилуговування. Пористість кавернозних колекторів досягає 20% і більше. За типом поклади газу – літологічно обмежені.

В межах крутого північно-східного схилу Крукеницької западини відклади богородчанської і тираської світи піддавались активному гравігенному сповзанню на початковій стадії консолідації. Тому, складнобудовані тектонічно екрановані і літологічно та стратиграфічно обмежені пастки для вуглеводнів могли формуватись тільки в межах вузької смуги в підніжжі схилу. Приклади відкриття

подібних покладів поки не відомі.

Основним продуктивним комплексом в межах досліджуваної ділянки є верхньобаденсько-нижньосарматська теригенна товща.

Верхньобаденська частина розрізу (косівська світа) складена сірими і темно-сірими вапняковистими глинами і аргілітами з пропластками сірих і темносірих кварцевих, різнозернистих, вапнистих пісковиків і алевролітів, інколи мергелів, туфів і туфітів. Вміст пісковиків в розрізі світи перебуває у прямій залежності від її загальної товщини. Газові поклади, приурочені до цієї частини розрізу відкриті в південно-східній частині Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, де загальна товщина зростає в напрямку до Карпат і досягає 2,0-2,5 км. На сьогоднішній день тут відкрито 16 газових родовищ, серед яких найбільші Богородчанське і Кадобнянське із запасами 2319 і 1013 млн. м³. Запаси інших родовищ не перевищують 400 млн. м³. За типами поклади газу пластові склепінні, літологічно обмежені, рідше, тектонічно екрановані [89].

В межах північно-східного схилу Крукеницької западини загальні товщини косівської світи змінюються від повної відсутності, на проміжку зі значною крутизною, до 600- 700 м в його підніжжі. В низах Краковецького схилу відклади косівської світи з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекривають різновікові породи донеогенової основи. Головним механізмом транспортування теригенного матеріалу були донні течії, що активізувались в найбільш заглиблених частинах палеорельєфу. Зміна активності тектонічних рухів в молодій Карпатській споруді, а заодно і вертикальні коливання базису ерозії, стали причиною нестабільності поступлення осадів у верхньобаденський басейн седиментації, що в сукупності з частими гравітаційними сповзаннями неконсолідованих осадів виразилась в літологічній неоднорідності в підніжжі крутого регіонального схилу. Тому, в цій частині розрізу практично відсутні регіональні та локальні літологічні репери, що значно затруднює моделювання газопошукових об'єктів [17].

Найбільш детально ця частина розрізу вивчена глибоким бурінням в південно-східній частині ділянки досліджень на Дрогобицькій площі. Тут відклади косівської світи в межах північно-східного схилу Крукеницької западини в повному обсязі розкриті свердловинами 1-, 2-Південні Опари і 1-Ролів. Тільки в першій з них серед ущільнених порід в інтервалі 2455,8-2468,8 м розкрито газоносний пласт з газонасиченою товщиною 10,2 м, відкритою пористістю – 15,4 % і газонасиченістю – 59 % (див. рис. 3.10). Інші інтервали у вище згаданих свердловинах, виділені за даними промислово-геофізичних досліджень як водонасичені, з пористістю нижчою або наближеною до граничної. Випробовування та дослідження на продуктивність виділеного інтервалу у свердловині 1-Південні Опари не проводились.

Основна продуктивна частина баден-сарматського комплексу порід в межах Крукеницької западини та її північно-східного схилу – нижньосарматська теригенна товща. По сарматському розрізу схил западини це складнопобудована система регіональних гравітаційних скидів, що утворилась на вертикальному продовженні крутого уступу між глибокозануреною Крукеницькою западиною і припіднятою Косівсько-Угерською підзоною. Поклади газу приурочені до продуктивних горизонтів від НД-3 до НД-17. Безпосередньо в межах лілянки досліджень на сьогоднішній день відкрито Нікловицьке, Макунівське, Дубаневицьке, Чайковицьке, Сусолівське, Дрогобицьке газові та газоконденсатні родовища.

Більшість дослідників при вивченні генезису пасток вуглеводнів сарматського комплексу основну увагу приділяють тектонічним процесам. Передкарпатський прогин представляється як компенсаційна западина, що виникла над крайовим швом на межі Карпатської складчастої споруди і Східноєвропейської платформи (Л.Т. Бойчевська, Б.М. Улізло, В.М. Щерба, Б.І. Ярош, О.Д.Чебан, О.Й. Павлюх та ін.). Протягом неогенового часу, в його межах накопичувалась потужна товща молас. На південному заході моласи відкладалися

на геосинклінальній флішевій крейдово-палеогеновій, а на північному сході – на платформовій верхньопротерозойсько-палеозойсько-мезозойській основах. При цьому, тектонічні деформації були характерні як для Внутрішньої так і Зовнішньої зон прогину, що в межах останньої було основним чинником блокової будови продуктивного нижньосарматського комплексу [57, 65-67, 71, 73, 90-99].


Протилежна точка зору на умови формування Зовнішньої зони прогину базується на її відносній тектонічній стабільності протягом нагромадження верхніх молас і основна роль при формуванні тектонічних елементів неогенової частини розрізу відводиться силам гравітації. Більшість покладів з північного сходу тектонічно екрануються площинами гравігенних скидів, проте відомі випадки тектонічного екранування безкореневими косеквентними скидо-зсувами. Особливо процеси гравігенного сповзання на початкових стадіях консолідації проявились в межах північно-східного схилу Крукеницької западини якому властиві значні амплітуда та крутизна. Окремим фактором формування пасток для вуглеводнів виступає стратиграфічне прилягання порід-колекторів нижнього сармату до еродованої поверхні мезо-палеозою, на проміжках регіонального схилу, де донеогенова основа представлена ущільненими породами що пов'язане з палеогеоморфологічними особливостями донеогенового ложа.

Значну роль при утворенні вуглеводневих пасток зіграла літологічна неоднорідність нижньосарматського теригенного комплексу. Породи-колектори в цій частині Зовнішньої зони прогину не витримані по площі і розрізу. Тонкоритмічне перешарування теригенного матеріалу стало чинником поділу регіонально поширених продуктивних горизонтів на окремі пачки та пласти, гідродинамічно ізольовані між собою верствами флюїдоупорів. В переважній більшості випадків з ними пов'язані літологічно обмежені чи комбіновані поклади вуглеводнів (табл. 4.1). Поклади газу невеликі за розмірами та величиною

запасів. В нижній частині розрізу (горизонти НД-15 – НД-16) для них характерні аномально високі пластові тиски.

Таблиця 4.1 – Поклади газу в продуктивних горизонтах нижнього сармату на родовищах вуглеводнів північно-східної окраїни Крукеницької западини

Родовища	Продуктивні горизонти																		
	ВД-14	НД-1	НД-2	НД-3	НД-4	НД-5	НД-6	НД-7	НД-8	НД-9	НД-10	НД-11	НД-12	НД-13	НД-14	НД-15	НД-16	НД-17	
Нікловицьке		■		■	■	■													
Макунівське	■							■	■	■	■					■			
Дубаневицьке				■	■	■					■								
Майницьке													■	■		■			
Сусолівське																■			
Дрогобицьке																■			

 газові поклади

На північному заході смуга покладів, приурочених схилу Крукеницької западини почанається на Нікловицькому родовищі, де газоносність газоносність нижньосарматської частини розрізу пов'язана з продуктивними горизонтами НД-1 – НД-5. Газоносність продуктивного горизонту НД-1 встановлена свердловиною 8-Нікловичі. При випробуванні інтервалів 1033-1028 м, 1028-1026 м, 1023-1018 м (горизонт НД-1) через діафрагму 3,05 мм одержано приплив газу дебітом 5,55 тис. м³/добу. Поклад масивнопластовий водоплаваючий, тектонічно приурочений до склепінної частини локальної антиклінальної структури, що утворилась в опущеному блоці під дією сил гравітації.

Поклад продуктивного горизонту НД-3 розкритий свердловинами 8-, 21-, 23-, 28-, 30- Нікловичі. Він випробований з позитивними результатами у свердловині 8-Нікловичі. Дебіт газу при попластовому випробуванні інтервалу 1118-1245 м

досягав 44,49 тис. м³/добу через діафрагму 8,20 мм. Поклад приурочений до апікальної частини двохсклепінної напівантикліналі і за типом пластовий склепінний тектонічно екранований з північного сходу повздовжнім гравігенним скидом, а з південного сходу – майже вертикальною площиною поперечного скидо-зсуву, що утворився внаслідок нерівномірного сповзання теригенної товщі сармату під дією сил гравітації.

Подібну природу, форму та розміри має поклад продуктивного горизонту НД-4. Він також відкритий при випробуванні свердловини 8-Нікловичі, де з інтервалів 1297-1333 м, через діафрагму 7,05 мм одержано приплив газу дебітом 42,75 тис. м³/добу.

Знизу розкрита продуктивна частина південно-східної окраїни Крукеницької западини завершується продуктивним горизонтом НД-5. Його поклад подібний до вище описаних – пластовий склепінний, тектонічно екранований повздовжнім гравігенним скидом і поперечним скидо-зсувом. Промислові припливи газу отримані при випробуванні горизонту у свердловинах 8-, 21-, 30-Нікловичі. Максимальний дебіт (15,77 тис. м³/добу через діафрагму 3,01мм) отримано при випробуванні інтервалу 11350-1415 м у свердловині 8-Нікловичі. У двох інших свердловинах дебїти газу значно нижчі і не перевищують 4,53 тис. м³/добу.

Пластові тиски для всіх покладів наближені до гідростатичних. Вони коливаються від 9,30 до 12,86 МПа.

В межах припіднятого мегаблоку (Косівсько-Угерської підзони) в нижньосарматському розрізі поклади газу пов'язані з продуктивними горизонтами НД-7, НД-8 і НД-9. Не виключено, що в межах обох блоків окремі пласти та пачки всередині горизонтів контактують між собою утворюючи спільні газогідродинамічні системи. Підтвердженням цього може бути близькість величин пластових тисків, які у свердловинах припіднятого мегаблоку коливаються від 10,25 до 13,05 МПа. При цьому слід звернути увагу на те що більшість свердловин

розкрили розрізи горизонтів у присклепінній частині структури нагнітання (Рис. 4.3).

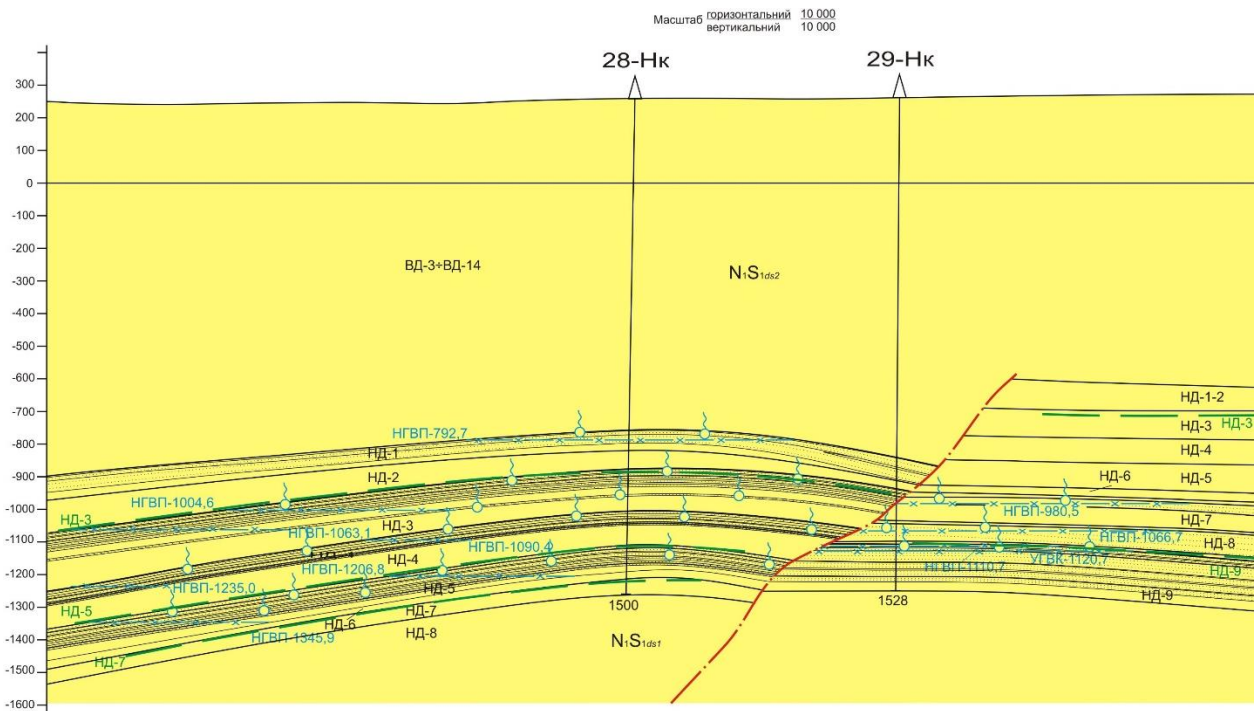


Рисунок 4.3 – Приклад гідродинамічного зв'язку між продуктивними горизонтами Крукеницької западини і Косівсько-Угерської підзони. Поперечний геологічний розріз через сарматський комплекс Нікловицького родовища (Михайловський І.З., 2021)

Не виключено, що на периферійних частинах структури буде простежуватись диференціація пачок, пластів та окремих прошарків порід-колекторів за характером насичення. На даний час родовище перебуває в промисловому освоєнні. Завершуючи коротку характеристику Нікловицького родовища слід зазначити, що в його межах на предмет газоносності глибоким бурінням вивчалась тільки верхня частина нижньосарматського розрізу. Проміжок геологічного розрізу, на якому баден-сарматський теригенний комплекс зі стратиграфічним і кутовим неузгодженням прилягає до мезо-палеозойської основи крутого схилу Крукеницької западини, глибоким бурінням та деталізаційними сейсмічними дослідженнями на даний час не вивчався.

Наступне з північного заходу родовище, відкрите в межах стикування глибоко опущеної Крукеницької западини і гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони – Макунівське. В його розрізі газонасичені породи-колектори продуктивних горизонтів ВД-14, НД-7 – НД-10 і НД-15.

Поклад горизонту ВД-14 відкритий свердловиною 12-Макунів. За даними промислово-геофізичних досліджень газоносність горизонту встановлена в інтервалі 866-885 м. При випробуванні інтервалів 884-880 м, 872-868 м на діафрагмі 5,04 мм одержано приплив газу дебітом 23,8 тис. м³/добу. Пластовий тиск, заміряний на глибині 876,0 м (абсолютна відмітка -597,2) склав 88,7 МПа.

За типом поклад водоплаваючий приурочений до склепіння локальної малоамплітудної структури нагнітання, в опущеному по гравігенному скиду повздовжньому блоці.

Поклад продуктивного горизонту НД-7 випробуваний з промисловим припливом газу у свердловині 11-Макунів (інтервал перфорації 1559-1564 м). Дебіт газу на 4,01 мм діафрагмі склав 6,99 тис. м³/добу, пластовий тиск – 12,95 МПа. В інших свердловинах газоносність встановлена згідно результатів промислово-геофізичних заключень. Поклад пластовий склепінний, тектонічно екранований з північного сходу гравігенним скидом а з північного заходу і південного сходу – поперечним скидо-зсувом. У структурному відношенні він представлений у вигляді двох повздовжніх напівсклепінь, розділених між собою малоамплітудною сідловиною.

Поклади продуктивних горизонтів НД-8 – НД-10 значно менші за розмірами. З північного сходу вони надалі екрануються регіональним гравігенним скидом, а з південного сходу – малоамплітудним скидо-зсувом. Поклади неповнопластові водоплаваючі тектонічно екрановані, приурочені до південно-західних моноклінальних завершень напівантикліналей, що простежуються у вище залягаючому розрізі сармату. Самостійно випробуваний тільки горизонт НД-10 у свердловині 15-Макунів (рис. 4.4), де з інтервалу 2078-2107 м через 3,01-мм

діафрагму максимальний дебіт газу склав 5,1 тис. м³/добу, розрахунковий пластовий тиск – 19,14 МПа.

В межах Макунівського родовища для нижньої частини баден-сарматського розрізу вперше встановлено новий тип газових покладів. Це поклади комбінованого типу, з північного сходу стратиграфічно екрановані площиною донеогенового розмиву, а з південного заходу тектонічно екрануються вище згаданим гравігенним скидом. В центральній перетині покладу в районі свердловин 4-, 11-Макунів простежується літологічне заміщення порід-колекторів (рис. 4.5). Поклад розкритий свердловинами 10-, 12-, 13-, 14-, 15-Макунів. Максимальний дебіт газу отримано при випробуванні інтервалу 2115-2178 м у свердловині 2-Макунів. Через діафрагму 12,45 мм він дорівнював 79,3 тис. м³/добу з незначною кількістю технічної води. Пластовий тиск, приведений до середини інтервалу склав 23,94 МПа.

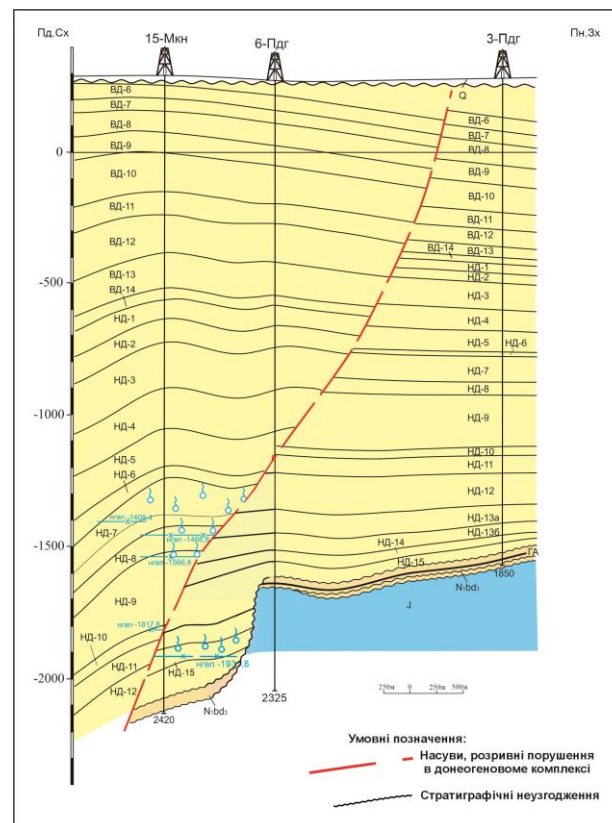


Рисунок 4.4 – Макунівське газове родовище. Стратиграфічно та тектонічно екрановані поклади газу в розрізі нижнього сармату (Михайловський І.З., 2021)

Південно-східніше Макунівське родовище межує з Дубаневицьким, де поклади газу в опущеній по гравітаційному скиду окраїні Крукеницької западини пов'язані у верхній частині сарматського розрізу з породами-колекторами продуктивних горизонтів НД-3 – НД-5, а в нижній – газonosні пісковики горизонту НД-10. Перші з них пластові склепінні, приурочені до брахіантиклінальної складки нагнітання, що утворилась внаслідок гравігенного сповзання верхньомоласового комплексу. Максимальний дебіт газу отримано у свердловині 12-Дубаневичі при випробовуванні інтервалу 908-928 (продуктивний пласт НД-3в). Через діафрагму 12,02 мм він склав 87,29 тис. м³/добу. Пластові тиски, приведені до середини інтервалів випробовування продуктивних горизонтів НД-3 – НД-5 коливаються від 8,02 МПа (пласт НД-3а у свердловині 12-Дубаневичі) до 11,17 МПа (пласт НД-4б у свердловині 10-Дубаневичі).

Поклад газу продуктивного горизонту НД-10 приурочений до склепінної частини напівантикліналі. Він пластовий склепінний тектонічно екранований площиною регіонального гравітаційного скиду. При випробовуванні свердловини 14-Дубаневичі з інтервалу 1817-1830 м через діафрагму 5,01 мм одержано приплив газу дебітом 35,063 тис. м³/добу. Пластовий тиск, приведений до середини інтервалу склав 18,48 МПа.

Розріз нижче горизонту НД-10 в межах схилу Крукеницької западини глибоким бурінням не вивчався.

В припіднятому по Краковецькому порушенню блоці родовища, що належить до Косівсько-Угерської підзони, відкриті поклади газу в продуктивних горизонтах НД-10 – НД-13. З південного заходу вони тектонічно екрановані, і через порушення примикають до водонасичених порід-колекторів горизонтів НД-7 – НД-9, що в даному випадку підтверджує екрануючі властивості гравігенного скиду.

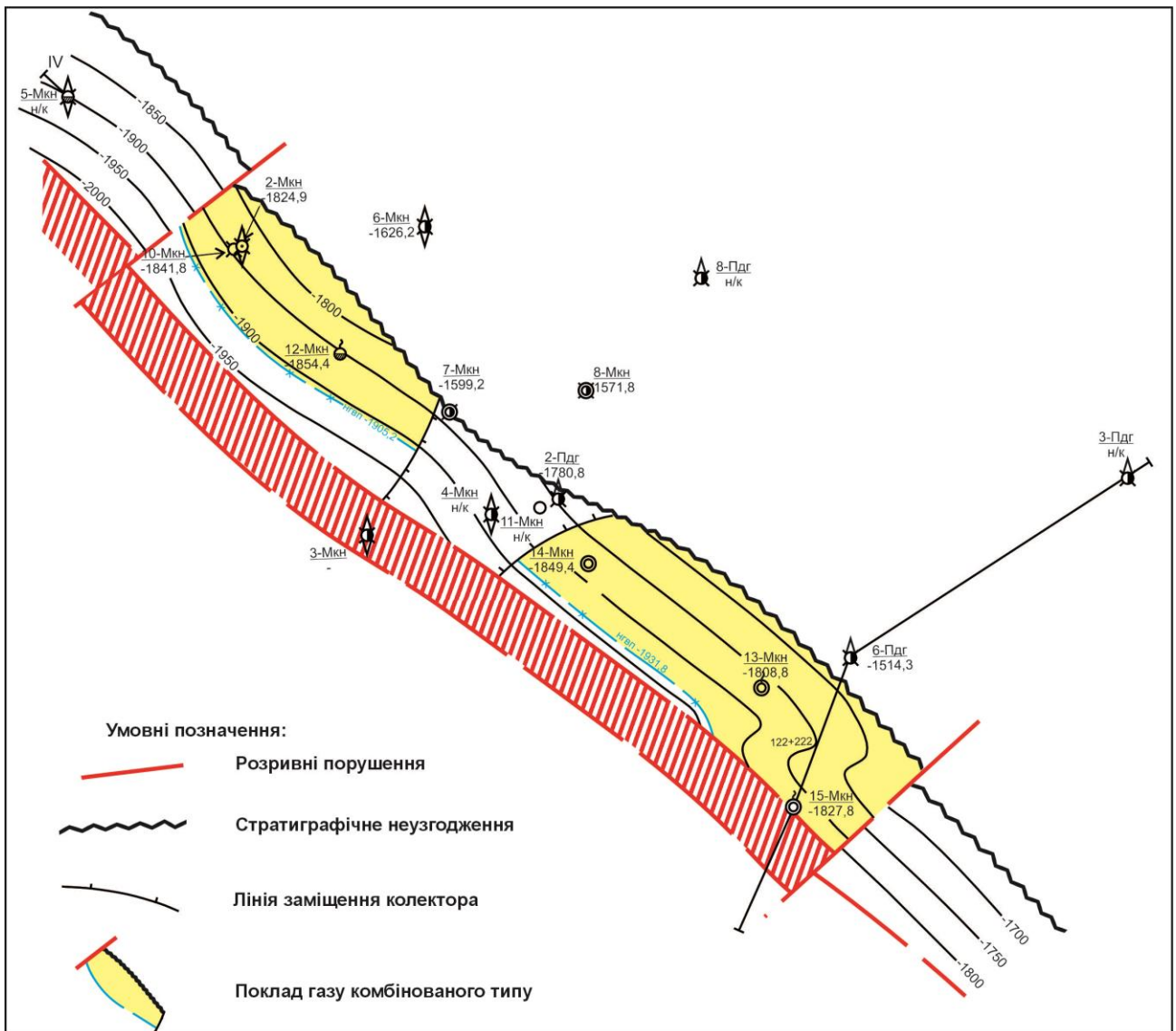


Рисунок 4.5 – Приклад покладу комбінованого типу. Структурна карта покрівлі продуктивного горизонту НД-15 Макунівського газового родовища (Михайловський І.З., 2021)

Південно-східніше в цьому ж гіпсометрично припіднятому регіональному блоці відкрите Новосілівське газове родовище, де до структур облягання невеликих за розмірами ерозійних останців приурочені поклади газу продуктивних горизонтів НД-14 – НД-16 і НД-9. В блоці, опущеному по гравігенному скиду розкриті породи нижнього сармату до продуктивного горизонту НД-14 (свердловина 9-Новосілки). Інші свердловини (10-, 12-, 13-

Новосілки) пробурені у прискидовій зоні, на північно-східному крилі структури нагнітання, де розкрили сарматський розріз до продуктивного горизонту НД-10. За результатами промислово-геофізичних досліджень всі вони, за виключенням свердловини 9 розкрили горизонти нижнього сармату в законтурній зоні. Остання пробурена в межах вірогідного газового покладу, приуроченого до покрівлі горизонту НД-9. На продуктивність свердловина не випробовувалась.

На сьогоднішній день за результатами сейсмічних досліджень структурні побудови виконані тільки по відбиваючому горизонту НД-9, де вздовж площини гравігенного скиду простежується вузька антиклінальна складка нагнітання. Подібні структурні форми можуть бути приурочені всієї нижньої частини баден-сарматського теригенного розрізу. З ними можуть бути пов'язані типові пластові-склепінні і тектонічно екрановані поклади вуглеводнів.

Більш складна структура огортання ерозійної поверхні на ділянці Майничі-Сусолів, що знаходиться на південно-східному продовженні вузького косеквентного глибокого врізу, зародженого в припіднятій частині донеогенового палеорельєфу. Тут ускладнений структурними виступами стрімкий схил Крукеницької западини змінює простягання з північно-західного на наближене до субмеридіонального, що у значній мірі позначилось на мозаїці блоків гравітаційного сповзання теригенних утворень верхньомоласового комплексу. За результатами сейсмічних досліджень в поверхні горизонту НД-15 встановлені як повздовжні, паралельні до північно-східного схилу западини, так і поперечні та різнонаправлені скиди. Їхня амплітуда в більшості випадків не перевищує 100 метрів.

В нижній частині сарматського розрізу на схилі западини свердловиною 2-Сусолів відкрито невеликі за розмірами газові поклади, приурочені до піщаних пачок продуктивного горизонту НД-15 (рис. 4.6). З інтервалу 2425-2475 м через 4,064-мм діафрагму одержано приплив газу дебітом 44,4 тис. м³/добу. При випробовуванні інтервалу 2495-2530 м одержано приплив газу дебітом 44,4 тис.

м³/добу через 5,432-мм діафрагму. Пластові тиски, приведені до середин інтервалів склали 38,25 МПа і 31,2 МПа. Поклади пластові склепінні тектонічно екрановані скидо-зсувом.

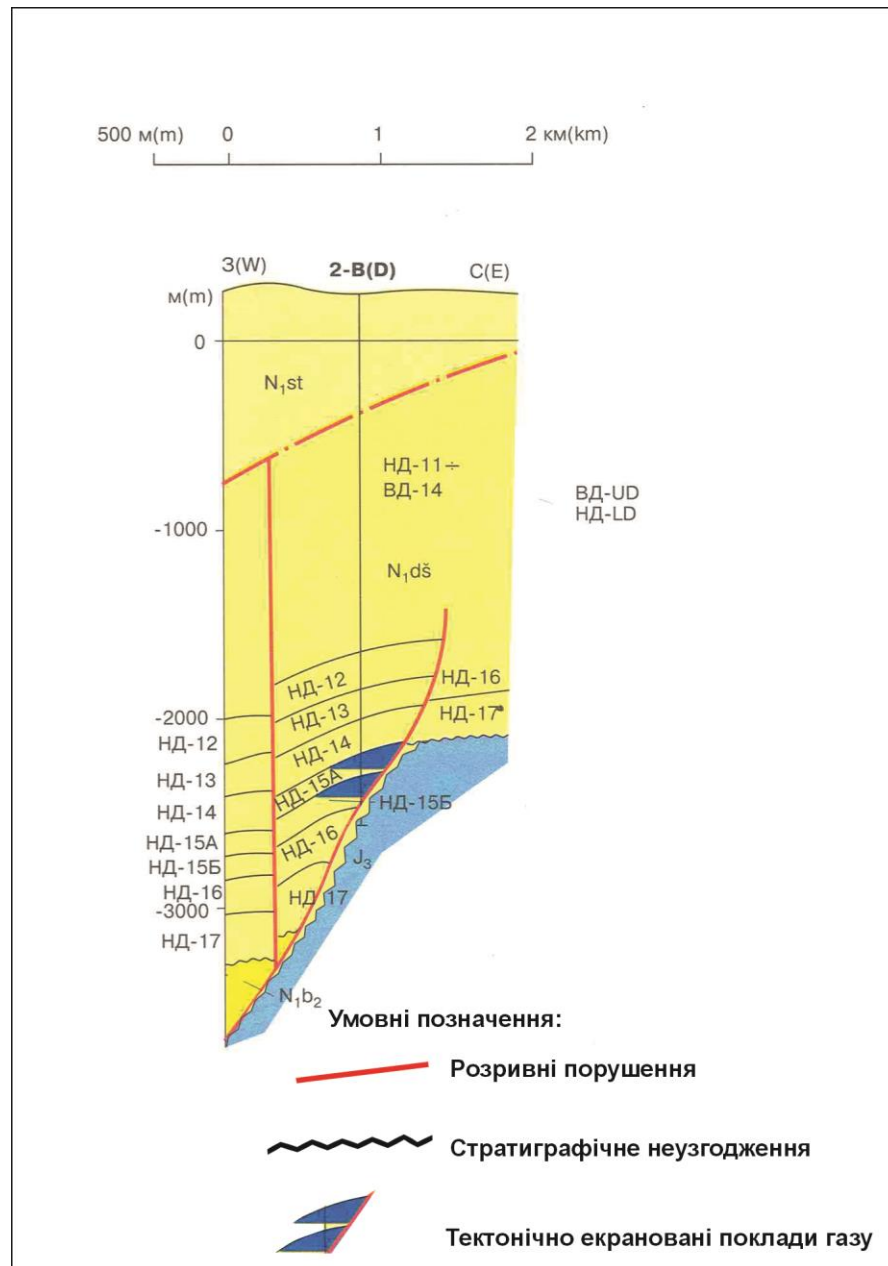


Рисунок 4.6 – Сусолівське родовище. Приклад тектонічно екранованого покладу в нижній частині сарматського розрізу [6]

В підшві Краковецького схилу на Майницькій ділянці у свердловині 2-Майничі при випробовуванні продуктивних горизонтів HD-15 дебіт газу склав 7,5

тис. м³/ добу на 3,007-мм діафрагмі. З інтервалів 3475-3500 (продуктивний горизонт НД-14) і 3268-3344 м (продуктивний горизонт НД-13) отримано незначні припливи газу при тисках на вибої 60 і 15 МПа. З інтервалів 3344-3335 м і сумісно 3160-3215 та 3120-3150 м (НД-13) отримано припливи газу дебітами 4,7 і 10,9 тис. м³/ добу. Пластовий тиск на глибині 3168 м склав 41,8 МПа.

При випробовуванні свердловини 7-Майничі з продуктивних горизонтів з інтервалу 2925-3180 м (НД-13) дебіт газу склав 3,5 тис. м³/ добу на 2,090-мм діафрагмі. Пластовий тиск на глибині 3052 м склав 32,3 МПа.

У свердловині 8-Майничі при випробовуванні продуктивного горизонту НД-16 (інтервали 3770-3775, 3850-3857 м) було отримано припливи газу дебітом 5,71 тис. м³/ добу. Пластовий тиск на глибині 3813 м склав 63,7 МПа. З інтервалу 3630-3715 м (продуктивний горизонт НД-15) отримано приплив газу дебітом 5,0 тис. м³/ добу при тиску на буфері 29,9 МПа. З продуктивного горизонту НД-13 (інтервал 3324-3360 м) отримано приплив газу дебітом 8,7 тис. м³/ добу. Вибійний тиск склав 2,65 МПа. При випробовуванні продуктивного горизонту НД-13 в інтервалі 3125-3360 м було отримано припливи газу дебітом 17,3 тис. м³/ добу а в інтервалі 3125-3310 м – 8,0 тис. м³/ добу. Пластовий тиск на глибині 3242 м склав 49,6 МПа.

Поклади пластові тектонічно екрановані як повздовжніми так і поперечними скидами та скидо-зсувами.

З південного сходу ділянка досліджень завершується Дрогобицьким газовим родовищем, яке з північного сходу межує з Грушівським, Східно-Довгівським, Опарським, Летнянським, і Гаївським газоконденсатними родовищами, приуроченими до гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської тектонічної підзони. Південно-західніше в межах Крукеницької западини розташоване Залужанське газоконденсатне родовище. Газопошукові роботи в межах досліджуваної ділянки розпочаті в 70-х роках минулого століття. Тут пробурено шість пошукових свердловин (2-,3-Пд.Опари, 14-Грушів, 1-Ролів, 1-Нежухів і 1-Дорожів) та п'ять розвідувальних (2-,4-,6-Сх.Довгівські і 12-, 13-Грушів). Відкриті

поклади та основні перспективи газоносності пов'язуються з надгіпсовим нафтогазоносним поверхом, де у відкладах міоцену (нижньосарматський під'ярус) свердловинами розкриті продуктивні верстви, газоносність яких встановлена промислово-геофізичними а в окремих випадках підтверджена промисловими дослідженнями. Загальний поверх газоносності охоплює продуктивні горизонти від НД-5 до НД-16 і складає 1750 м. Відкриті та встановлені за даними промислово-геофізичних досліджень поклади вуглеводнів приурочені до пачок і окремих піщано-алевролітових пластів з кондиційними ємнісно-фільтраційними властивостями (граничні значення: $K_{п\text{ гран.}}=9,0\%$, $K_{в. \text{ залишк.}}=63\%$, і $K_{\text{проникн}}=0,16 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$).

Нижньосарматський розріз представлений тонкоритмічним чергуванням пісковиків, алевролітів, аргілітів глин та тонкодисперсних туфів і туфітів, внаслідок чого горизонти поділені на гідродинамічно ізольовані пачки та пласти, до яких приурочені окремі поклади газу. За даними промислово-геофізичних досліджень та випробовування свердловин максимальна кількість продуктивних пачок (сім) встановлена в продуктивному горизонті НД-12.

Всього в межах родовища нараховується 37 відкритих та ймовірних за даними промислової геофізики покладів вуглеводнів. Всі вони приурочені до вузьких повздовжніх блоків, що утворились в розрізі верхніх молас на стрімкому північно-східному схилі Крукеницької западини внаслідок гравігенного сповзання осадової товщі і по простяганню поділені малоамплітудними сидо-зсувами. За типом всі поклади пластові, тектонічно екрановані, в окремих випадках літологічно обмежені. Вони невеликі за розмірами і приурочені до прискидових північно-східних частин локальних блоків (рис. 4.7).

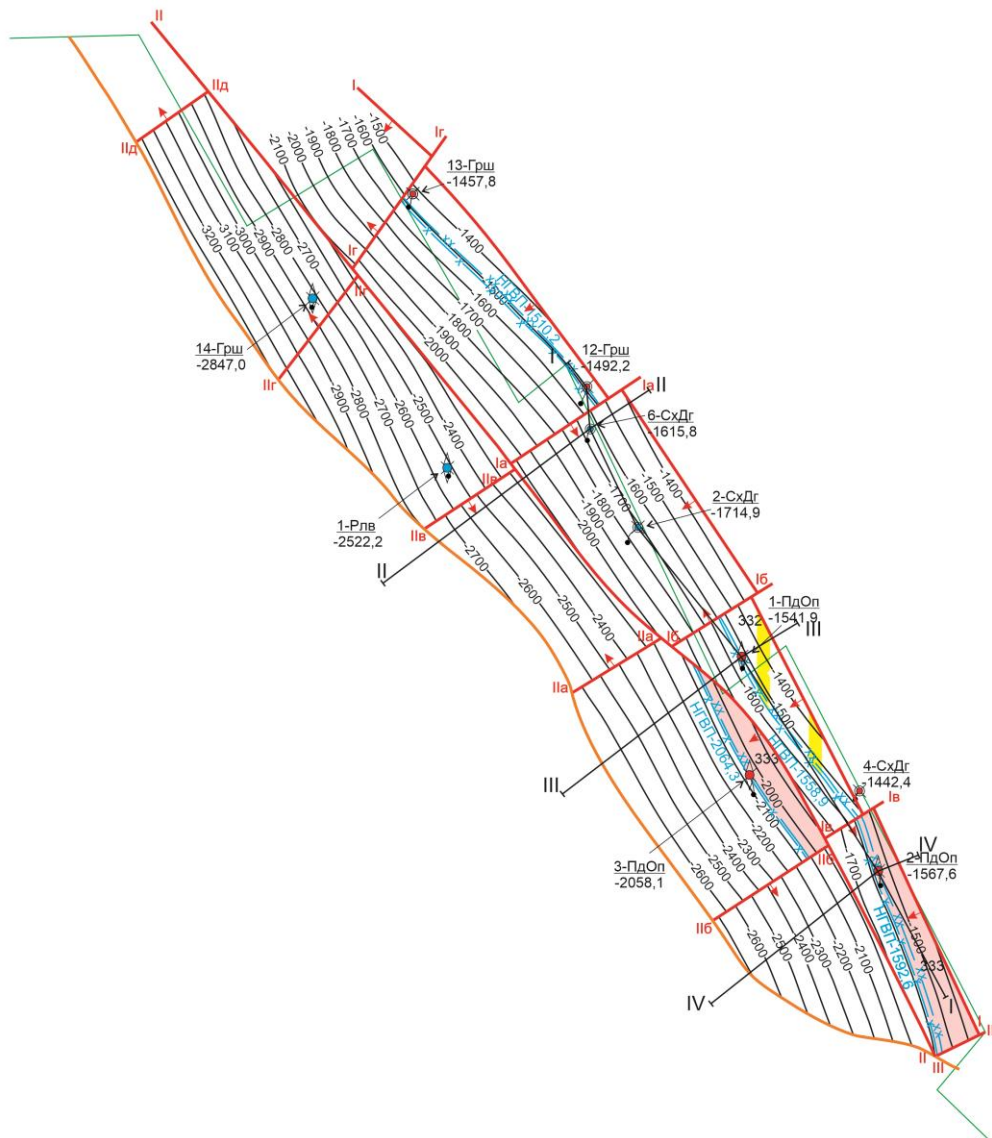


Рисунок 4.7 – Карта покрівлі порід-колекторів продуктивної пачки НД-13а. Поклади газу тектонічно екрановані регіональними гравігенними скидами і поперечними скидо-зсувами (Михайловський І.З., 2021)

Промисловий приплив газу отримано у свердловині 2-Сх.Довгівська при сумісному випробуванні порід-колекторів в інтервалах 1921,0-1922,2 і 11928,4-1932,6 м (горизонт НД-12). Дебіт газу дорівнював 15,89 тис. м³/добу через 4,00-мм діафрагму при депресії на пласт 11,62 МПа. На більших діафрагмах та зростанні депресії на пласт у свердловину поступав вологий газ. Дебіт газу досягав 18,46

тис. м³/добу при дебіті пластової води 5,8 м³/добу. Пластовий тиск на глибині 1925 м дорівнював 18,44 МПа. За даними термодобітометрії місце поступлення води при зростанні депресії відбувався з вище залягаючих водоносних верств. Вода надходила через позаколонний простір через низьку якість тампонажних робіт.

З цього ж горизонту у свердловині 6-Східно-Довгівська при сумісному випробовуванні інтервалів 1828-1836 і 1846-1866 м (горизонт НД-12) було отримано приплив газу дебітом 10,78 тис. м³/добу через 2,61-мм діафрагму при депресії на пласт 3,01 МПа. На більших діафрагмах та зростанні депресії на пласт у свердловину поступав вологий газ, а при депресії 9,11 МПа дебіт газу склав 18,55 тис. м³/добу при дебіті пластової води 14,4 м³/добу. Пластовий тиск, приведений до середини інтервалу випробовування дорівнював 15,98 МПа. За даними термометрії поступлення води при зростанні депресії відбувається з водоносного інтервалу 1819-1823 м через позаколонний простір. З цього ж горизонту при випробовуванні інтервалу 1755-1760 м дебіт газу через 6,50-мм діафрагму склав 25,58 тис. м³/добу.

При випробовуванні продуктивного горизонту НД-13 у свердловині 1-Південні Опари з інтервалу 1810-1825 м через діафрагму 3,007 мм отримано приплив газу дебітом 10,6 тис. м³/добу. На діафрагмі 4,047 мм свердловина працювала газо-водяним фонтаном. Пластовий тиск, приведений до середини інтервалу склав 15,14 МПа. У свердловині 12-Грушів з інтервалу 1782-1820 м через 6,077-мм діафрагму дебіт газу склав 56,0 тис. м³/добу.

При випробовуванні інших об'єктів на родовищі отримано незначні дебіти газу та суміші пластових флюїдів: газу з водою та води з газом. В більшості випадків причиною цьому були невдалі вибори об'єктів випробовування та незадовільний стан тампонажних робіт. Родовище перебуває на початковій стадії промислового освоєння.

Висновки

1. Основний газonosний комплекс північно-східного схилу Крукеницької западини – теригенні відклади нижнього сармату.

2. Внаслідок тонкоритмічного чергування порід-колекторів та флюїдоупорів продуктивні горизонти поділені на гіодинамічно ізольовані пачки та пласти, до яких приурочені окремі поклади вуглеводнів.

3. У верхній частині розрізу поклади газу пластові склепінні, в нижній переважають комбіновані – пластові літологічно обмежені, тектонічно екрановані повздовжніми гравігенними скидами та поперечними скидо-зсувами, в окремих випадках стратиграфічно екрануються поверхнею донеогенового розмиву.

4. Початкові пластові тиски до глибини 2000 м наближені до гідростатичних, нижче – аномально високі. Дебіти газу в більшості випадків не перевищують 50 тис. м³/добу. Газ вуглеводневий, з глибиною зростає конденсатний фактор.

5 ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСТОК ВУГЛЕВОДНІВ НА НЕВИВЧЕНИХ ДІЛЯНКАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ ОКРАЇНИ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХНЬОЇ ГАЗОНОСНОСТІ

В межах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину основна частина геологічних об'єктів, виявлених сейсмічними дослідженнями та підтверджених глибоким бурінням, на предмет нафтогазоносності вивчена, тому на порядок денний виходить потреба залучення в геолого-розвідувальний процес нових нерозвіданих, або частково вивчених на предмет нафтогазоносності ділянок, які відрізняються від задіяних в нафтогазопромисловому комплексі складною геологічною будовою та своєрідними типами вуглеводневих пасток [100]. Одним з таких регіональних перспективних об'єктів є надгіпсовий верхньобаденсько-сарматський теригенний комплекс північно-східної прибортової частини Крукеницької западини, який характеризується значною літологічною мінливістю та дуже складними тектонічними умовами.

Північно-східна окраїна Крукеницької западини відрізняється від суміжньої Косівсько-Угерської підзони Зовнішньої зони Передкарпатського прогину стрімким зануренням поверхні донеогенового розмиву і зростанням товщин теригенного баден-сарматського комплексу, який з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекриває сильно дислоковані та метаморфізовані утворення рифею, породи палеозою і мезозою. Останні появляються і поступово омолоджують донеогенову основу тільки в середній та верхній частинах крутого північно-східного схилу.

На сьогоднішній день більшість геологічних об'єктів, виявлених сейсмічними дослідженнями і опошукваних на предмет нафтогазоносності в межах схилу контролюється південно-східною межею поширення тираської світи, як основного сейсмічного горизонту. Південно-західніше в межах схилу Крукеницької западини частково вивчались структури нагнітання, що прилягають

до каскаду гравігенних скидів. З ними в межах Нікловицького, Макунівського і Дубаневицького родовищ пов'язані пластові склепінні поклади газу, відкриті у верхній частині нижньосарматського розрізу до горизонту НД-5. Нижче по розрізу структури відкриваються в сторону площини гравігенного скиду поступово набираючи моноклінальне положення. При сприятному співвідношенні порід-колекторів і флюїдоупорів межуючих припіднятого і опущеного мегаблоків тут можуть утворюватись пастки для вуглеводнів, що підтверджується відкриттям пластового тектонічно екранованого покладу в продуктивному горизонті НД-10 на Дубаневицькому родовищі (рис. 5.1)

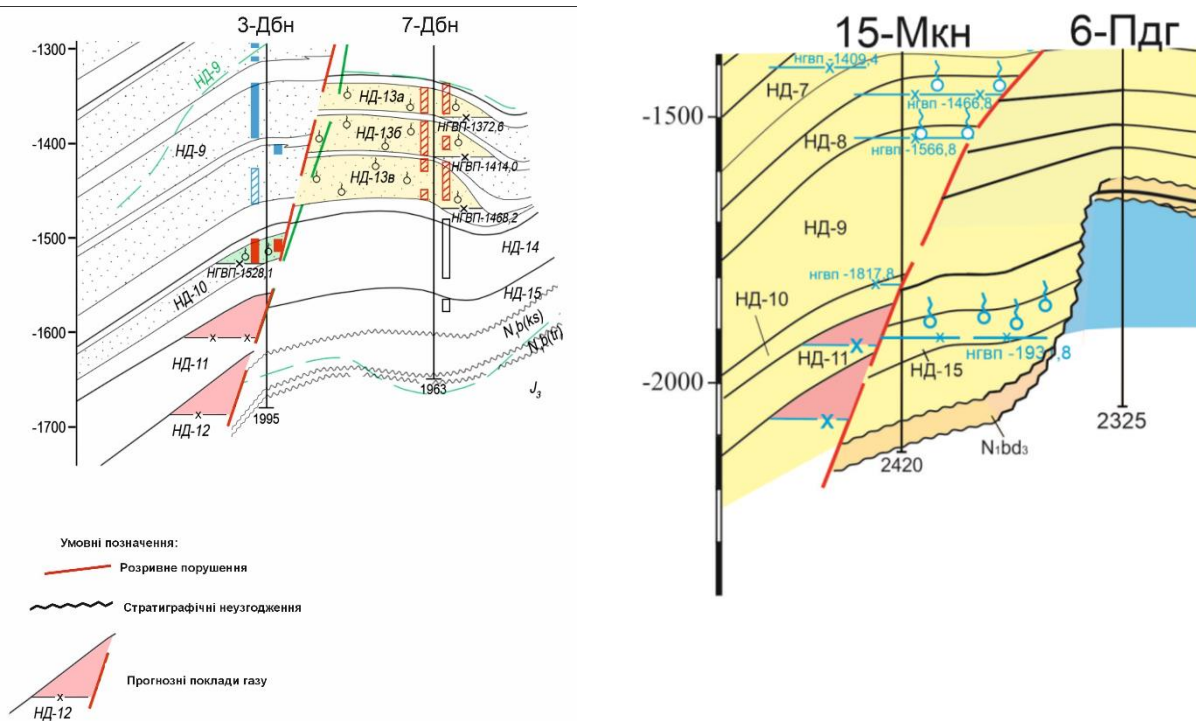


Рисунок 5.1 – Прогнозні тектонічно екрановані поклади газу в нижніх недовивчених частинах сарматського комплексу в межах Дубаневицького і Макунівського газових родовищ (Михайловський І.З., 2025)

У випадку, недостатніх екрануючих властивостей регіонального гравігенного скиду верхні продуктивні горизонти опущеного мегаблоку можуть

утворювати спільні гідродинамічні системи з нижніми горизонтами гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони, що простежується в межах Нікловицького газового родовища, де породи-колектори горизонтів НД-1 – НД-5 гідродинамічно спілкуються з окремими пачками та пластами горизонтів НД-7 – НД-9. На це слід звернути увагу на Новосілівському відтинку регіонального схилу, де в межах одноіменного родовища поклади газу примикають до гравігенного скиду. (рис. 5.2)

Стратиграфічно екранований тип вуглеводневих пасток властивий для повздовжньої смуги стратиграфічного прилягання баден-сарматського теригенного комплексу до поверхні донеогенового розмиву. На ділянках пологого занурення поверхні неузгодження, що характерно для верхнього і нижнього крил регіональної палеотераси, проходить поступове скорочення загальних товщин і піскуватості розрізу. Тут стратиграфічне екранування комбінується з частковим виклинюванням продуктивних горизонтів та літологічним заміщенням порід-колекторів. В межах смуги крутого занурення поверхні розмиву переважають пастки стратиграфічного неузгодження, де баден-сарматські піщано-алевролітові верстви зі значним кутовим неузгодженням впираються в непроникні породи палеозою та нижньої і середньої юри.

В багатьох випадках роль надійних екранів відіграють поперечні скидо-зсуви, що утворились внаслідок гравігенного сповзання літологічно неоднорідних осадів на початковій стадії консолідації, та часто контролюються палеорельєфом донеогенової основи.

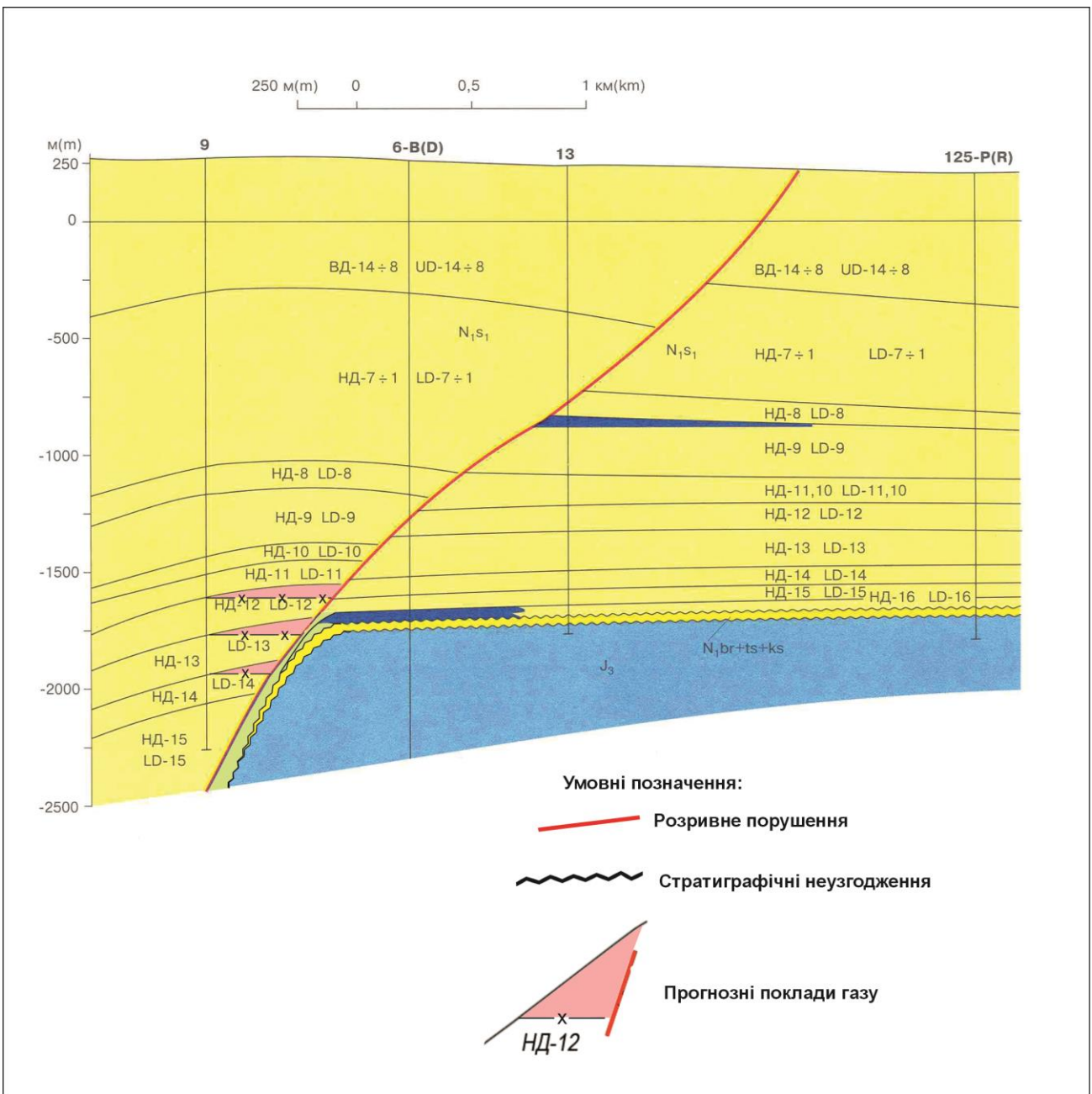


Рисунок 5.2 – Родовище Новосілки. Прогнозні поклади газу на схилі Крукеницької западини в горизонтах НД-12 – НД-14 (Михайловський І.З., 2025)

При виконанні структурних побудов вперше використано результати сейсморозвідувальних досліджень МСГТ 3D, що були проведені в межах окраїни Крукеницької западини на Дрогобицькій ділянці (рис. 5.3-5.4). Це дало змогу простежити по площі положення донеогенової основи, а також гравігенні тектонічні порушення, кути і азимуту нахилів продуктивних горизонтів всередині

неогенового розрізу та виділити границі зон з покращеними колекторськими властивостями і зон глинизації в міжсвердловинному просторі.

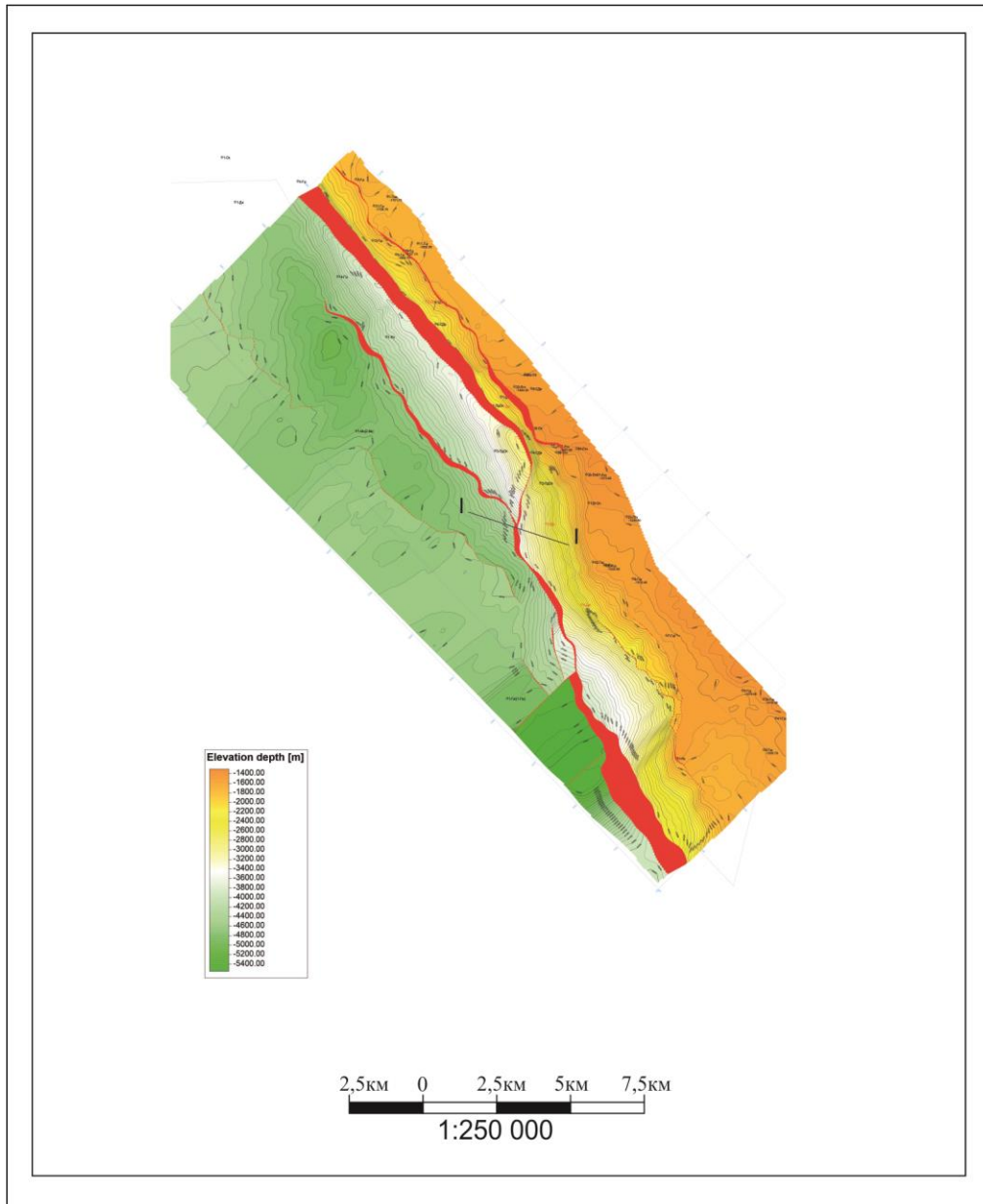


Рисунок 5.3 – Структурно-тектонічна модель Дрогобицької структури по доверхньобаденській поверхні, за даними МСГТ 3D) (Михайловський І.З., 2025)

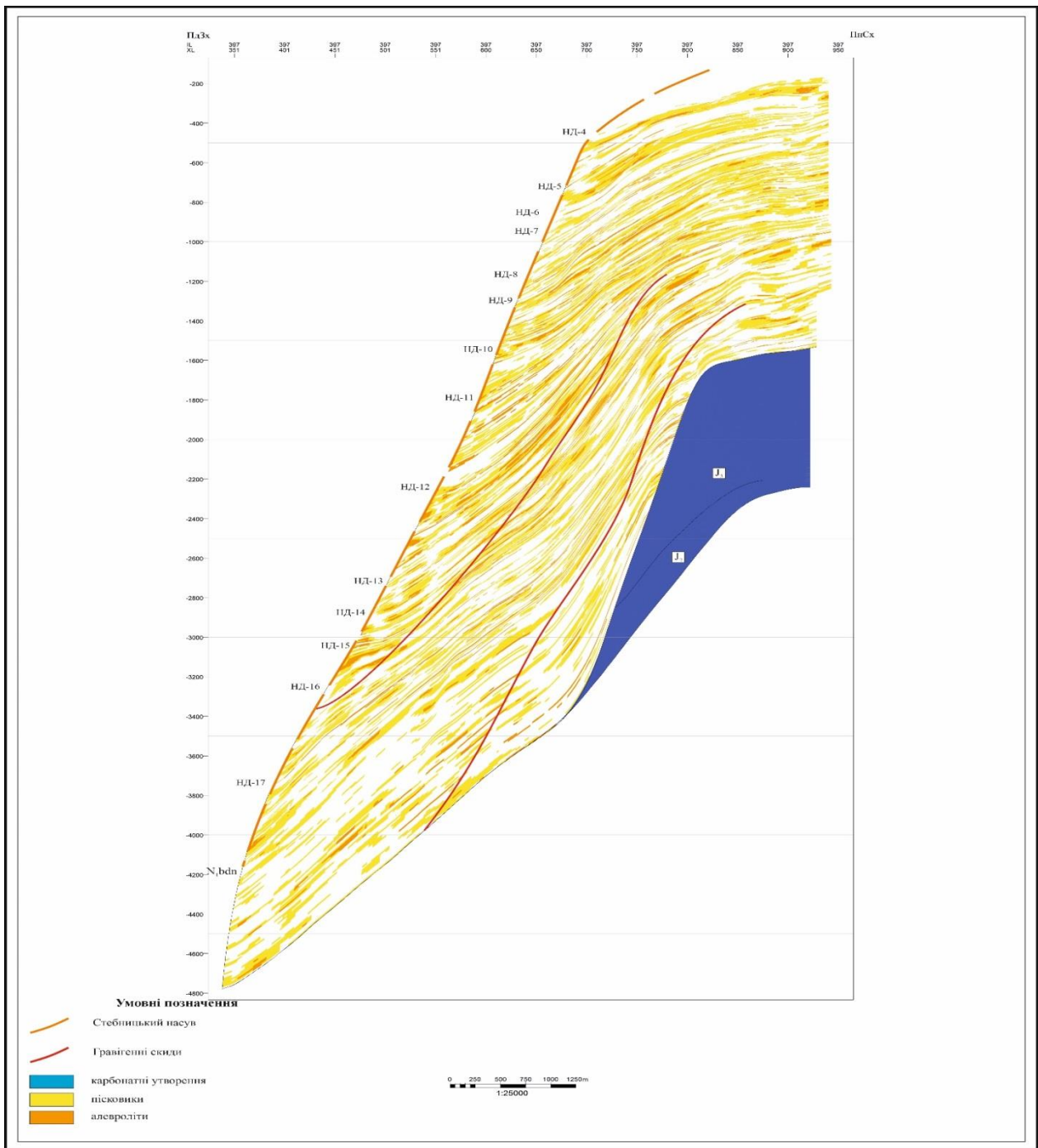


Рисунок 5.4 – Поперечний сейсмічно-геологічний профіль через Дрогобицьку структуру (Михайловський І.З., 2025)

Літологічне заміщення порід колекторів надійними флюїдоупорами в межах схилу Крукеницької западини простежується по всьому баден сарматському

теригенному розрізу. За літологічними ознаками більшість продуктивних горизонтів поділені на цілий ряд гідродинамічно ізольованих пачок та пластів, літологічне чергування і заміщення стало одним з основних чинників при формуванні газових і газоконденсатних покладів. Яскравим прикладом може бути Дрогобицьке газове родовище, де в горизонтах нижнього сармату від НД-5 до НД-16 виділяється 37 самостійних покладів, 6 з яких літологічно обмежені (рис. 5.5)

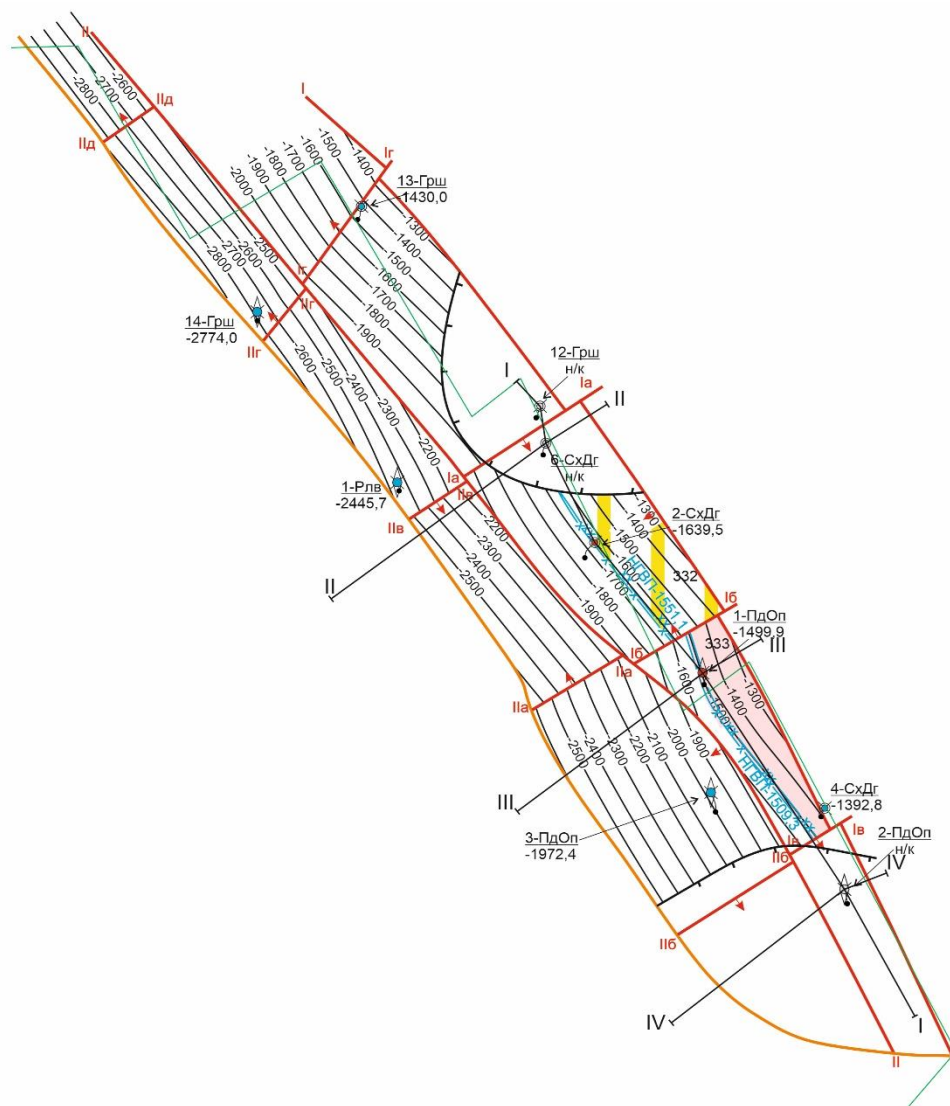


Рисунок 5.5 – Дрогобицьке родовище. Літологічне заміщення порід-колекторів на прикладі продуктивного горизонту НД-12 (пласт НД-12Г₃) (Михайловський І.З., 2025)

В багатьох випадках у формуванні вуглеводневих пасток приймали участь відразу кілька факторів. До них приурочені комбіновані поклади газу, як наприклад, поклад продуктивного горизонту НД-15 в межах Макунівського газоконденсатного родовища, який з північного сходу екранується поверхнею

стратиграфічного примикання газонасичених пластів до непроникних верств середньої юри, з південного заходу тектонічно екранується площиною фронтального гравігенного скиду, а з південного сходу і північного заходу – малоамплітудними поперечними скидо-зсувами.

Варто зазначити, що на сьогоднішній день структура більшої частини північно-східного схилу Крукеницької западини недовивчена як сейсмічними дослідженнями так і глибоким бурінням. Основним недоліком сейсморозвідувальних робіт є відсутність зв'язуючих повздовжніх реверсів, які б дали змогу простежити морфоструктуру схилу та її зв'язок з елементами суміжньої Косівсько-Угерської підзони. Надалі, при проектуванні геолого-розвідувальних робіт вузька смуга зчленування Крукеницької западини і Косівсько-Угерської підзони по донеогеновій поверхні показується як «німа зона», розбита поперечними тектонічними порушеннями, хоча насправді це є смуга відсутності відбитих хвиль на крутому схилі поверхні донеогенового розмиву, що пояснюється як відсутністю тут основного відбиваючого горизонту (ГА), зумовленою умовами седиментації, так і значними кутами нахилу, фіксація яких унеможливлена сейсмічними роботами 2D. В розрізі продуктивного горизонту НД-15 Макунівського родовища в подібних умовах свердловинами 10, 12-,13-,14-,15-Макунів розкрито два комбіновані газоконденсатні поклади,

розділені між собою зоною літологічного заміщення порід-колекторів (див. рис..карта Макунів підрахунковий план НД-15).

Північно-західніше по простяганню смуга зчленування верхніх молас із крутим схилом в поверхні донеогенового розмиву не вивчалась. На сусідньому Нікловицькому родовищі глибоким бурінням досліджувалась газоносність розрізу до глибини залягання продуктивного горизонту НД-9.(див. рис. профіль Нікловичі) Нижче розріз схилу Крукеницької западини не вивчався, проте залишається перспективним [101].

Далі на північний захід до українсько-польського кордону ділянка схилу Крукеницької западини сейсмічними методами вивчалась епізодично на продовженні окремих поперечних профілів. Серед глибоких свердловин тут виділяються 1-Глухів, 1-Бонів, 1-, 2-Каролино. Системне геологічне вивчення цієї частини досліджуваної ділянки не проводилось, тому вона потребує деталізації з оцінкою перспектив газоносності як нижньої так і верхньої частини баден-сарматського теригенного комплексу. Варто зазначити, що північно-східніше від цієї частини схилу Крукеницької западини в межах Косівсько –Угерської підзони відкриті Ретиченське, Вижомлянське та Вишнянське газові родовища.

На сьогоднішній день поза увагою залишена нижня частина баден-сарматського розрізу і південно-східніше Макунівського родовища на крилах Дубаневицького і Новосілковського. В межах першого на схилі Крукеницької западини газоносність розрізу оцінена до продуктивного горизонту НД-10, нижче розріз не вивчався. Подібна картина простежується і на Новосілковському проміжку, в межах якої на схилі западини пробурена свердловина 9-Новосілкі. Вона розкрила розріз нижнього сармату до продуктивного горизонту НД-15 в структурно несприятливих умовах. Необхідно зауважити, що на цьому проміжку простягання Краковецького схилу у поверхні донеогенового розмиву простежується цілий ряд структурних виступів, з якими у вище залягаючих горизонтах нижнього сармату можуть бути пов'язані локальні пастки для

вуглеводнів, що в поперечному перетині за типом як тектонічно екрановані гравігенними скидами, так і екрановані стратиграфічно поверхнею розмиву. У верхній частині розрізу, починаючи з горизонту НД-9 і вище вздовж гравігенних скидів не виключена наявність структур нагнітання, аналогічних виявленим на Макунівському і Дубаневицькому родовищах вуглеводнів. До них можуть бути приурочені пластові склепінні та тектонічно екрановані поклади газу .

Південно-східніше верхня брівка палеотераси і весь крутий схил Крукеницької западини змінює простягання на субмеридіональне. Проходить відчутне зростання глибини западини та крутизни схилу, що супроводжується активним гравігенним сповзанням верхніх молас з утворенням різнонаправлених скидів і скидо-зсувів. Утворюється цілий ряд тектонічних блоків, більшість з яких гідродинамічно ізольовані між собою і в сукупності з літологічною неоднорідністю баден-сарматського розрізу стали передумовою формування вуглеводневих покладів комбінованого типу в межах Майницького родовища та Південнозалужанської площі. Частина тектонічних блоків на сьогоднішій день неопішуквана проте залишається перспективною на предмет нафтогазоносності (рис. 5.6-5.7).

Завершується перспективна частина північно-східного схилу Крукеницької западини Дрогобицькою ділянкою, до якої приурочене одноіменне газове родовище. В його межах на фоні моноклінального занурення осадової товщі неогену в сторону западини відкрито випробовуванням свердловин і прогнозується за даними сейсмічних і промислово-геофізичних досліджень 37 окремих покладів газу, більшість з яких пластові тектонічно екрановані. Роль тектонічних екранів виконують як повздовжні гравігенні скиди так і поперечні скидо-зсуви що утворились внаслідок нерівномірного просідання осадової товщі в основному за рахунок гіпсометричного розчленування дна басейну седиментації та неоднорідності літологічного складу неогенового комплексу по латералі.

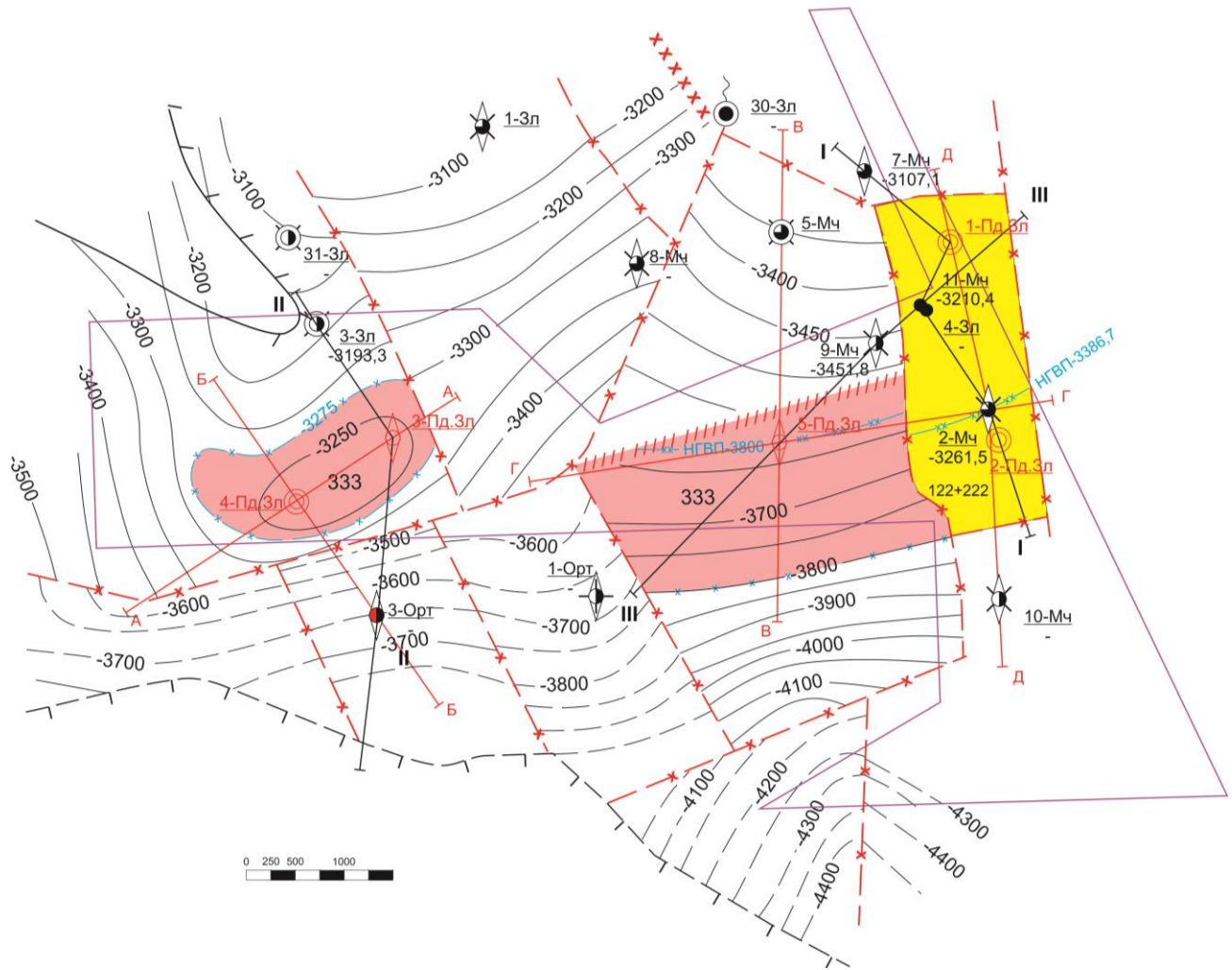


Рисунок 5.6 – Південнозалужанська ділянка. Структурна карта покрівлі продуктивного горизонту НД-13 (Михайловський І.З., 2025)

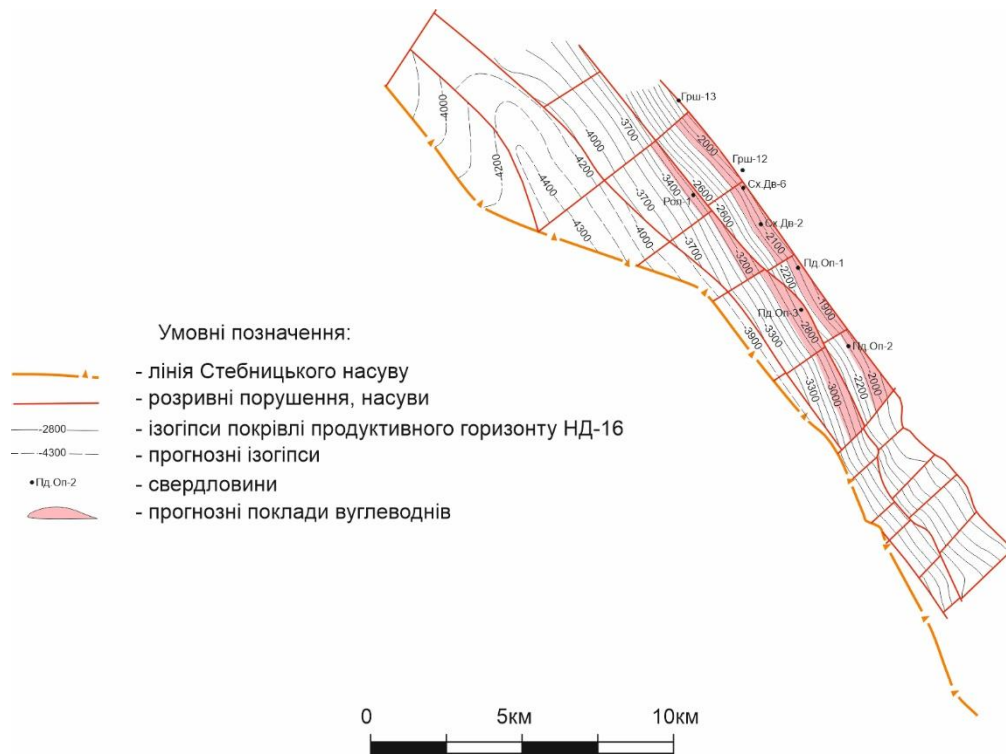


Рисунок 5.8 – Дрогобицьке газове родовище. Перспективи газонасності продуктивного горизонту НД-16 (Михайловський І.З., 2025)

Таким чином неогеновий комплекс північно-східного схилу Крукеницької западини характеризується дуже складною геологічною будовою. Насамперед – це стрімке нарощення загальних товщин стратиграфічних і газонасних горизонтів, значна гіпсометрична розчленованість і літологічна мінливість по латералі та вертикалі, густа сітка, в основному, гравігенних тектонічних порушень. Все це зробило свій відбиток на умовах проведення пошуково-розвідувальних робіт на вуглеводні, що потребує залучення нових більш дієвих методів геолого-геофізичних досліджень, в першу чергу, використання результатів сейморозвідувальних робіт МСГТ 3D при моделюванні пошукових об'єктів та удосконалення комплексу промислово-геофізичних досліджень [102].

Висновки

1. На сьогоднішній день північно-східний схил Крукеницької западини – одна з найбільш перспективних газопошукових ділянок Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.
2. Переважна більшість перспективних об'єктів пов'язана з тектонічним і стратиграфічним екрануванням.
3. Для верхньої частини нижньосарматського комплексу характерні пастки, пов'язані з антиклінальними структурами нагнітання.
4. Структурні та літофаціальні особливості газоперспективного баден-сарматського теригенного комплексу північно-східного схилу Крукеницької западини перебувають у тісному зв'язку з морфоструктурою його донеогенової поверхні, тому для її деталізації територію досліджень необхідно покрити сіткою сейсмічних профілів МСГТ 3D.

ВИСНОВКИ

Північно-східний схил Крукеницької западини – це складнопобудована структура, закладена на гетерогенній основі, сформованій протягом тривалого геологічного часу, включаючи початкові фази альпійського орогенезу. На основі аналізу тектонічних та літолого-фаціальних особливостей верхньомоласового неогенового комплексу створена оновлена регіональна модель геологічної будови. В її основу вперше закладена ерозійна природа Крукеницької западини, північно-східний схил якої представлений як ділянка інтенсивного терасоподібного занурення поверхні розмиву докайнозойської основи на фоні пасивного прогинання Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Структурний план смуги інтенсивного розмиву, формувався синхронно з нагромадженням потужної товщі нижніх молас, насунуті елементи якої в подальшому її частково перекрили.

На початку баденського часу відбулось швидке опускання розмитої поверхні донеогену. Обмежені в часі інтенсивні некомпенсовані низхідні рухи охопили всю територію Зовнішньої зони прогину, зумовивши швидку регіональну трасгресію баден-сарматського моря з нагромадженням потужної товщі верхніх молас. На початку верхнього бадену в межах Карпатської споруди активізувались висхідні тектонічні рухи. Вона стає основним джерелом постачання теригенного матеріалу в баден-сарматський басейн седиментації. По мірі віддалення від джерел зносу основну роль при його транспортуванні починають відігравати донні течії. Перерозподіл осадів залежить від глибини і палеогеоморфологічних особливостей дна басейну седиментації. Останні тісно пов'язані з палеорельєфом розмитої поверхні донеогену. Ділянки з підвищеною піскуватістю теригенних горизонтів, як правило, приурочені до ерозійних схилів, одним з яких в даному випадку, є складнопобудована північно-східна окраїна Крукеницької западини. Кількість піщано-алевролітових

горизонтів та їхні товщини у баденському-сарматському розрізі у значній мірі залежить від глибини басейну седиментації. В межах ділянки досліджень товщина верхньобаденського теригенного комплексу зростає до 600-700 м, а нижньосарматського – до 4000 м. Для сарматського розрізу північно-східного схилу Крукеницької западини притаманні пачки тонкоритмічного перешарування пісковиків, алевролітів та аргілітів, де окремі пачки та пласти порід-колекторів чи їх сукупність на фоні моноклінального занурення об'єднуються в продуктивні горизонти.

Структурні особливості в середині баден-сарматського комплексу північно-східного схилу Крукеницької западини тісно пов'язані з палеорельєфом поверхні донеогенового розмиву. Його значна крутизна сприяла гравітаційному сповзанню значної кількості осадів на початкових стадіях консолідації, що привело до утворення безкорневих гравігенних скидів та антиклінальних структур нагнітання, часто ускладнених поперечними розривними порушеннями. При відповідних співвідношеннях порід-колекторів і флюїдоупорів, як перші так і другі відігравали значну роль у формуванні складнобудованих пасток для нагромадження вуглеводнів.

Складні умови осадконагромадження та постседиментаційні перетворення верхньомоласового комплексу в межах вузької прибортової смуги Крукеницької западини привели до формування тут складнобудованих покладів вуглеводнів, серед яких домінують пластові та масивно-пластові тектонічно екрановані на монокліналях. Роль основних тектонічних екранів виконують повздовжні гравітаційні скиди, а при сприятливому співвідношенні порід-колекторів і флюїдоупорів на суміжних блоках – поперечні скидо-зсуви.

В низах Краковецького схилу на повздовжній смугі відносно пологого занурення донеогенової ерозійної поверхні, диз'юнктивні порушення поступово затухають. Під дією тангенціальних напруг в цій частині формуються повздовжні прискидові антиклінальні плекативні структури,

більшість з яких з північного сходу тектонічно обмежуються площинами затухаючих скидів. Вверх по розрізу простежується успадкованість структурних планів. В окремих відкритих родовищах з ними пов'язані пластові склепінні та пластові склепінні тектонічно екрановані поклади вуглеводнів.

Ареоли поширення псамітового матеріалу на окраїні западини в більшості випадків прив'язані до вузлів злиття доволі крутого регіонального схилу з консиквентними палеоврізами, зародженими в основі донеогенового комплексу припіднятої автохтонної частини прогину. Тут з піщаними тілами в розрізах окремих пачок порід можуть бути пов'язані літологічно обмежені та комбіновані поклади вуглеводнів. Покращення колекторських властивостей в більшості випадків простежується на схилах з південно-східною експозицією.

Звертає на себе увагу те, що в межах північно-східного схилу Крукеницької западини на предмет газоносності частково вивчена тільки її верхня частина з глибинами до 2,5 км, а на решті території пробурені тільки окремі свердловини. Значна перспективна на вуглеводні ділянка цієї тектонічної одиниці потребує подальшого довивчення. В першу чергу – це деталізація структурних планів як донеогенової основи, так і реперних горизонтів в середині сарматського ярусу за допомогою детальних сейсмічних досліджень 3D, а також вивчення закономірностей розподілу осадового матеріалу продуктивної товщі з метою прогнозування ореолів поширення порід-колекторів з кондиційними ємнісно-фільтраційними параметрами. Тонкошаруватість теригенного розрізу та складні умови залягання продуктивної товщі вимагають адаптації комплексу промислово-геофізичних досліджень до умов крутого падіння порід із застосуванням новітніх більш точних методів та методик дослідження ((ВІКІЗ, ЯМК, КДАК та ін).).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Атлас родовищ нафти і газу України : В 6 т./ УНГА.-Львів : Центр Європи, 1998. - Т.4: Західний нафтогазоносний регіон. - 328 с.
- 2 Чебан В.Д. Історія впровадження та розвитку геофізичних методів розвідки в західних областях України в довоєнний період // Галицька брама.- 1998.- 50 років ЗУГРЕ (спецвипуск). - С. 4, 20.
- 3 Осінчук З.П. З історії розвитку газової промисловості України // Газова промисловість України 1924-1994 (спецвипуск). - 1994. - С. 8-10.
- 4 Антипов В.И. Геолого-тектоническое районирование Предкарпатья по геофизическим данным и результаты сейсморазведочных работ в Предкарпатье за 1947-1955 гг. // Геологическое строение и нефтегазоносность западных и южных областей Украины. – К.: Изд-во АН. УССР, 1959. – С. 48-60.
- 5 Доленко Г.Н., Бойчевская Л.Т., Данилович Л.Г. Глубинное строение и нефтегазоносность Украинских Карпат / К.: Наук. думка. - 1980. - 147 с.
- 6 Донеко Г.Н. Геология нефти и газа Карпат. - К.: Вид-во АН УРСР. - 1962. - 368 с.
- 7 Чекунов А.В. Про фундамент Східних Карпат // Геол. Журнал. - 1970. - №1. - С. 31-37.
- 8 Щерба В.М. О взаимоотношении миоценовых отложений в полосе сочленения Внешней и Внутренней зон северо-западной части Предкарпатского прогиба // Геологический сборник Львовского геологического общества. – 1968. - № 11. – С. 68-70.
- 9 Глушко В.В. Основные черты тектоники Предкарпатского прогиба и прилегающей части Русской платформы // Геол. сб. Львовск. геол. о-ва. - 1958. № 5-6. - С.7-24.

- 10 Геологический сборник Львовского геологического общества. – Львов, 1958. № 5-6. – С. 25 – 42
- 11 Утробин В. Н., Кузовенко В. В. Глубинное строение Предкарпатского прогиба и перспективы его нефтегазоносности // Тезы докладов научно-технической конференции «О роли геологической науки в обеспечении промышленности Львовского совнархоза запасами химического сырья». – Львов, 1965. С. 49 – 54
- 12 Круглов С.С. Принципы тектонического районирования Украинских Карпат. - К.: Наук. Думка, 1977. С.- С.5-13.
- 13 Глушко В. В., Круглов С. С., Буров В. С., Вишняков И. Б. и др. Обоснования направления поисков нефти и газа в глубокозалегающих горизонтах Украинских Карпат. / К.: «Наукова думка», 1977. – 176 с.
- 14 Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування Предкарпатського прогиба // Тектоно-магматическа еволюція Карпат. – К.: Наукова думка, 1995. – С. 104-110.
- 15 Крупський Ю. З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. К.: УкрДГРІ, 2001. – 144 с.
- 16 Андрейчук М. М. До питання осадоконагромадження верхньобаденських порід у Коломийській системі палеоврізів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину// Геологія і геохімія горючих копалин. Львів, 2008 . №1. – С. 66-762.
- 17 Андрейчук М. Особливості геологічної будови і пастки вуглеводнів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину: автореф. дис.канд.геол. наук 04.00.17/Михайло Андрейчук.-Львів-2013-20с
- 18 Андрейчук М. М. Роль донеогенових ерозійних процесів у формуванні структурних елементів Зовнішньої Зони Передкарпатського прогину// Вісник Львівського університету, Сер. геол – 20.3.

- 19 Вишняков І. Б., Ващенко В. О., Гаврилко Г. А., Гоник О. В. Природа Коломийсько-Заболотівської русловидної структури // Геологія і геохімія горючих копалин. Львів, 2000. №1. – С. 3 – 12
- 20 Вишняков І. Б., Гаврилко Г. А. Палеорельєф поверхні Львівського палеозойського прогину // Нафта і газ України – 98: Матеріали V мінародної науково-практичної конференції. Полтава: 15 – 17 вересня 1998 року. Т. 1. – Полтава: УНГА, 1998. – С. 313 – 314
- 21 Вишняков І. Б., Гаврилко Г. А. Структура мезозойського чохла Волино-Поділля і зовнішнього Передкарпаття // Нові дані з геології та нафтогазоносності України: Збірник наукових праць УкрДГРІ. Львів, 1999. С. 29-41
- 22 Вишняков І.Б. Особенности геологического строения и развития Волино-Подольи и Предкарпатья: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук : спец. 04.00.01 “Общая и региональная геология” /. – Львов, 1978. – 20 с.
- 23 Заяць Х.Б. Нові погляди на перспективи газоносності баденських відкладів південного сходу Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину / Х. Б. Заяць // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2004. – №1. – С. 102–105.
- 24 Заяць Х. Глибинна будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту та газ / Х. Заяць. Львів: Центр Європи, 2013. 136 с.
- 25 Крупський Ю. Нові уявлення про геологічну будову і перспективи нафтогазоносності Західного нафтогазоносного регіону // Геологія горючих копалин України. - 2017.- № 1-2(170-171) - С.76 - 77
- 26 Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і подальші перспективи нафтогазоносності // Геологічний журнал. № 4. Київ. 2009. С.51-58.

27 Крупський Ю. З. Геологія та екологія видобутка нафти і газу: Навчальний посібник. / Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 212 с.

28 Крупський Ю. З., Андрейчук М. М., Чепіль П. М. Обстановки осадконагромадження в міоцені Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і нафтогазоносність // Геологічний журнал. – К., 2006. – С. 27-41.

29 Крупський Ю. Геологія і нафтогазоносність Західного регіону України. Львів: СПОЛОМ, 2020. – 256 с.

30 Гофштейн И.Д., Медведев А.П. Линиаменты западной части Украины // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1989. – С. 16-24.

31 Лазарук, Я., Заяць, Х., Побігун, І. Гравітаційний тектогенез Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Геологія і геохімія горючих копалин, 2013. № 1-2 (162-163). С. 5-16.

32 Глушко В. В., Самойлюк А.П., Трушкевич Р.Т. Тектоника фундамента Предкарпатского прогиба // Геол. журн. - 1970. - Т. 30. Вып. 6. - С.3-9.

33 Глушко В. В. Отчет о геологических исследованиях, проведенных на площади Добромьль Дрогобычской области УССР в 1949 году. / Львов: Министерство нефтяной промышленности. Геолого-поисковая контора треста «Укрнефтеразведка», 1950. – 97 с.

34 Михайловський І.З. Умови формування верхньомоласового комплексу в межах Крукеницької западини та на прилеглих ділянках Зовнішньої зони Передкарпатського прогину / Мінеральні ресурси України, 2025(3), с. 38–45

35 Михайловський, І., & Андрейчук, М. (2025). Альтернативний погляд на умови формування донеогенового ложа Крукеницької западини. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», (62), 85-94.

36 Михайловський І.З. Осадонагромадження та постседиментаційні перетворення міоценового комплексу порід

Зовнішньої зони Передкарпатського прогину/ Геологія та геохімія горючих корисних копалин No. 3–4 (199–200) 2025, 13–24.

37 Геологическая история территории Украины. Докембрий. / Отв. ред. Рябенко В. А. / К.: «Наукова думка», 1993. – 187 с.

38 Побігун І. З. Літолого-стратиграфічний нарис верхньо-протерозойських і палеозойських відкладів Українського Передкарпаття // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2005. – №2. – С. 65–73.

39 Федущак М. Ю. Умови утворення екзотичних конгломератів воротищенської серії Передкарпаття. – К. : Вид-во АН УРСР, 1962. – 112 с.

40 Дригант Д.М. Нижній і середній палеозой Волино-Подільської окраїни Східно-Європейської платформи та Передкарпатського прогину // Наук. записки Державного природознавчого музею. – Львів, 2000. – Т. 15. – С. 24–130

41 Мороз М., Яремчук Я. Особливості мінерального складу верхньоярських карбонатних порід Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія горючих копалин України. - 2017.- № 1-2(170-171) - С.110 - 112

42 Дулуб В.Г. Обзор исследований стратиграфии юрских отложений Вольно-Подольской окраины Восточно-Европейской платформы и Быльче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба : Тр. УкрНИГРИ. – Львов, 1982. – 38 с.

43 Дулуб В. Г., Булова М. И., Булова В. С., Вишняков И. Б. Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме юрских отложений Предкарпатского прогиба и Вольно-Подольской окраины. Львов: УкрДГРИ, 1986. – 57 с.

44 Утробин В. Н. Основные черты стратиграфии юрских отложений Предкарпатского прогиба // Геологический сборник. К., 1962. № 5-6. С. 25-41

45 Дулуб В. Г., Жабіна Н. М. Смірнов С. Е. Удосконалення стратиграфічної схеми юри Передкарпаття. // Нові дані з геології та нафтогазоносності України. Львів: УкрДГРІ, 1999. С. 156 – 163.

46 Дулуб В. Г., Марковский В. М., Чип М. Т. К вопросу о изучении нефтегазо-перспективных верхнеюрских рифогенных образований Предкарпатского прогиба. // Проблемы геологии, геохимии горючих ископаемых Запада Украинской ССР. Львов, 1989. – С. 80 -81

47 Жабіна Н. М. Оксфордські рифогенні відклади у Передкарпатті // Теоретичні та прикладні аспекти сучасної біостратиграфії фанерозою України. К., 2003. – С. 84-86

48 Жабіна Н. М., Анікєєва О. В. Еволюція поясів верхньоярського карбонатного шельфу на території Українського Передкарпаття // Доповіді НАН України. К., 2003. – С. 118 – 122

49 Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України/Головний редактор П.Ф.Гожик. - К. ІГН НАН України. Логос, 2013. – 637 с.

50 Овчаренко Є.С., Дулуб В.Г., Бурова М.І., Карпенчук Ю.Р. Комарнівська світа – новий елемент юрського розрізу зовнішнього борту Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. - №1 (106). – С. 13-21.

51 Венглинский И.В., Горецкий В.А. Стратиграфия миоценовых отложений Вольно-Подольской плиты, Предкарпатского и Закарпатского прогибов. – К.: Наукова думка, 1979. – 176 с.

52 Гуржий Д. В. Литология моласс Предкарпатья. / К.: Изд-во «Наукова думка», 1969. 202 с.4

53 Галамай А.Р. Фізико-хімічні умови формування евапоритових відкладів Карпатського регіону : Автореф. дис... канд. геол. наук. – Львів, 2001. – 17 с.

54 Кудрин Л. Н. Стратиграфия фаций и экологический анализ фауны неогеновых отложений Предкарпатья. / Львов: Изд-во Львовского университета, 1966. – 174 с.

55 Арцапка А. Л., Манаков Л. В. / Отчет о геологических исследованиях, проведенных на площади Струтинь Станиславской области УССР в 1959 г. / Львов, 1960. – 149 с.

56 Схема корреляции и унифицированная синонимика газоносных горизонтов сармата Бильче-Волицкой зоны / Вишняков И.Б., Палий А.М., Федорович Г.П. и др. – Нефтяная и газовая промышленность. – 1979. - № 3. – С. 6-9.

57 Мончак Л.С., Михайлів І.Р., Омельченко В.Г. Екрануючі властивості тектонічних порушень – умова існування пасток нафти і газу // Науковий вісник Івано-Франківського Національного Технічного Університету Нафти і Газу. - № 1. – 2002. – С. 13-16.

58 Грицишин В.І., Гранін О.О. та ін. До методики оцінки нижніх значень колекторів нафтових і газових родовищ Передкарпаття. Зб. “Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ”, №2, 1989 р., с 8 – 9.

59 Прокопів, В. Й., Федоришин, Д. Д. Оцінка геолого-геофізичних неоднорідностей при дослідженнях складнопобудованих порід-колекторів. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2003. № 2(7). С. 28-34.

60 Федішин В. О. Низькопористі породи-колектори газу промислового призначення: Моногр. Укр ДГРІ, Київ, 2005, 147 с.

61 Федоришин Д. Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкопрошаркових порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносної провінції): дис. д-ра геол. наук. Львів, 1999. 289 с.

62 Федоришин Д. Д., Михайловський І.З., Федоришин С. Д., Трубенко О. М. Проблеми видобутку газу та конденсату на родовищах Передкарпатського прогину

64 Федоришин Д. Д., Трубенко О. М., Федоришин С. Д., Фтемов Я. М., Коваль Я. М. Перспективи ядерно-фізичних методів під час виділення газонасичених порід-колекторів складнобудованих неогенових відкладів. Геодинаміка. 2016. № 2. С. 134-143.

64 Субботин С. И. Глубинное строение Советских Карпат и прилегающих территорий по результатам геофизических исследований. / К.: Изд-во АН УССР, 1955. – 260 с.

65 Ладыженский Н.Р. Геология и газонефтеносность Советского Предкарпатья / – К.: Изд-во АН УССР, 1955. – 384 с.

66 Доленко Г.Н, Ярош Б.і., Хоменко В.І., Улізло Б.М. Закономірності нафтогазоносності Передкарпатського і Закарпатського прогинів/ -К.: Наук. Думка, - 1969.- 203 с.

67 Бударкевич М.Д., Вишняков И.Б., В Глушко.В., Шпак П.Ф. Автохтон Предкарпатского прогиба – перспективный объект поиска месторождений углеводородов // Геологический журнал. – 1985. – №3. – С. 1–10.

68 Вуль М. Я. Вишняков І. Б., Гоник І. О. та ін. Обґрунтувати напрямки і плани геолого-розвідувальних робіт на основі комплексної оцінки перспектив та аналізу фонду структур (об'єктів) нафтогазоносних регіонів України. Львівське відділення УкрДГРІ. НДР 825/1. / Львів: книга 1, 2002. – 199 с.

69 Заяць Х. Б., Гаврилко В. М. Порівняльна характеристика геологічної будови та сейсмічної інформації родовищ Лопушна (Україна) та Лонкта (Польща) // Геологія і геохімія горючих корисних копалин. № 4.20. – Львів, 2007. – С. 55 – 62

70 Заяць Х.Б, Ізотова Т.С, Морошан Р.П та ін. Будова Лопушнянської структури з позиції ерозійних процесів на поверхні мезозойської основи // Геологія горючих копалин України: міжнар. наук. конф.; тези доп. – Львів: Ін-т геології і геохімії горючих копалин, 2001. – С. 93–112.

71 Разломная тектоника Предкарпатского и Закарпатского прогибов и её влияние на распределение залежей нефти и газа / Доленко Г.Н., Бойчевська Л.Т., Килын И.В., Улизло Б.М., Щерба А.С., Щерба В.М., Ярош В.И. – К.: Наукова думка, 1976. – 126 с.

72 Колодій В.В., Бойко Г.Ю., Бойчевська Л.Т. та ін. Карпатська нафтогазоносна провінція – Львів; К.: ТОВ “Український видавничий центр”, 2004. – 390 с.

73 Побігун І., Гривняк Г. Особливості розривної тектоніки Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і Волино-Подільської плити// Геологія і геохімія горючих копалин. – 2009. - № 3- 4. – С. 139-140.

74 Соллогуб В.Б. Литосфера України.- К.: Наук.думка, 1986. - 186 с.

75 Доленко Г.Н., Бойчевская Л.Т., Килын И.В. и др. Разломная тектоника Предкарпатского и Закарпатского прогибов и ее влияние на распределение залежей нефти и газа / – К.: Наук. думка, – 1976. – 127 с.

76 Круглов С.С., Смирнов С.Е., Спитковская С.М. и др. Геодинамика Карпат / К.: Наук. думка, 1985. - 136 с.

77 Структурно-тектонічна карта західних областей України: м-б 1:200000 / [за ред. М.Д. Будиркевича, Є.С. Дворянина]. – 1991. – 4 аркуші.

78 Karnkowski Piotr. Oil and gas deposits in Poland. – Krakow: Geosynoptics society “Geos”, 1999. – 380 p.

79 J.H. Bretz, “Glacial Drainage of the Columbia Plateau,” Geological Society of America Bulletin 34 (1923): 573–608.

80 L.L. Sloss, “Sequences in the Cratonic Interior of North America,” Geological Society of America Bulletin 74 (1963): 93–114.

81 T. Vail, M.J. Oard, J. Hergenrather, and D. Bokovoy, Your Guide to the Grand Canyon: A Different Perspective (Green Forest, AR: Master Books, 2008), p. 54.

82 Сучасний погляд на геодинамічні процеси та конгломератоутворення у Передкарпатському прогині / Б. Й. Маєвський, Г.

О. Жученко, Л. С. Мончак та ін. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – № 2 (11). – С. 56–59.

83 Бабадаглы В.А., Пелипчак Б.П. Некоторые особенности истории развития и нефтегазоносности Внешней зоны Предкарпатского прогиба // Тектоника и нефтегазоносность складчатых поясов. – Фрунзе : Кыргызстан, 1984. – С. 36-42.

84 Пилипчак Б. П. Зональний прогноз нефтегазоносности баден-сарматских отложений Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба / Автореферат диссертации на соискание кандидата геолого-минералогических наук. Львов, 1985. – 22с.

85 Чебан О.В. Особливості будови газових родовищ Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і напрямки їх дорозвідки // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2000. - № 4. – С. 106-109.

86 Чебан О.В. Вплив диз'юнктивних порушень на умови формування покладів вуглеводнів північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину: автореф. дис.канд.геол. наук 04.00.17/ Олег Чебан.-Львів-2004-20с

87 Колодій В.В., Бойчевська Л.Т., Курилюк Л.В. Геобаричні умови Карпатськоїнафтогазоносної провінції // Мінеральні ресурси України. - 1997. - № 1 - 2. - С. 17-21.

88 Ярош Б.І. Про формування структур нафтових і газових родовищ північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Геологічний журнал. – 1961. – № 5. – С. 88–92.

89 Гневуш В. В., Бодлак П. М., Андрейчук М. М., Петровський Д. Л. Перспективи пошуків родовищ вуглеводнів у межах системи врізів на прикладі – Старобогородчанського родовища. // Геологія і геохімія горючих корисних копалин. // Геологі і геохімія горючих корисних копалин. – Львів: 2007. – С. 25-32

90 Ковальчук Н. Особливості тектоніки південно-східної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2011. - № 1- 2. – С. 69-70.

91 Павлюх Й.С. Деякі аспекти формування газових покладів Передкарпаття // Нафтова і газова промисловість. – 2002. –№4. – С. 17-20.

92 Павлюх О. Особливості геологічної будови та формування покладів газу в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину. Геологія і геохімія горючих копалин. 2009. № 3-4 (148–149). С. 31-43.

93 Ризун Б. П. Основные черты тектоники и перспективы газоносности юговосточной части внешней зоны Предкарпатского прогиба. // Геология и геохимия нефтяных и газовых месторождений. – К.: Наукова думка, 1965. № 1. – С. 99 – 100

94 В.С.Буров, В.В. Глушко, В.А.Шакін, П.Ф.Шпак / До питання про північно-східну границю поширення флішу у Внутрішній зоні Передкарпатського прогину // Геол. журн. - 1969. - №3. - С. 3-12.

95 Соллогуб В.Б. Тектоника передовых прогибов альпийской геосинклинальной области и сопредельных районов европейской части СССР (по данным геофизических исследований). – К.: Изд-во АН УССР, 1962 – 93 с.

96 Вялов О.С. Стратиграфия неогеновых моласс Предкарпатского прогиба. – К.: Наукова думка, 1965. – 211 с.

97 Лозиняк П.Ю. Нові погляди на будову Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1996. – № 3–4. – С. 80–90.

98 Лозиняк П.Ю. До питання тектонічного районування Карпатського регіону // Матеріали 6-ої Міжнародної науково-практичної конференції “Нафта і газ України – 2000”. – Том 1. – Івано-Франківськ: Факел. – 2000. – С. 93-94.

99 Заяць Х.Б., Королюк П.О, Бєловолова Л.П. Пошуки нових пасток газу в бадені за змінами ерозійних форм палеорельєфу основи Більче-Волицької зони // Мінеральні ресурси України. - 2005. - С.23-100.

100 Чепіль, П. М., Лазарук, Я. Г., Ружевич, В. І., Гарасим, С. В., & Михайловський, І. З.. Шляхи прискороного нарощування промислових запасів вуглеводнів в Україні. Мінеральні ресурси України, 2025 (2), 54-59.

101 Нарощування видобутку вуглеводнів у межах Крукеницької западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. (2024). Д. Д. Федоришин, О. М. Трубенко, С. Д. Федоришин, І. З. Михайловський, О. Д. Сулима / Мінеральні ресурси України, (2), 50-55.

102 Перспективи видобутку газу та конденсату Південнограбинського родовища Передкарпатського прогину /Дмитро Федоришин, Олександр Трубенко, Сергій Федоришин, Ігор Михайловський /Геодинаміка. – 2023. – 2 (35). – С. 139–149.