

*zemnoy kory i mantii. Tektonicheskie zakonomernosti razmeshcheniya poleznykh iskopaemykh : materialy XXXVIII Tektonicheskogo soveshchaniya* [Tectonics of the Earth's Crust and Mantle. Tectonic Regularities in the Location of Minerals. Proceedings of XXXVIII Tectonic Meeting], Moscow, GEOS Publ., 2005, vol. 2., pp. 108–113.

10. Popkov V. I. *Skladchato-nadvigovye dislokatsii* [Fold-and-thrust dislocations], Moscow, Nauchny mir Publ., 2001. 136 p.

11. Popkov V. I. Stress-tektonika Skifskoy plity [Stress tectonics of the Scythian]. *Trudy SevKavGTU. Seriya neft i gaz* [Proceedings of the SevQavSTU. Series of Oil and Gas], 2001, issue 4, pp. 17–29.

12. Popkov V. I., Dementeva I. Ye., Kazarova Ye. V. Geological prerequisites for oil and gas content of the subpressural zones of the west of the Scythian plate [Geologicheskie predposylki neftegazonosnosti podnadvigovykh zon zapada Skifskoy plity]. *Fundamentalnyy bazis innovatsionnykh tekhnologiy poiskov, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy nefti i gaza i prioritetye napravleniya razvitiya resursnoy bazy TEK Rossii : tezisy dokladov XXI Gubkinskikh chteniy* [Fundamental Basis of Innovative Technologies for Prospecting, Exploration and Development of Oil and Gas Fields and Priority Directions for the Development of the Resource Base of the Fuel and Energy Complex of Russia. Proceedings of the XXI Gubkin Readings], 2016, pp. 56–59.

13. Popkov V. I., Pinchuk T. N. Litologiya paleozoyskikh otlozheniy Zapadnogo Predkavkazya [Lithology of Paleozoic deposits of the Western Ciscaucasia]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 3 (42), pp. 71–77.

14. Popkov V. I., Popkov I. V. Predskifiyskiy kraevoy progib – novyy neftegazoperspektivnyy obekt Skifskoy plity [Pre-Scythian marginal trough is a new oil and gas perspective object of the Scythian plate]. *Geologiya. Izvestiya Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnym resursom Akademii nauk Respubliki Bashkortostan* [Geology. Proceedings of the Department of Earth Sciences and Natural Resources Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan], 2011, no. 16, pp. 84–86.

15. Popkov V. I., Yapaskurt O. V., Demidov A. A. Osobennosti stroeniya fundamenta Mangyshlaka [Peculiarities of the structure of the Mangyshlak foundation]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya Geologiya* [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Ser. Geology], 1986, no. 5, pp. 135–143.

16. Popkov V. I., Yapaskurt O. V., Demidov A. A. Porody fundamenta yugo-zapada Turanskoy plity [Breeds of the basement of the southwest of the Turan plat]. *Sovetskaya geologiya* [Soviet Geology], 1985, no. 9, pp. 106–113.

17. Rogozha O. I., Shimanskiy A. A. Novye predstavleniya o geologicheskom stroenii tsentralnoy chasti Azovskogo vala [New ideas about the geological structure of the central part of the Azov shaft]. *Sovetskaya geologiya* [Soviet Geology], 1977, no. 1, pp. 122–127.

18. Slavin V. I., Khain V. Ye. Rannekimmeriyskie geosinklinalnye progiby severa tsentralnoy chasti Sredizemnomorskogo poyasa [Early Cimmerian Geosynclinal Troughs in the North of the Central Part of the Mediterranean Belt]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 4. Geology], 1980, no. 2, pp. 3–14.

19. Yudin V. V. Predskifiyskiy kraevoy progib [Pre-Scythian marginal trough]. *Geodinamika i neftegazonosnye sistemy Chernomorsko-Kaspiyskogo regiona* [Geodynamics and Oil-and-Gas Bearing Systems of the Black Sea-Caspian region], Simferopol, Tavria-Plus Publ., 2001, pp. 177–183.

## ГРАВИТАЦИОННЫЕ АНОМАЛИИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ В ЗОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Петренко Василий Иванович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 16/1, e-mail: petrenko-stavropol@rambler.ru

**Керимов Абдул-Гапур Гусейнович**, доктор технических наук, доцент, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 16/1, e-mail: kerimov@ncstu.ru

**Петренко Иван Николаевич**, аспирант, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 16/1, e-mail: petrenko-rng071@mail.ru

*Салазова Александра Юрьевна*, магистрант, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 16/1, e-mail: salasowa@yandex.ru

*Коломиец Наталья Бронеславовна*, магистрант, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 16/1

В зоне расположения месторождений углеводородов, в особенности газовых и газоконденсатных залежей, постоянно присутствует гравитационная аномалия, обусловленная разностью массы ловушки, заполненной углеводородами, и массы окружающих пород, заполненных водой в основном высокой минерализации. Гравитационную аномалию до начала разработки газовой залежи можно определить, сопоставив массу сжатого в ловушке газа с массой воды, которая ранее заполняла все поровое пространство залежи. При отборе газа из газовых и газоконденсатных месторождений, т.е. при массопереносе углеводородов из залежей на поверхность, гравитационная аномалия возрастает. Это возрастание зависит от интенсивности отбора газа и снижения пластового давления. В работе выполнена детальная оценка величины гравитационной аномалии до начала разработки гигантского газоконденсатного месторождения Хасси Р'Мель (Алжир), а затем и возрастание гравитационной аномалии в процессе его разработки.

**Ключевые слова:** газовая залежь, масса газа, масса воды, гравитационная аномалия

#### GRAVITATIONAL ANOMALIES IN THE EARTH'S CRUST IN THE AREA OF GAS AND GAS CONDENSATE FIELDS

*Petrenko Vasily I.*, D.Sc. in Geology and Mineralogy, Professor, North-Caucasian Federal University, 16/1 Kulakov ave., Stavropol, 355009, Russian Federation, e-mail: petrenko-stavropol@rambler.ru

*Kerimov Abdul-Gapur G.*, D.Sc. in Technical, Associate Professor, North-Caucasian Federal University, 16/1 Kulakov ave., Stavropol, 355009, Russian Federation, e-mail: kerimov@ncstu.ru

*Petrenko Ivan N.*, post-graduate student, North-Caucasian Federal University, 16/1 Kulakov ave., Stavropol, 355009, Russian Federation, e-mail: petrenko-rng071@mail.ru

*Salazova Aleksandra Yu.*, undergraduate, North-Caucasian Federal University, 16/1 Kulakov ave., Stavropol, 355009, Russian Federation, e-mail: salasowa@yandex.ru

*Kolomiets Natalya B.*, undergraduate, North-Caucasian Federal University, 16/1 Kulakov ave., Stavropol, 355009, Russian Federation,

In the zone of hydrocarbon deposit location especially of gas and - condensate deposit is constantly present the gravitational anomaly conditioned by the difference of the trap mass filled with water mainly of high mineralization. Before starting up the gas deposit production the gravitational anomaly can be determined by comparing the mass of the gas compressed in the trap with the water mass which has filled all the gas pocket of the deposit earlier. When sampling gas from gas and gas - condensate deposits, that is, with mass-transfer of hydrocarbons from deposits on to the surface, the gravitational anomaly increase, it is being known that this increase depends on the intensity of gas sampling and decrease of the gassy seam. The detailed estimation of the gravitational anomaly, before starting up the production of the gigantic gascondensate deposit in Hass R'Mel (Algeria) and then the increase of the gravitational anomaly in the process of its production had been carried out in this work.

**Keywords:** gas reservoir, the gas mass, mass of water, gravitational anomaly

В зоне расположения месторождений углеводородов, в особенности газовых и газоконденсатных залежей, постоянно присутствует гравитационная аномалия, обусловленная разностью массы ловушки, заполненной углеводородами, и массы окружающих пород, заполненных водой разной минерализации. При отборе газа из газовых и газоконденсатных месторождений, т.е. при массопереносе углеводородов, гравитационная аномалия возрастает. Причем это возрастание зависит как от начальных и текущих запасов газа, так и от интенсивности понижения пластового давления.

В работе выполнена детальная оценка величины гравитационной аномалии до начала разработки гигантского газоконденсатного месторождения Хасси Р'Мель в Алжире.

Газоконденсатное месторождение (ГКМ) Хасси Р'Мель с начальными запасами газа ( $V_r$ ) в триасовых отложениях  $2415,953 \cdot 10^9 \text{ м}^3$  при пластовой температуре  $90^\circ \text{C}$  и начальном давлении  $30,52 \text{ МПа}$  было открыто в 1956 г. в алжирской Сахаре и введено в разработку в 1958 г. [10, 11–15]. К настоящему времени практически выработано.

С целью определения гравитационной аномалии следует рассчитать массу газа в залежи и сопоставить ее с массой воды, насыщавшей все поровое пространство структуры до ее заполнения газом.

Практически все расчеты по газовым залежам осуществляются с использованием коэффициента сверхсжимаемости газа  $Z$ . Значение последнего зависит от состава пластового газа и термобарических условий в залежи. Коэффициент сверхсжимаемости газа определяют по величинам приведенных параметров, пример вычисления которых приводим для месторождения Хасси Р'Мель. В таблице 1 дан состав пластового газа месторождения Хасси Р'Мель. Из работы [6] заимствованы критические давление и температура для компонентов газа.

Таблица 1

**Определение псевдокритических параметров  
для газа газоконденсатного месторождения Хасси Р'Мель**

Компонент	Содержание в газе		Крит. Р, МПа	Крит. Т, К	Псевдокр. Р, МПа	Псевдокр. Т, К
	об. %	мол. доля				
CH <sub>4</sub>	78,943	0,78943	4,62	190,5	3,64757	150,386
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7,31	0,0731	4,86	305	0,35497	22,2955
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,86	0,0286	4,24	370	0,12120	10,582
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,59	0,0059	3,63	408,2	0,02142	2,40838
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,08	0,0108	3,78	425,2	0,04079	4,592
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,36	0,0036	3,32	461,0	0,01194	1,6596
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,50	0,0050	3,36	469,7	0,01678	2,3485
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,62	0,0062	3,02	508,0	0,01873	3,1496
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,52	0,0052	2,73	540,4	0,01418	2,81
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,42	0,0042	2,48	569,5	0,01042	2,3919
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,35	0,0035	2,28	595,2	0,00797	2,0832
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,26	0,0026	2,10	616,2	0,00546	1,60212
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	0,19	0,0019	2,08	656	0,00395	1,2464
C <sub>12</sub> H <sub>26+</sub>	0,53	0,0053	1,96	705	0,01040	3,7365
CO <sub>2</sub>	0,14	0,0014	7,37	304,2	0,01031	0,42588
N <sub>2</sub>	5,31	0,0531	3,37	125,8	0,17919	6,67998
He	0,017	0,00017	0,23	5,0	0,00004	0,00085
Итого	100	1,0			4,47532	218,4

Определены значения псевдокритических давления и температуры, которые составили соответственно  $P = 4,47532$  МПа и  $T = 218,4$  К.

Приведенное давление находится из выражения:

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пл}}}{P_{\text{пкр}}} \quad (1)$$

$$P_{\text{пр}} = \frac{30,52 \text{ МПа}}{4,475 \text{ МПа}} = 6,82.$$

Приведенную температуру определяем по формуле:

$$T_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пл}}}{T_{\text{пкр}}} \quad (2)$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{363}{218,4} = 1,66.$$

Из таблицы П2 [6] находим коэффициент сверхсжимаемости газа, который составляет  $Z_{\text{пл}} = 0,955$ .

Массу газа в месторождении до начала его разработки определили через его абсолютную плотность:  $2415,953 \cdot 10^9 \text{ м}^3 \cdot 0,7082 \text{ кг/м}^3 = 1710,978 \cdot 10^9 \text{ кг} = 1,711 \cdot 10^6 \text{ т}$ .

Чтобы определить газонасыщенный поровый объем залежи, необходимо знать коэффициент пластового объема газа  $V_0$  [6], который находится из выражения:

$$V_0 = \frac{Z_{\text{пл}} \cdot P_{\text{ст}} \cdot T_{\text{пл}}}{P_{\text{пл}} \cdot T_{\text{ст}}}, \quad (3)$$

где  $Z_{\text{пл}}$  – коэффициент сверхсжимаемости газа;  $P_{\text{ст}}$  – стандартное давление в  $\text{кг/см}^2$ ;  $T_{\text{пл}}$  – пластовая температура в градусах Кельвина;  $T_{\text{ст}}$  – стандартная температура в градусах Кельвина.

$$V_0 = \frac{0,955 \cdot 1,03 \cdot 363}{311,1 \cdot 293} = \frac{366,04 \text{ м}^3}{91152,3 \text{ м}^3} = 0,0040157 \text{ м}^3/\text{нм}^3.$$

Полученная величина свидетельствует о том, что при начальных термобарических параметрах залежи (30,52 МПа и 90 °С)  $1 \text{ м}^3$  сжатого газа занимает объем  $4,016 \text{ дм}^3$ .

Обратная величина коэффициента пластового объема газа, равная  $249,02 \text{ нм}^3/\text{м}^3$  ( $1/V_0 = 1/0,0040157 = 249,02 \text{ м}^3/\text{нм}^3$ ), говорит о том, что при начальных пластовых условиях в  $1 \text{ м}^3$  газонасыщенного порового пространства сконцентрировано  $249,02 \text{ м}^3$  газа.

Отсюда легко находится газонасыщенный поровый объем залежи:

$$\Omega_{\Gamma} = V_{\Gamma} \cdot V_0 = 2415,953 \cdot 10^9 \text{ м}^3 \cdot 0,0040157 = 9,702 \cdot 10^9 \text{ м}^3.$$

Газонасыщенный поровый объем залежи можно определить и так:

$$\Omega_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma}}{V_0} = \frac{2415,953 \cdot 10^9 \text{ м}^3}{249,02 \text{ м}^3} = 9,702 \cdot 10^9 \text{ м}^3.$$

Газонасыщенность порового пространства залежи равна 82 % [1], следовательно, водонасыщенность составляет 18 % пор. Несложные расчеты показывают, что водонасыщенный поровый объем равен  $2,130 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ , а общий поровый объем залежи  $11,832 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ .

Для определения общей массы остаточной воды принимаем ее плотность равной  $1,1 \text{ т/м}^3$ . Отсюда находим общую массу воды:

$$M_B = 2,130 \cdot 10^9 \text{ м}^3 \cdot 1,1 \text{ т/м}^3 = 2,343 \cdot 10^9 \text{ т}.$$

Для определения гравитационной аномалии важно сопоставление масс не только флюидов, но и совместной массы флюидов и породы, слагающей пласт.

Объем породы пласта определяем через значение флюидонасыщенной пористости, которая составляет 16,1 %. Через пористость находится общий объем флюидонасыщенной породы, который составил  $73,49 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ .

Объем скелета породы определяется разностью между общим объемом породы и объемом флюидонасыщенного порового пространства:

$$73,490 \cdot 10^9 \text{ м}^3 - 11,832 \cdot 10^9 \text{ м}^3 = 61,658 \cdot 10^9 \text{ м}^3.$$

Для определения массы породы принимаем ее плотность равной  $2,3 \text{ т/м}^3$ . Тогда масса всей породы составит

$$M_{пор} = 61,658 \cdot 10^9 \text{ м}^3 \cdot 2,3 \text{ т/м}^3 = 141,8134 \cdot 10^9 \text{ т}.$$

Суммарная масса структуры с газом до начала разработки составляла:

$$\sum M_{стрI} = M_{породы} + M_B + M_G = 141813,4 \cdot 10^6 \text{ т} + 2343 \cdot 10^6 \text{ т} + 1,711 \cdot 10^6 \text{ т} = 144158,111 \cdot 10^6 \text{ т}$$

До заполнения ловушки газом весь поровый объем ловушки был заполнен водой. Принимаем ее плотность равной  $1,1 \text{ т/м}^3$ . Находим массу воды до заполнения ловушки газом:

$$M_{вII} = 11,832 \cdot 10^9 \text{ м}^3 \cdot 1,1 \text{ т/м}^3 = 13,0152 \cdot 10^9 \text{ кг} = 13015,2 \cdot 10^6 \text{ т}.$$

Суммарная масса структуры до заполнения газом находится из выражения

$$\sum M_{стрII} = M_{породы} + M_{вII} = 141813,4 \cdot 10^6 \text{ т} + 13015,2 \cdot 10^6 \text{ т} = 154828,6 \cdot 10^6 \text{ т}.$$

Гравитационная аномалия равна

$$\sum M_{стр} = 154828,6 \cdot 10^6 \text{ т} - 144158,111 \cdot 10^6 \text{ т} = 10670,489 \cdot 10^6 \text{ т}.$$

Расчеты показывают, что для месторождения Хасси Р'Мель с размерами  $50 \times 70 \text{ км}$  до начала его разработки гравитационная аномалия, создаваемая горизонтальным однородным плоскопараллельным слоем, составляет  $0,115 \text{ мГал}$ . Погрешность современного гравиметра ГНУ-КВ составляет  $0,03 \text{ мГал}$ , что позволяет по величине гравитационной аномалии определять наличие ловушек, заполненных газом, а также контролировать перемещение контуров газ – вода как в разрабатываемых газовых залежах, так и в подземных хранилищах газа.

Предварительно можно сделать вывод о том, что гравитационная аномалия в различных газовых залежах в значительной степени зависит от пластового давления, так как с его повышением возрастает коэффициент пластового объема газа, т.е. в единице газонасыщенного порового пространства сконцентрировано большее количество газа, масса которого закономерно возрастает

(табл. 2). Следует особо отметить то обстоятельство, что для высокотемпературных залежей типа Арун и Мэри Энн при определении псевдоприведенных давления и температуры необходимо в составе газа учитывать присутствие водяного пара.

Таблица 2

**Зависимость  $V_0$  от термобарических параметров в залежи**

Месторождение	Начальное $P_{пл}$ , МПа	$T_{пл}$ , °С	Начальный $V_0$ , м <sup>3</sup> /нм <sup>3</sup>
Северо-Ставропольское	6,49	65	56
Хаси Р□Мель	30,52	90	249
Вуктыльское	36,30	92	324
Арун	49,0	178	330
Лак	64,0	130	481
Мэри Энн	75,8	232	455

Напрашивается также вывод о том, что одновременное проявление в геологической структуре, имеющей газовую залежь, таких проявлений, как мгновенное в сравнении с геологическими процессами [3] снижение пластового давления и возрастание вертикального эффективного напряжения на кровлю залежи, приводящее к сжатию порового пространства и обуславливающее прогибание земной коры (мульды просадки), возрастание гравитационной аномалии, приводят к геолого-тектоническим напряжениям в земной коре, которые могут повлиять на сейсмичность в регионе [8, 9].

**Список литературы**

1. Геолого-геохимические процессы в газоконденсатных месторождениях и ПХГ / В. И. Петренко, В.В. Зиновьев, В. Я. Зленко, И. В. Зиновьев, С. Б. Остроухов, Н. В. Петренко. – Москва : Недра, 2003. – 511 с.
2. Коротчаев Ю. П. Избранные труды : в 3 т. / под ред. Р. И. Вяхирева / Ю. П. Коротчаев. – Москва : Недра, 1999. – Т. 3. – 364 с.
3. Кукал Зденек. Скорость геологических процессов / Зденек Кукал. – Москва : Мир, 1987. – 246 с.
4. Моделирование разработки месторождений природных газов с воздействием на пласт / Р. М. Тер-Саркисов, Н. А. Гужов, А. А. Захаров, Ю. В. Илатовский, В. А. Николаев. – Москва : Недра-Бизнесцентр, 2004. – 590 с.
5. Основы технологии добычи газа / А. Х. Мирзаджанзаде, О. Л. Кузнецов, К. С. Басниев, З. С. Алиев. – Москва : Недра, 2003. – 880 с.
6. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа / Д. Л. Катц, Д. Корнелл, Р. Кобаяши, Ф. Х. Поеттманн, Дж. А. Вери, Дж. Е. Еленбаас, Ч. Ф. Уайнауг. – Москва : Недра, 1965. – 676 с.
7. Самопроизвольное поддержание пластового давления в высокотемпературной газовой залежи в результате испарения остаточной воды / В. И. Петренко, В. Я. Зленко, В. М. Башкин, Н. В. Петренко // Проблемы добычи газа, газового конденсата, нефти : тезисы докладов V Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию ОАО «СЕВКАВНИПИГАЗ» (Кисловодск, 15–19 октября 2007). – Ставрополь : СЕВКАВНИПИГАЗ, 2007. – С. 148–150.
8. Смирнова М. Н. Изучение флуктуации дебита нефтяных скважин с целью предсказания землетрясений / М. Н. Смирнова, В. В. Малышева // Газо-геохимические методы поисков полезных ископаемых в Южно-Каспийской впадине и обрамляющих горных системах : тезисы докладов Всесоюзного семинара. – Баку, 1979. – С. 102–103.
9. Смирнова М. Н. О влиянии землетрясений на добычу нефти месторождения Гудермес / М. Н. Смирнова // Известия АН СССР. Физика Земли. – 1968. – № 12. – С. 71–76.
10. Справочник по газовым и нефтяным месторождениям зарубежных стран. – Москва : Недра, 1976. – Книга 1. Европа, Северная и Центральная Америка. – 600 с.

11. Petrenko V. To the Problem of Gas phase transport of Chemical Elements in Earth's Crust / V. Petrenko, P. Geresh, V. Vershovski // Abstracts of 30<sup>th</sup> International Geological Congress, 4–14 August 1996, Beijing, China. – Beijing : IGC, 1996. – Vol. 2. – P. 891.
12. Petrenko V. Geologo-Physical and Geochemical Results of Natural Gases and Water global connection / V. Petrenko, V. Vershovski, N. Petrenko // Abstracts of 30<sup>th</sup> International Geological Congress, 4–14 August 1996, Beijing, China. – Beijing : IGC, 1996. – Vol. 2. – P. 186.
13. Geodynamiques des fluides dans le cadre du gisement de Hassi R'Mel / T. Ghalem, M. Terkmani, V. Petrenko, V. Potukaev // 4-eme Seminaire National des Science de la Terre, Alger, 5–7 Juin 1982. – Alger : Centre National de Recherches et d'Applications des Geosciences (C.R.A.G.), Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.), 1982. – P. 46.
14. Terkmani M. Relation entre la geodynamique des fluides et les tremblements de la terre / M. Terkmani, V. Petrenko // 4-eme Seminaire National des Science de la Terre, Alger, 5–7 Juin 1982. – Alger : Centre National de Recherches et d'Applications des Geosciences (C.R.A.G.), Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.), 1982. – P. 90.
15. Terkmani M. Sur le mecanisme de subsidence au-dessus des gisements de matieres utiles liquides et gazeuses en exploitation / M. Terkmani, V. Petrenko, R. Fasljev // 4-eme Seminaire National des Science de la Terre, Alger, 5–7 Juin 1982: Resumes. – Alger : Centre National de Recherches et d'Applications des Geosciences (C.R.A.G.), Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.), 1982. – P. 91.

### References

1. Petrenko V. I., Zinovev V. V., Zlenko V. Ya., Zinovev I. V., Ostroukhov S. B., Petrenko N. V. *Geologo-geokhimicheskie protsessy v gazokondensatnykh mestorozhdeniyakh i PKhG* [Geological and geochemical processes in gas and condensate fields and UGS], Moscow, Nedra Publ., 2003. 511 p.
2. Korotaev Yu. P. *Izbrannye trudy* [Selected works], Moscow, Nedra Publ., 1999, vol. 3. 364 p.
3. Kukul Zdenek. *Skorost geologicheskikh protsessov* [The rate of geological processes], Moscow, Mir Publ., 1987. 246 p.
4. Ter-Sarkisov R. M., Guzhov N. A., Zakharov A. A., Ilatovskiy Yu. V., Nikolaev V. A. *Modelirovanie razrabotki mestorozhdeniy prirodnnykh gazov s vozdeystviem na plast* [Modelling the development of natural gas fields with stimulation], Moscow, Nedra-Biznestsentr Publ., 2004. 590 p.
5. Mirzadzhanzade A. Kh., Kuznetsov O. L., Basniev K. S., Aliev Z. S. *Osnovy tekhnologii dobychi gaza* [The basic technology of gas production], Moscow, Nedra Publ., 2003. 880 p.
6. Katts D. L., Kornell D., Kobayashi R., Poettmann F. Kh., Veri Dzh. A., Yelenbaas Dzh. Ye., Uaynaug Ch. F. *Rukovodstvo po dobyche, transportu i pererabotke prirodnogo gaza* [Guide to production, transport and processing of natural gas], Moscow, Nedra Publ., 1965. 676 p.
7. Petrenko V. I., Zlenko V. Ya., Bashkin V. M., Petrenko N. V. Samoproizvolnoe podderzhanie plastovogo davleniya v vysokotemperaturnoy gazovoy zalezhi v rezultate ispareniya ostatochnoy vody [Spontaneous formation pressure maintenance in high-temperature gas reservoirs as a result of evaporation of residual water]. *Problemy dobychi gaza, gazovogo kondensata, nefiti : tezisy dokladov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 45-letiyu OAO «SEVKAVNIPIGAZ» (Kislovodsk, 15–19 oktyabrya 2007)* [Problems of Extraction of Gas, Gas Condensate, Oil. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference devoted to the 45<sup>th</sup> anniversary of JSC “SEVKAVNIPIGAZ”. (Kislovodsk, 15–19 October 2007)], Stavropol, SEVKAVNIPIGAZ Publ., 2007, pp. 148–150.
8. Smirnova M. N., Malysheva V. V. Izuchenie fluktuatsii debita neftyanykh skvazhin s tselyu predskazaniya zemletryaseniy [Studying of fluctuation of an output of oil wells for the purpose of a prediction of earthquakes]. *Gazo-geokhimicheskie metody poiskov poleznykh iskopaemykh v Yuzhno-Kaspiyskoy vpadine i obramlyayushchikh gornyykh sistemakh : tezisy dokladov Vsesoyuznogo seminar* [Gas and geochemical methods of searching for minerals in the South Caspian basin and framing mountain systems. Proceedings of the All-Union Seminar], 1968, no. 12, pp. 71–76.
9. Smirnova M. N. O vliyaniy zemletryaseniy na dobychu nefiti mestorozhdeniya Gudermes [About influence of earthquakes on oil production of the field Gudermes]. *Izvestiya AN SSSR. Fizika Zemli* [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Physics of Earth], Baku, 1979, pp. 102–103.
10. *Spravochnik po gazovym i neftyanym mestorozhdeniyam zarubezhnykh stran* [Reference book on gas and oil fields of foreign countries], Moscow, Nedra Publ., 1976, book 1. Europe, North and Central America. 600 p.
11. Petrenko V., Geresh P., Vershovski V. To the Problem of Gas phase transport of Chemical Elements Earth's Crust. *Abstracts of 30<sup>th</sup> International Geological Congress, 4–14 August 1996, Beijing, China*, Beijing, IGC Publ., 1996, vol. 2, pp. 891.

12. Petrenko V., Vershovski V., Petrenko N. Geologo-Physical and Geochemical Results of Natural Gases and Water global connection. *Abstracts of 30<sup>th</sup> International Geological Congress, 4–14 August 1996, Beijing, China*, Beijing, IGC Publ., 1996, vol. 2, pp. 186.

13. Ghalem T., Terkmani M., Petrenko V., Potukaev V. Geodynamique des fluides dans le cadre du gisement de Hassi R'Mel. *4-eme Seminaire National des Science de la Terre, Alger, 5–7 Juin 1982*, Alger, Centre National de Recherches et d'Applications des Geosciences (C.R.A.G.), Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.) Publ. House, 1982, pp. 46.

14. Terkmani M., Petrenko V. Relation entre la geodynamique des fluides et les tremblements de la terre. *4-eme Seminaire National des Science de la Terre, Alger, 5–7 Juin 1982*, Alger, Centre National de Recherches et d'Applications des Geosciences (C.R.A.G.), Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.) Publ. House, 1982, pp. 90.

15. Terkmani M., Petrenko V., Fasliev R. Sur le mecanisme de subsidence au-dessus des gisements de matieres utiles liquides et gazeuses en exploitation. *4-eme Seminaire National des Science de la Terre, Alger, 5–7 Juin 1982*, Alger, Centre National de Recherches et d'Applications des Geosciences (C.R.A.G.), Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.) Publ. House, 1982, pp. 91.

### **ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕОСИСТЕМ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ**

*Артамонова Светлана Владимировна*, кандидат географических наук, доцент, Оренбургский государственный университет, 460018, Российская Федерация, Оренбургская обл., г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: nebo7208@mail.ru

В данной статье рассмотрена проблема оптимизации недропользования и предотвращения технической деградации и загрязнения техногеосистем. Распределение тяжелых металлов в пределах Гайской аномалии соответствует закономерностям формирования парадинамических ландшафтно-геохимических систем, привязанных к элювиально-аккумулятивным уровням. На основе методов кластеризации, основанных на объективной группировке цифровых показателей концентрации тяжелых металлов в отдельные кластеры, получены ландшафтно-геохимические уровни, характеризующиеся общими особенностями концентрации тяжелых металлов. Отличительными особенностями техногеосистемы Гайского месторождения являются существенные различия между элювиальным и аккумулятивным уровнями, а также резкая выраженность границ техногеосистем, сформировавшихся вследствие горных разработок. Основное количество сточных вод на территории Гайского месторождения зависит от деятельности расположенного здесь обогатительного комбината. Иными словами, формирование техногенных сточных вод связано преимущественно с западной частью месторождения, в то время как подотвальные глубоко метаморфизованные и одновременно ограниченно распространенные (локализованные) подземные воды – с восточной частью (там, где расположены Гайские карьеры). Таким образом, в районе Гайского месторождения большую опасность представляют загрязненные почвы (грунты), илы и техногенные осадки. Весьма опасны  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$ , так как они могут мигрировать на большие расстояния, загрязнять поверхностные и подземные воды, превращая их в непригодные для практического использования. Металлы имеют гораздо меньшую дальность миграции (из-за большого влияния на них pH среды). Однако, накапливаясь в почвах, они ухудшают условия проживания населения.

**Ключевые слова:** техногеосистемы, геоэкологическая опасность, промышленная зона, месторождения, техногенез, природные компоненты, геохимические поля, ландшафты, рельеф