

**MODEL GEOLOGIC CONCEPTUAL: DEPOZIT SUBTERAN
PENTRU ÎNMAGAZINAREA GAZELOR NATURALE
(REPUBLICA MOLDOVA)**

**CONCEPTUAL GEOLOGICAL MODEL: UNDERGROUND STORAGE FOR
NATURAL GAS (REPUBLIC OF MOLDOVA)**

CZU: 622.691.24(478)

<https://doi.org/10.59295/spd2025e.76>

Constantin MORARU

ORCID: 0000-0001-5902-470X

E-mail: cmoraru@yahoo.com

*Institutul de Geologie și Seismologie, Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova*

Anastasia GROZA

ORCID: 0000-0001-5902-470X

E-mail: atimoshencova@gmail.com

*Institutul de Geologie și Seismologie, Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova*

Liubov VĂTĂMANU

ORCID: 0009-0001-1088-3236

E-mail: liubaturcan18@gmail.com

*Institutul de Geologie și Seismologie, Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova*

Tatiana SICACIOVA

ORCID: 0009-0002-2929-8675

E-mail: sicaciovatatiana@gmail.com

*Institutul de Geologie și Seismologie, Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova*

Maria TITOVET

ORCID: 0009-0008-7976-9405

E-mail: titovetmaria@gmail.com

*Institutul de Geologie și Seismologie, Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova*

Elena MATVEEVA

ORCID: 0009-0007-0073-6113

E-mail: elenamatveeva196124@gmail.com

*Institutul de Geologie și Seismologie, Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova*

Summary. *In this paper, the principles of creating a conceptual model for 3D modeling of the geological structure and hydrogeological conditions of the location of underground gas deposits in the territory of the Republic of Moldova were elucidated. The geological structure, stratigraphy, tectonics, hydrogeology and geochemistry of underground waters were analyzed in detail. The properties of rocks as a natural gas collector were also analyzed. The obtained data will be used for 3D modeling of locations for underground natural gas storage.*

Keywords: *conceptual model, underground gas deposits, Moldova.*

INTRODUCERE

Institutul de Geologie și Seismologie al Universității de Stat din Moldova a început deja studii geologice pentru a fundamenta amplasarea depozitelor subterane de stocare a gazelor. Motivația acestor investigații are ca bază faptul, că Republica Moldova nu deține zăcămintele semnificative de petrol și gaze și este dependentă în totalitate de importul acestor resurse. Problema gazelor naturale este deosebit de stringentă. Țara are nevoie urgentă de depozite subterane de stocare a gazelor, care ar servi drept regulator al aprovizionării cu gaze în situații de vârf și în cazuri speciale. Argumentarea științifică a localizării depozitelor subterane de stocare a gazelor este primul pas pentru această problemă. Printre sarcinile prioritare se numără construirea unui model geologic și hidrogeologic tridimensional (3D) [7, 8], cel mai probabil bazat pe pachetul software Petrel [1], a locației depozitelor subterane de gaze. Construcția unui model 3D începe cu crearea unui model conceptual al mediului geologic și hidrogeologic. Starea și conținutul modelului conceptual determină în întregime calitatea modelului 3D [2, 3, 4]. În acest sens, scopul acestei lucrări este un studiu cuprinzător al structurii geologice, condițiilor hidrogeologice, caracteristicilor geotermale și geochimice pentru a crea un model conceptual.

MATERIALE ȘI METODE

Obiectul studiului este partea central-vestică a Moldovei, lângă or. Ungheni, în cadrul căreia a fost alocată o suprafață de 625 km², la granița cu România la vest. În această zonă au fost identificate structuri geologice și hidrogeologice potențial potrivite pentru crearea de depozitelor subterane de stocare a gazelor. Acest teritoriu, cu interes pentru zăcămintele petrol și gaze încă din a.1940, a fost acoperit în diferiți ani de diverse studii geologice, hidrogeologice (scara 1:200.000 și 1:50.000) și geofizice de diferite scări (gravimetrice, magnetice, electrice și seismice), precum și, în diferiți ani, au fost forate aproximativ 100 de sonde de explorare și producție de diferite adâncimi și 9 sonde

cu adâncimea > 1000 m. Gradul de studiu geologic al zonei studiate este înalt și poate fi calificat drept detaliat. Materialul propriu-zis pentru cercetare au fost datele studiilor geologice și geofizice din diferiți ani, numeroase secțiuni geologo - hidrogeologice, hărți, materiale primare ale forajelor de prospecțiune, explorare și producție, date de analiză geochimică, diagrame de carotaj de sonde, inclusiv date geotermale. De asemenea, sau folosit multe date geologice, geochimice și hidrogeologice a investigațiilor pentru prospecțiunea apelor subterane și îndeosebi celor minerale. Structura modelului conceptual este bazată pe arhitectura de modelare a softului Petrel [1], cartografierea datelor sa efectuat cu Surfer [9] și procesarea statistică a datelor efectuată cu SPSS [11].

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Procesul de creare a model conceptual include următoarele: o analiză amănunțită a condițiilor tectonice, structurii geologice și hidrogeologice; analiza principiilor de identificare a straturilor și a caracteristicilor lor litologice; determinarea structurii cadrului geologic 3D; identificarea corpurilor geologice potrivite pentru stocarea subterană a gazelor și analiza materialului propriu-zis pentru modelul 3D.

Din compartimentul de tectonică, prezintă interes doar partea de falii. Nu au fost găsite falii tectonice active în zona de studiu. Absența faliilor a fost estimată prin liniile axiale ale anomaliilor de heliu, gravitație și magnetism, conform datelor de foraj și faliilor stabilite prin metode geomorfologice [5]. Analiza datelor chimice ale apelor subterane nu relevă, de asemenea, nicio valoare hidrogeochimică anormală, la fel ca în cazul compoziției gazelor [6].

În structura geologică, se disting clar rocile fundamentului cristalin Precambrian. Deasupra acestor formațiuni se află depozite din vârstele pre Siluriene, Siluriene, Cretacice, Paleogene și Neogene. Din punct de vedere stratigrafic, rocile de fundament sunt reprezentate de granite și granit-gnaise, cristaline grosier, granulare, puternic metamorfizate, de culoare roz-roșiatică, gri deschis și gri-albicioasă. Aceste roci au fost deschise numai la grosimea de aproximativ 16,0 m. Formațiunile proterozoice (?) sunt reprezentate de șisturi micacee filitice și straturi intermediare de conglomerate, care sunt cimentate de material cuarțos fin. Grosimea acestor depozite variază de la 17,0 la 35,0 m. Rocile cambriene, reprezentate în principal de un strat de silită-gresie, cu o grosime de 45,0 m până la 72,0 m, suprapun în mod neconform șisturile filitice. Deasupra acestui strat, cu un contact litologic, se află un strat gros (164,0 – 188,0 m) de roci silitice pestrițe din Cambrianul inferior – Ordovicianul (?). În plus, pe aceste roci, cu o neconformitate stratigrafică, se află un strat gros (aproximativ 350,0 m) de carbonați silurieni. Suprafața de eroziune a Silurianului este acoperită de roci din Cretacicul superior, care sunt reprezentate de conglomerate bazale și gresii cu o grosime de 45,0 – 87,0 m. Pe suprafața erodată a depozitelor din Cretacicul superior cu neconformitate stratigrafică se află formațiuni cenozoice – sedimente paleogene și neogene. Grosimea acestor formațiuni variază de la 350,0 la 370,0 m, care sunt reprezentate (de jos în sus) de calcare cu faună, argile mar-noase, argile calcaroase, argile nisipoase și nisipuri fin granulare.

Cadrul viitorului model 3D ar trebui să includă 6 straturi geologice, și anume fundamentul, Cambrianul, Cambrianul – Ordovicianul (?), Silurianul, Cretacicul și Neogenul. În studii ulterioare, cadrul poate fi detaliat, în special în intervalul Cambrian-Silurian, unde sunt amplasate structuri pentru depozite subterane de stocare a gazelor, selectate de noi pe baza caracteristicilor geologice și hidrogeologice (anticlinale, porozitate crescută a rocilor, absența faliilor etc.). Au fost identificate trei structuri sub formă de anticlinale, care pot fi studiate în detaliu ca rezervoare pentru instalații subterane de stocare a gazelor (Fig. 1). Reprezentarea structurilor anticlinale în coordonate 3D a fost realizată utilizând pachetul software Surfer [9].

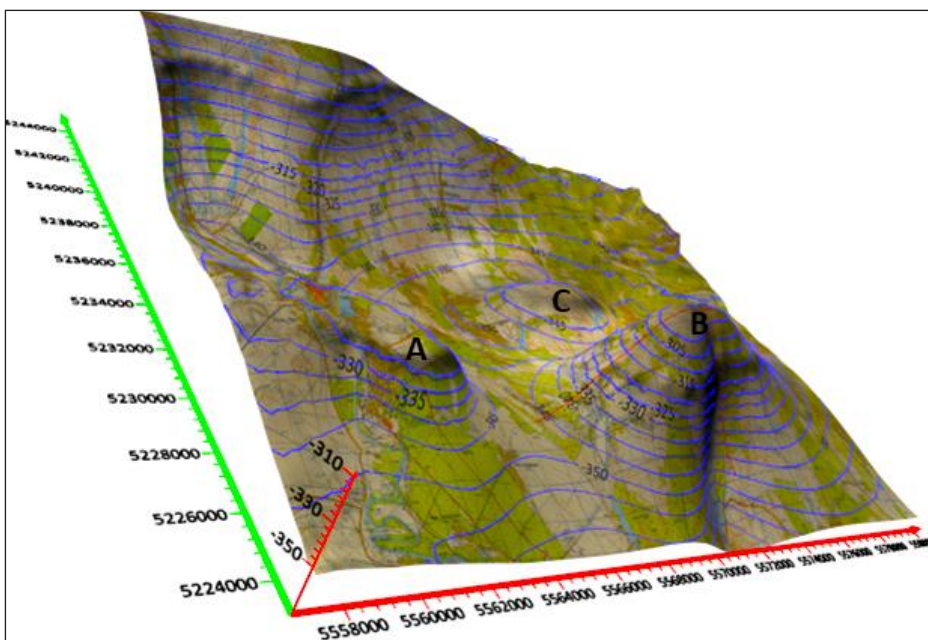


Figura 1. Structuri anticlinale (A, B și C – indici ai structurilor; albastru – contururi de adâncime în m față de cota absolută topografică)

Structura (A) este un zăcământ gazifer (Berești) de dimensiuni reduse, care a fost exploatat parțial în perioada 1959-1964. A doua (B) și a treia (C) structură au fost identificate de noi pe baza datelor geologice și hidrogeologice.

Toate formațiunile geologice conțin ape subterane, care sunt limitate la acviferele din Sarmațian superior, Sarmațian mediu, Sarmațian inferior, Tortonian și Cretacic și la complexe acvifere din Silurian, Cambrian și Precambrian. Acviferele posedă presiune hidrolică (fig.2) și apa subterană conține săruri (fig.3). În acvifere sunt depistate concentrații industriale de I, B, Br, He.

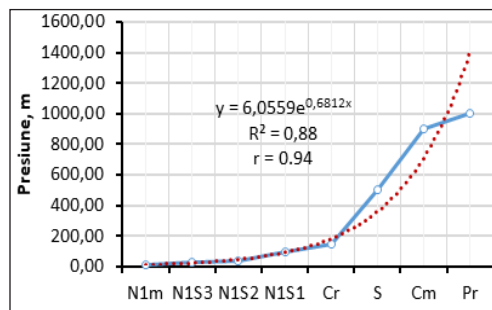


Figura 2. Dependenta presiune hidrolică-acvifer apa – acvifer
(albastru-reală, roșie – statistică)

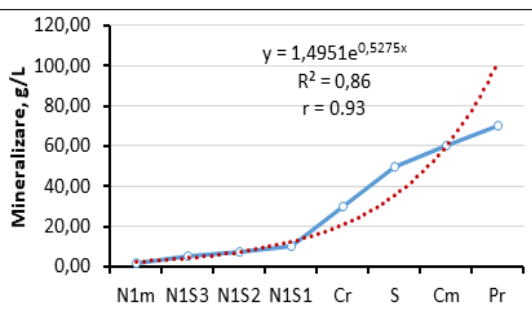


Figura 3. Dependenta mineralizare
(albastru-reală, roșie – statistică)

Debitul sondelor este variabil cu valori maximum până la 200 m³/oră. Temperatura rocilor și a apelor subterane, de asemenea este variabilă cu valori până la 50 °C în Cambrian. În baza datelor hidrodinamice și hidrogeochimice sa constatat, ca mișcarea apelor subterane în complexe acvifere Cambrian și Precambrian este mică (practic câțiva cm/an). Această constatare este importantă pentru stocarea gazelor naturale.

Proprietățile de colector pentru gaze a rocilor din Silurian și Cambrian sunt variabile: permeabilitate 2.144 – 254.00 mD cu kerosen și porozitate 16.11 – 19.47 % (Edelștein, 1963). Un indicator al permeabilității rocilor este și debitul sondelor, cu ar fi în complexele acvifere ale Silurianului și Cambrianului, care atinge cca 172 m³/zi. Așa productivitate a sondelor se datorează numai prezenței zonelor cu permeabilitate mare a rocilor.

Volumul structurilor anticlinale este convingător și considerabil pentru crearea depozitelor de gaze subterane. În prealabil, cu referință la fig.1, structura B - are axa mică 5 km, axa mare 14 km și suprafața cca 70 km². Ținând cont, că înălțimea anticlinalei este aproximativ 50 m (0.05 km) volumul ei va constitui cca 3.5 km³ sau 3.5 x 10⁹ m³ pentru condiții fizico-chimice normale și fără a ține cont de date permeabilității reale. De asemenea, cantitatea stocată de gaze naturale în acest volum va fi cu mult mai mare, datorită înmagazinării gazelor sub presiune (legea lui Boyle-Mariotte).

CONCLUZII

Ca urmare a studiilor, a fost creată baza fundamentală a modelului conceptual pentru modelarea geologică tridimensională ulterioară a depozitelor subterane de stocare a gazelor. Astfel, pentru zona studiată, au fost analizate condițiile tectonice, structura geologică și hidrogeologică, principiile de identificare a straturilor și caracteristicile litologice ale acestora, structura cadrului geologic 3D și structurile geologice care vor fi studiate ca rezervoare pentru instalațiile subterane de stocare a gazelor. În procesul de modelare 3D, multe elemente geologice și hidrogeologice vor fi cu siguranță clarificate și adăugate, dar baza modelului conceptual va rămâne semnificativă.

REFERINȚE:

1. Геологическое и структурное моделирование в Petrel с методами автоматизации процессов обновления модели. Schlumberger Information Solutions, 2008, 266 с.
2. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. М.: ООО ИПЦ Маска, 2009, 376 с.
3. Закревский К.Е., Майсюк Д.М., Сыртланов В.Р. Оценка качества 3D моделей. М.: ООО ИПЦ Маска, 2008, 210 с.
4. Закревский К.Е. Практикум по геологическому 3D моделированию. Построение тестовой модели в Petrel 2009. М., 2010, 110 с. ISBN 978-5-98422-099-6.
5. Морару К.Е. Тектонические особенности и макросейсмическое поле юго-западной части Русской платформы. В: Российский сейсмологический журнал, 2020, Т.2, № 2, с. 48- 57. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.2.04>
6. Шинкарюк В.Г. Артезианские воды Молдавии и их использование в народном хозяйстве: автореф. дис. канд. геол.-мин. наук: / В.Г. Шинкарюк – Л., 1987. - 16
7. Liu L., Li T., Ma C. Research on 3D Geological Modeling Method Based on Deep Neural Networks for Drilling Data. Appl. Sci. 2024, 14, 423. <https://doi.org/10.3390/app14010423>
8. Abigail K. Burt, Phillip Sirles and Alan Keith Turner. Data Sources for Building Geological Models. Applied Multidimensional Geological Modeling: Informing Sustainable Human Interactions with the Shallow Subsurface, First Edition. Edited by Alan Keith Turner, Holger Kessler, and Michiel J. van der Meulen. John Wiley & Sons Ltd., 50 p.
9. SURFER, ver. 11.6.1159 (64-bit). <https://www.goldensoftware.com/>
10. *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 22)*. <www.ibm.com/us-en/marketplace/spss-statistics> (as 22.11.2017).

***N.B.** Acest studiu a fost realizat cu sprijinul financiar al Programului de Stat de Cercetare al Republicii Moldova, cod 010902 al Universității de Stat din Moldova, cu tema “Studii complexe geologo - hidrogeologice și geochemice privind amenajarea depozitelor pentru înmagazinarea subterană a gazelor naturale în partea de Centru-vest a Republicii Moldova (teorie, metodologie și fezabilitate)”, 2024-2027”.*