

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПЛАСТОВЫХ ВОД ПРИКАРПАТЬЯ

УДК 550.42

### THE RESEARCH OF THE COMPOSITION OF TABULAR WATERS OF THE PRYCARPATHIANS

**Бандурина Е.В., Наливайко А.И.**  
Полтавский национальный  
технический университет  
имени Юрия Кондратюка, г. Полтава,  
Украина

**E.V. Bandurina, A.I. Nalyvayko**  
Poltava National Technical Yuri  
Konratyuk University  
Poltava, Ukraine

Исследовано содержание йода в пластовых водах нефтегазовых месторождений Прикарпатья. Предложена экспоненциальная зависимость содержания йода от минерализации пластовых вод месторождений Внешней и Внутренней зоны Прикарпатского прогиба.

Проанализировано содержание микроэлементов йода, брома в пластовых водах месторождений.

Выявлено, что значительные притоки пластовых вод из скважин, в которых испытываемые отложения свидетельствуют о том, что приурочены к этому комплексу залежи, находятся в условиях высокоактивной гидродинамической системы.

Исследованы залежи месторождений с повышенным содержанием ионов йода и брома. Установлено, что пластовые воды месторождений можно отнести к йодо-бромным (брома не менее 25,0 мг / л, йода не менее 5,0 мг / л).

По результатам исследований выявлено экспоненциальные зависимости между содержанием йода и минерализацией пластовых вод месторождений Внешней и Внутренней зоны Прикарпатского прогиба и выявлено увеличение содержания йода от увеличения минерализации вод на этих месторождениях. Значительное содержание йода в пластовых водах месторождений Прикарпатского прогиба (больше 50 мг/л) свидетельствует о необходимости утилизации пластовых вод этих месторождений за счет усовершенствования систем сбора и подготовки. Одним из методов совершенствования таких систем является применение установок извлечения из воды йода, который может быть использован в других отраслях промышленности.

Iodine content in tabular waters of oil and gas fields of the was analyzed. The exponential dependence of iodine content on the salinity of tabular waters in fields of Outer and Inner Zone of Prycarpathians bending was proposed.

The content of iodine and bromine trace elements in the tabular waters of fields has been analyzed. It was found, that a significant inflow of tabular water from wells, where sediments were tested, indicate that deposits adjacent to this complex are located in the conditions of highly active hydrodynamic system. Deposits with high content of iodine and bromine ions were studied. It was established that the tabular waters of fields can be attributed to iodine- bromine (bromine not less than 25.0 mg/l, iodine not less than 5.0 mg/l). According to the research, the exponential dependences were found between the content of iodine and the salinity of tabular waters of the fields of Inner and Outer zone of Prycarpathian bending and the increase of iodine content from the increase of the salinity of waters in these fields was found. The considerable content of iodine in tabular waters of the fields of Prycarpathian bending (more than 50 mg/l) testifies about the necessity of the utilization of tabular waters of these fields by improving collection and preparation systems.

The use of installations to extract iodine from water is one of the methods of improving such systems that can be used in other branches of industry. The content of iodine was research in tabular waters of oil and gas fields of the Prycarpathians. The exponential dependence of iodine content on the salinity of tabular waters in Outer and Inner zone of Prycarpathians bending was proposed.

**Ключевые слова:** микроэлемент, йод, бром, пластовые воды, нефтеносные бассейны, термобарические условия.

**Key words:** trace element, iodine, bromine, stratal waters, oil basins, thermobaric conditions.

Исследовано содержание йода в пластовых водах нефтегазовых месторождений Прикарпатья. Предложена экспоненциальная зависимость содержания йода от минерализации пластовых вод месторождений Внешней и Внутренней зоны Прикарпатского прогиба.

Утилизация пластовых вод является актуальной проблемой для всех производственных объектов нефте- и газодобывающей промышленности. Это

обусловлено тем, что во многих случаях пластовые воды агрессивны, вызывают интенсивную коррозию нефтепромыслового оборудования и сооружений. В результате коррозии возможны утечки пластовых вод при их сборе, подготовке, что может вызвать загрязнение почвы и источников питьевых вод.

Пластовые воды нефтяных и газовых месторождений представляют собой сложные растворы, в составе которых может находиться определенное количество солей и микроэлементов (йод, бром, бор, рубидий, барий, молибден и др.). Состав пластовых вод зависит от природы нефтяного пласта, физико-химических свойств нефти и газа. На нефтяных и газовых месторождениях Запада Украины преобладает достаточное для промышленной утилизации

количество йода. Содержание йода в пластовых водах непосредственно связано с процессами накопления его в илах. Н.А. Кузнецова провела опыты на модели пласта в условиях, близких к пластовым (температура до 150 °С, давление до 25 МПа), показавшие, что температуры до 150 °С являются достаточными для почти полного (93%) перехода поглощенного йода из пород в воду. Таким образом, признавая ведущую роль термолитиза в высвобождении йода из пород, следует считать оптимальными и достаточными температуры до 100-150 °С [1]. Исследованиям содержания йода в таких водах посвящены работы Калабугина Л.А., Ксензенко В.И. [1], Белоножко П.Н. [2], Бакиева С.А. [3], Крюченко Н.О. [4] и др. По мнению А.П. Виноградова [5], накопление йода в подземных водах месторождений и значительное его содержание в них, связано с историей образования нефти и газа, с чем нельзя не согласиться. Химический состав пластовых вод в значительной степени зависит от величины их минерализации. Степень их минерализации колеблется от нескольких сотен граммов на 1 м<sup>3</sup> в пресной воде и до 80 кг/м<sup>3</sup> в концентрированных рассолах. По химическому составу воды более сложные, чем по уровню их минерализации.

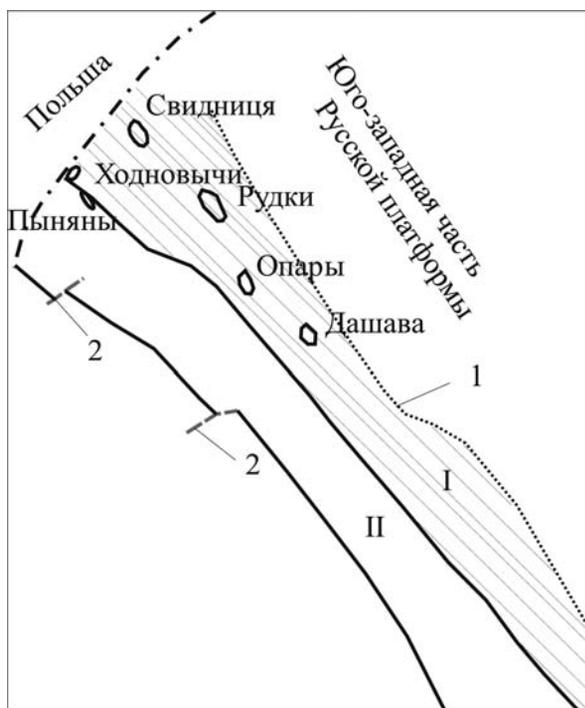


Рисунок 1. Карта месторождений Прикарпатской нефтегазоносной области: 1 – граница Русской платформы, 2 – разломы, I – Внешняя зона Прикарпатского прогиба; II – Внутренняя зона

Поэтому целью работы является проанализировать результаты содержания йода в зависимости от минерализации пластовых вод на примере Прикарпатья и выявить зависимости содержания

йода от минерализации, проанализировать возможность промышленной утилизации таких вод.

В геолого-структурном отношении Карпаты принадлежат к одному геологическому району с родственным строением, составом пород, условиями их образования и характером полезных ископаемых. Это молодая горная область [6]. Почти все известные месторождения нефти и газа этого региона связаны с Прикарпатским прогибом, в границах которого выделяют две зоны Внешнюю и Внутреннюю (рисунок 1).

Внешняя зона прогиба – район развития преимущественно газовых месторождений – является областью накопления мощного песчано-глинистого комплекса отложений миоценового возраста (преимущественно песчаники). Внутренняя зона прогиба – район развития преимущественно нефтяных месторождений – является областью накопления меловых отложений.

Подземные воды с высоким содержанием йода могут быть приурочены к различным геологическим структурам, но чаще они формируются в краевых прогибах и межгорных впадинах с высокими значениями тепловых потоков. Многокомпонентность вод из скважин на разных глубинах с разных залежей углеводородов свидетельствует об их генетической связи с пластами, где они залегают. Эти воды имеют различную минерализацию. Изучение Прикарпатского и Карпатского края начиналось с описания и открытия источников воды для выпаривания поваренной соли. Известно, что плотность пластовой воды зависит от количества растворенных в ней солей и колеблется в пределах 1010-1020 кг/м<sup>3</sup>. Согласно выполненным исследованиям А.В. Кудельский [7] определил, что нижняя температурная граница выделения йода с органо-минерального комплекса осадочных пород и накопления его в подземных водах составляет 35-50 °С. Однако интенсивно процессы разрушения йодсодержащих органических веществ происходят при температурах более 125-150 °С.

Исследования проб воды на содержание в ней йода проводились из скважин газовых месторождений Внешней (месторождения Рудки, Опары, Свидница, Ходновичи, Дашава, Калуш) и Внутренней (месторождения Пыняны) зоны Прикарпатского прогиба [8].

В результате исследований были отобраны пробы из скважин месторождений, которые относятся к объектам Внешней зоны Прикарпатского прогиба (месторождения Рудки, Опары, Свидница, Ходновичи, Дашава). Пластовая вода на месторождении Опары отбиралась из продуктивных интервалов от 420 до 637 м горизонтов нижнего сармата нижнедашавской подсвиты нефтегазоносного горизонта. Обнаружено, что плотность пластовой воды в таком случае составила около 1,2 г/см<sup>3</sup>, минерализа-

ция составила около 1000 мг-экв/л и содержание йода от 60,8 до 67,71 мг/л.

После анализа проб пластовой воды из интервала 784-800 м месторождения Свидница обнаружено высокое содержание йода – 107,49 мг/л.

На месторождении Дашава выявлено также значительное содержание йода – до 115 мг/л при достаточно высоком показателе минерализации 2114 мг-экв/л. На месторождении Рудки содержание йода несколько меньше – около 56 мг/л, при этом наблюдается и снижение минерализации до 720 мг-экв/л. На месторождении Ходновичи содержание йода в пластовых водах от 68,07 до 83,57 мг/л, минерализация при этом составила от 1411 до 1624 мг-экв/л. При этом наблюдается рост содержания йода в пластовой воде с повышением минерализации.

Для детального анализа зависимости содержания йода в пластовой воде от минерализации построен соответствующий график (рисунок 2).

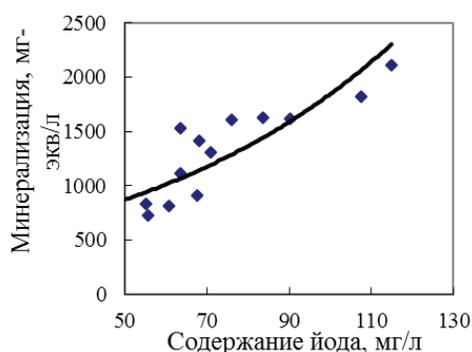


Рисунок 2. График зависимости содержания йода от минерализации воды Внешней зоны Прикарпатского прогиба

По результатам исследований выявлена экспоненциальная зависимость между содержанием йода и минерализацией пластовых вод месторождений Внешней зоны Прикарпатского прогиба в виде:

$$M_1 = 412,26e^{0,051I_1}, \quad (1)$$

где  $M_1$  – минерализация пластовых вод исследуемых месторождений Внешней зоны Прикарпатского прогиба, мг-экв/л;

$I_1$  – содержание йода в пластовой воде исследуемых месторождений Внешней зоны Прикарпатского прогиба, мг/л.

Для наиболее точной аппроксимации был выбран наиболее высокий коэффициент достоверности  $R^2 = 0,6774$ .

Для наиболее полного анализа были отобраны пробы с месторождения Калуш, которое относится к Внешней зоне Прикарпатского прогиба. Пробы были отобраны из глубины около 710 м. Исследования анализов воды с высоким содержанием йода (от 53,75 до 56,42 мг/л) показали, что содержание йода в пробах пластовых вод этого месторождения возрастает с возрастанием величины

минерализации. Минерализация вод месторождения Калуш составила от 2589 до 3765 мг-экв/л.

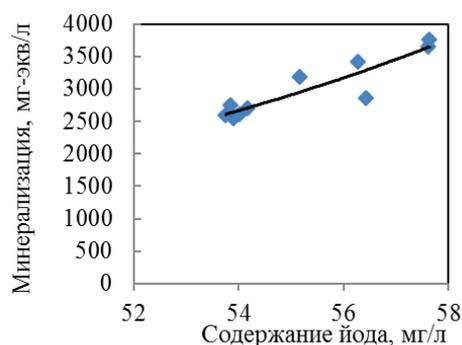


Рисунок 3. График зависимости содержания йода от минерализации воды месторождения Калуш Внешней зоны Прикарпатского прогиба

По построенным графикам изменения содержания йода в воде от ее минерализации месторождения Калуш выявлена корреляционная зависимость в виде (рисунок 3):

$$M_2 = 25,369e^{0,0862I_2}, \quad (2)$$

где  $M_2$  – минерализация пластовых вод месторождения Калуш, мг-экв/л;

$I_2$  – содержание йода в пластовой воде месторождения Калуш, мг/л.

Зависимость построена обращая внимание на степень достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,8372$ , которая выбрана наивысшей.

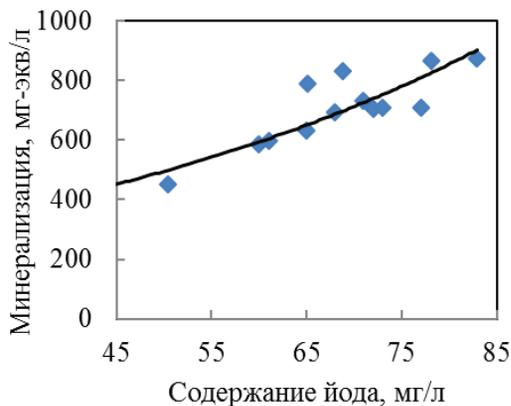
Для более полного анализа зависимости содержания йода от минерализации были отобраны пробы с месторождения Пыняны, которое относится к Внутренней зоне Прикарпатского прогиба. Исследования анализов воды с аномально высоким содержанием йода (от 50,4 до 82,95 мг/л) показали, что пробы были отобраны из глубины от 1731- 2040 м с песчано-глинистых горизонтов дашавской свиты нижнего сармата.

По построенным графикам изменения содержания йода в воде от ее минерализации месторождения Пыняны выявлена корреляционная зависимость в виде (рисунок 4):

$$M_3 = 199,27e^{0,018I_3}, \quad (3)$$

где  $M_3$  – минерализация пластовых вод месторождения Пыняны, мг-экв/л;

$I_3$  – содержание йода в пластовой воде, мг/л.



**Рисунок 4.** График зависимости содержания йода от минерализации воды месторождения Пыняны Внутренней зоны Прикарпатского прогиба

Зависимость построена, обращая внимание на степень достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,7332$ , которая выбрана наивысшей.

Обнаружено, что плотность пластовой воды при этом составила до  $1,02 \text{ г/см}^3$ , минерализация составила до  $880 \text{ мг/л}$  и содержание йода до  $82,95 \text{ мг/л}$ .

Для пластовых вод Внешней зоны минерализация варьирует в диапазоне от  $720 \text{ мг-экв/л}$  до  $3765 \text{ мг-экв/л}$ , при этом содержания йода оказываются более низкими ( $54\text{-}58 \text{ мг/л}$ ) в случае высокой минерализации ( $2589 \text{ до } 3765 \text{ мг-экв/л}$ ), и более высокими ( $56\text{-}115 \text{ мг/л}$ ) в случае пониженной минерализации ( $720\text{-}2114 \text{ мг-экв/л}$ ). Это объясняется наличием в геологическом разрезе зон с повышенной пластовой температурой. Таким образом, содер-

жание йода в пластовой воде больше, даже при меньшем значении минерализации.

При проведении исследований по скважинам каждого месторождения выбиралось среднее значение концентрации йода с 1954 г.

Согласно данным С.А. Бакиева минерализация увеличивается в направлении погружения водоносных комплексов, т.е. к прогибам и вниз по разрезу. Однако, на рассмотренных месторождениях эта закономерность не прослеживается. Это объясняется сложным тектоническим строением месторождений. Например, на месторождении Пыняны, где пробы воды отобраны на глубине  $1731\text{-}2040 \text{ м}$ , минерализация оказалась ниже (от  $450 \text{ до } 880 \text{ мг-экв/л}$ ), чем на месторождении Калуш (глубина  $710 \text{ м}$ , минерализация от  $2589 \text{ до } 3765 \text{ мг-экв/л}$ ).

### Выводы

По результатам исследований выявлены экспоненциальные зависимости между содержанием йода и минерализацией пластовых вод месторождений Внешней и Внутренней зоны Прикарпатского прогиба и выявлено увеличение содержания йода от увеличения минерализации вод на этих месторождениях. Значительное содержание йода в пластовых водах месторождений Прикарпатского прогиба (больше  $50 \text{ мг/л}$ ) свидетельствует о необходимости утилизации пластовых вод этих месторождений за счет усовершенствования систем сбора и подготовки. Одним из методов совершенствования таких систем является применение установок извлечения из воды йода, который может быть использован в других отраслях промышленности.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кнезенок В.И., Стасиневиц Д.С. Химия и технология брома, йода и их соединений: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Химия, 1995. 432 с.

2 Білоніжка П.М. Йод у підземних водах нафтоносних басейнів як показник органічного походження нафти // Вісник Львівського університету. Вип. 23. 2009. С. 125.

3 Изменение концентрации йода в подземных водах в связи с разработкой нефтяного месторождения Крук / Бакиев С.А. [и др.] // Геология и минеральные ресурсы. (Ташкент). 2007. № 3. С. 54-57.

4 Крюченко Н.О., Папарига П.С., Осадчук Ю.К. Біогеохімічні провінції Закарпаття // Пошукова та екологічна геохімія. 2009. №1(9). С. 53-55.

5 Виноградов А.П. Йод в морских водах. О происхождении йод-бромных вод

нефтеносных районов // Тр. биогеохим. лаб. АН СССР. 1939. Т.5. С. 19-32.

6 Атлас родовищ нафти і газу України: в 6 т. / гол. ред. М.М. Іванюта. Львів: «Центр Європи», 1998.

7 Кудельский А.В. Гидрогеология и гидрогеохимия йода. Минск, 1970. 451 с.

8 Бандуріна О.В., Наливайко О.І., Іваницька І.О. Оцінювання вмісту йоду у пластових водах Прикарпаття // Тези 65-ї наук. Конф. професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Полтава, 22 квітня по 15 травня 2013 р. Полтава: ПолтНТУ, 2013. Т. 1. С. 199-201.

### REFERENCES

1 Knezenko V.I., Stasinevich D.S. Chemistry and Technology of bromine, iodine and their combinations: Manual for universities. The 2nd edition rehashed and completed. M.: Chemistry, 1995. 432 p. [in Russian].

2 Bilonizhka P.M. Iodine in underground waters of oilcontaining fields as index of organic origin of oil // Visnyk of Lviv University. Issue 23. 2009. P. 121-125. [in Ukrainian].

3 Change of the concentration of iodine in underground waters because of the development of oil field Kruk/ Bakiev S.A. [and other] // Geology and mineral resources. Tashkent, 2007. №3. P. 54-57. [in Russian].

4 Kruchenko N.O., Papariga P.S., Osadchuk Y.K. Biogeochemical provinces of the Zacarpathians // Searching and ecological geochemistry. 2009. №1(9). P. 53-55. [in Ukrainian].

5 Vinogradov A.P. Iodine in sea sludges. About the origin of iodine-bromic waters of oil containing fields // Works biogeochem. lab. AS USSR. 1939. V5. P. 19-32. [in Russian].

6 Atlas of oil and gas fields of Ukraine: in 6 v./ main editor M.M. Ivanyuta. Lviv: Tsentr Evropy, 1998. [in Ukrainian].

7 Kudelsky A.V. Hydrogeology and hydrogeochemistry of iodine. Minsk, 1970. 451 p. [in Russian].

8 Bandurina O.V., Nalyvayko O.I., Ivanyska I.O. Evaluation of the content of iodine in tabular waters of the Prycarpathians // Theses of the 65<sup>th</sup> scientific conference by professors, teachers, scientific workers, post-graduate students and students of the University. (Polnava, from April the 22<sup>nd</sup> to May the 15<sup>th</sup> 2013) Poltava: PoltNTU, 2013. - Vol. 1. P. 199-201. [in Ukrainian].

*Бандурина Е.В. канд. техн. наук, доцент кафедры добычи нефти и газа и геотехники, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка г. Полтава, Украина*  
*E.V. Bandurina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair «Oil and Gas Production and Geotechnics», Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine*

*Наливайко А.И. канд. техн. наук, доцент кафедры добычи нефти и газа и геотехники, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина*  
*A.I. Nalyvayko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair «Oil and Gas Production and Geotechnics», Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine*

*e-mail:helena\_2005@ukr.net*

# THE RESEARCH OF THE COMPOSITION OF TABULAR WATERS OF THE PRYCARPATHIANS

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПЛАСТОВЫХ ВОД ПРИКАРПАТЬЯ

Iodine content in tabular waters of oil and gas fields of the was analyzed. The exponential dependence of iodine content on the salinity of tabular waters in fields of Outer and Inner Zone of Prycarpathians bending was proposed.

The content of iodine and bromine trace elements in the tabular waters of fields has been analyzed. It was found, that a significant inflow of tabular water from wells, where sediments were tested, indicate that deposits adjacent to this complex are located in the conditions of highly active hydrodynamic system. Deposits with high content of iodine and bromine ions were studied. It was established that the tabular waters of fields can be attributed to iodine- bromine (bromine not less than 25.0 mg/l, iodine not less than 5.0 mg/l). According to the research, the exponential dependences were found between the content of iodine and the salinity of tabular waters of the fields of Inner and Outer zone of Prycarpathian bending and the increase of iodine content from the increase of the salinity of waters in these fields was found. The considerable content of iodine in tabular waters of the fields of Prycarpathian bending (more than 50 mg/l) testifies about the necessity of the utilization of tabular waters of these fields by improving collection and preparation systems.

The use of installations to extract iodine from water is one of the methods of improving such systems that can be used in other branches of industry. The content of iodine was research in tabular waters of oil and gas fields of the Prycarpathians. The exponential dependence of iodine content on the salinity of tabular waters in Outer and Inner zone of Prycarpathians bending was proposed.

Исследовано содержание йода в пластовых водах нефтегазовых месторождений Прикарпаття. Предложена экспоненциальная зависимость содержания йода от минерализации пластовых вод месторождений Внешней и Внутренней зоны Прикарпатского прогиба.

Проанализировано содержание микроэлементов йода, брома в пластовых водах месторождений.

Выявлено, что значительные притоки пластовых вод из скважин, в которых испытуемые отложения свидетельствуют о том, что приурочены к этому комплексу залежи, находятся в условиях высокоактивной гидродинамической системы.

Исследованы залежи месторождений с повышенным содержанием ионов йода и брома. Установлено, что пластовые воды месторождений можно отнести к йодо-бромным (брома не менее 25,0 мг / л, йода не менее 5,0 мг / л).

По результатам исследований выявлено экспоненциальные зависимости между содержанием йода и минерализацией пластовых вод месторождений Внешней и Внутренней зоны Прикарпатского прогиба и выявлено увеличение содержания йода от увеличения минерализации вод на этих месторождениях. Значительное содержание йода в пластовых водах месторождений Прикарпатского прогиба (больше 50 мг/л) свидетельствует о необходимости утилизации пластовых вод этих месторождений за счет усовершенствования систем сбора и подготовки. Одним из методов совершенствования таких систем является применение установок извлечения из воды йода, который может быть использован в других отраслях промышленности.

**E.V. Bandurina, A.I. Nalyvayko**  
**Poltava National Technical Yuri**  
**Kondratyuk University**  
**Poltava, Ukraine**

**Бандурина Е.В., Наливайко А.И.**  
**Полтавский национальный**  
**технический университет**  
**имени Юрия Кондратюка, г. Полтава,**  
**Украина**

**Key words:** trace element, iodine, bromine, stratal waters, oil basins, thermobaric conditions.

**Ключевые слова:** микроэлемент, йод, бром, пластовые воды, нефтеносные бассейны, термобарические условия.

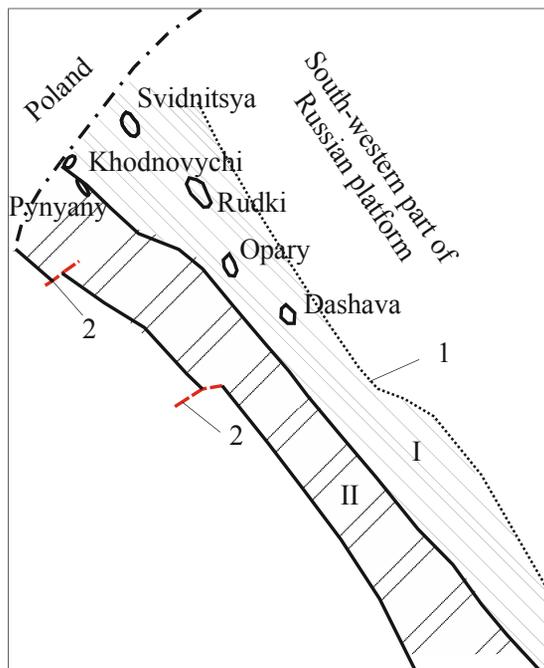
Tabular waters utilization is an actual problem for all industrial objects water of oil and gas industry. It's caused because tabular waters are aggressive in many cases, they cause an intensive corrosion of oil-field equipment and constructions.

The corrosion may result in tabular water leaks while gathering them and preparing, which may cause soil pollution as well as potable water sources pollution. Tabular water oil and gas fields are complex solutions

that may contain a certain quantity of salts and microelements (iodine, bromine, boron, rubidium, barium, molybdenum and others). Tabular waters composition depends on the nature of the oil stratum, physical and chemical properties of oil and gas. A sufficient quantity of iodine for industrial utilization prevails at oil and gas fields of Western Ukraine. Iodine content tabular waters is directly connected with processes of accumulation in sludges.

N.A. Kuznetsova has made some experiments with the model of the stratum in conditions similar to tabular ones (temperature is under 150 °C, pressures is under 25 MPa), which have shown that temperatures to 150 °C are sufficient for almost complete (93%) transition of absorbed iodine from rocks into water. Thus, admitting

the leading role of thermolysis in iodine release from rocks, temperatures under 100-150 °C should be considered optimal and sufficient [1]. The works by Kalabugin L.A. Ksenzenko V.I [1] Belonozhko P.N. [2] Bakiyev S.A. [3] Kryuchenko N.O [4] and others are consecrated to research of iodine content in such waters. According to the Vinogradov A.P [5], iodine accumulation in underground water of deposits and its considerable content in them is connected with the history of oil and gas formation and it cannot be disagreed to. A chemical composition of tabular waters depends, to considerable extent, on the value of their salinity. The extent of their salinity varies from a some hundred grams per 1 m<sup>3</sup> in fresh water and up to 80 kg/m<sup>3</sup> in concentrated pickles. According to the chemical composition, waters are more complex than according to the level of their salinity. That is why the purpose of the work is to analyze the results of iodine content in the example of the Prycarpathians and reveal dependences of iodine content of salinity to analyze the possibility of industrial utilization of such waters. In the geological and structural attitude the Carpathians belong to one geological region the affined structure, the composition of rocks, the conditions of their formation and the character of useful minerals. This is a young mountain area [6]. Almost all known oil and gas fields of this region are connected with the Prycarpathian bending, in the limits of which two zone, Outer and Inner are distinguished (drawing 1).



**Drawing 1.** The map of the fields of Prycarpathian oil and gas region:  
1 – the boundary of Russian platform, 2 – ruples; I – Outer Prycarpathian bending zone; II – Inner zone

The Outer zone of the bending is the area of development mainly of gas fields. It is the area where a powerful sand-loamy complex of Miocene ages deposits

accumulates (mainly sandy-stones). The Inner zone of the bending is the area of development mainly of oil fields. It is the area where chalk deposits accumulate. Underground waters with high iodine content can be related to different geological structures, but more often they are formed in marginal bendings and intermountainous cavities with high indexes of thermal streams. Multicomponency of water from drill-holes at different depths from different deposits of carbohydrates testifies about their genetic connection with strata where they are situated. These waters have different salinity. Studying Prycarpathians and Carpathian region started with the description and the discovery of water sources for evaporation of table salt. It is known that density of tabular water depends on the depends on the quantity of dissolved salts and in it and ranges between 1010-1020 kg/m<sup>3</sup>. According to the research, A.V. Kudelsky [7] defined that the lower temperature limit of iodine ejection from the organo-mineral complex of sediment rocks and its accumulation in undergroundwater is 35-50°. However, intensity the processes of destruction of iodine-containing organic substances are at temperatures more then 125-150 °C

The research of water tests of iodine content were made from drill-holes of gas fields of Outer (field Rudki, Opari, Swidnica, Hodnovichi, Dashava, Kalush) and Inner (fields Pynyany) zone of Prycarpathian bending [8]. The research resulted in selecting the samples from the drill-holes of fields that belong to the objects of Outer Prycarpathian bending zone (field Rudki, Opari, Swidnica, Hodnovichi, Dashava). Tabular water in Opari field was taken from productive intervals from 420 to 637 m of horizons Dashava of lower Sarmatian Formation.

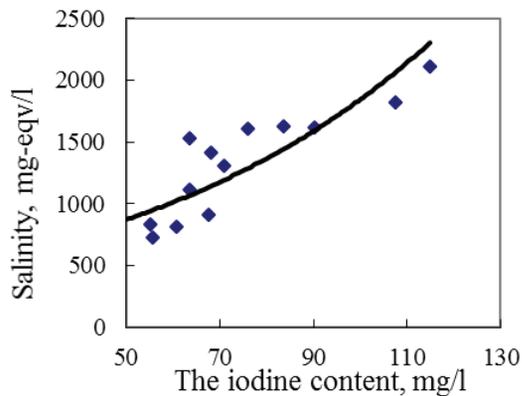
It was discovered that the density of tabular water in such a case was about 1.2 g/cm<sup>3</sup>, the salinity was about 1.000 mg-eqv / l, and iodine content from 60.8 to 67.71 mg / l. After the analysis of tabular water samples from the interval of 784-800 m of Swidnica field, a high iodine content, 107.49 mg / l. Also considerable iodine content to 115 mg/l was discovered in Dashava field at quite high index of salinity – 2114 mg-eqv/l. In Rudki field an iodine content is a bit less – about 56 mg/l, with the decrease of salinity to 720 mg-eqv/l.

In Hodnovichi field the iodine content in tabular waters is from 68,07 to 83.57 mg/l, the salinity is from 1411 to 1624 mg-eqv/l. With all these things, there is an increase of the iodine content in tabular water with the increase of salinity. A corresponding graph is drawn for a detailed analysis of the dependence of iodine content in tabular water on the salinity (drawing 2).

According to the results of the research the exponential dependence was revealed between the iodine content and the salinity of tabular water of the fields of Outer Zone of Prycarpathian bending as:

$$M_1 = 412.26e^{0,051I_1} \quad (1)$$

where  $M_1$  – the salinity of tabular water of the fields that are being exploited in Outer Zone Prycrpathian bending, mg-eqv/l;



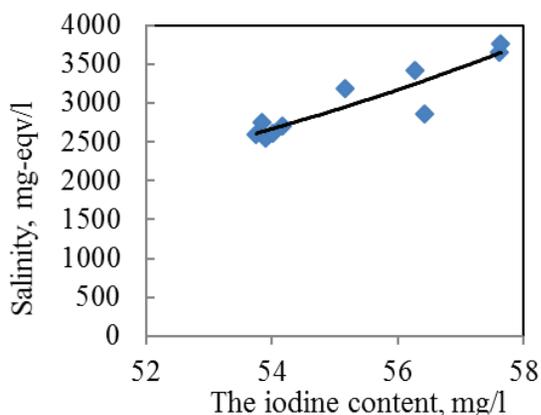
**Drawing 2.** The graph of dependence of the iodine content on salinity of water of Outer Prycrpathian bending zone

$I_1$  – the iodine content in tabular water of the fields that are being exploited in Outer Zone Prycrpathian bending, mg-eqv/l.

The highest coefficient of accuracy  $R^2 = 0.6774$  was chosen for the most accurate approximation.

The samples from the field Kalush, that belongs to outer zone of the Prycrpathian bending, were selected for the most complete analysis. The samples were taken from the depth about 710 m. The research of water analysis with high iodine content (from 53.75 to 56.42 mg/l) showed that the iodine content in the samples of tabular waters of this field increases with the increase of the salinity value.

The salinity of waters in the field of Kalush was from 2589 to 3765 mg-eqv/l. The correlated dependence was found according to the drawn graphs of the change of the iodine content in water on its salinity of the field of Kalush (drawing 3).

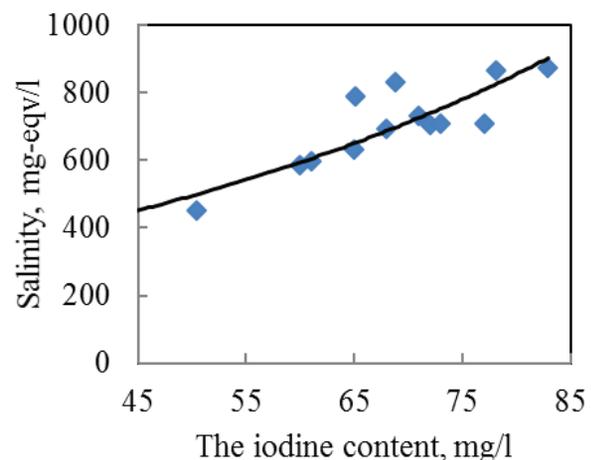


**Drawing 3.** The graph of dependence of the iodine content on salinity of water of the field of Kalush of Outer Prycrpathian bending zone

$$M_2 = 25.369e^{0.0862I_2} \quad (2)$$

where  $M_2$  – the salinity of tabular water of the fields of Kalush, mg-eqv/l;  $I_2$  – the content of iodine in tabular water of the fields of Kalush, mg/l. The dependence was made by paying attention to the extent of accuracy of the approximation  $R^2=0.8372$ , that was chosen as the highest. The samples from the field of Pynyany that belongs to the Inner zone Prycrpathian bending were selected for more complete analysis of the dependence of iodine content on the salinity. The research of the analyzes of water with the anomalous content of iodine (from 50.4 to 82.95 mg / l) showed that the samples were taken from the depth from 1731 to 2040 m from the sandy-loamy horizons Dashava of lower Sarmatian Formation .

The correlated dependence was found according to the drawn graphs of the change of the iodine content in water on its salinity of the field of Pynyany (drawing 4).



**Drawing 4.** The graph of dependence of the iodine content on salinity of water of the field of Pynyany of Inner Prycrpathian bending zone

$$M_3 = 199.27^{0.018I_3} \quad (3)$$

where  $M_3$  – the salinity of tabular water of the fields of Pynyany, mg-eqv/l;  $I_3$  – the content of iodine in tabular water of the fields of Pynyany, mg/l. The dependence was made by paying attention to the extent of accuracy of the approximation  $R^2 = 0.7332$ , that was chosen as the highest. It was found that the density of tabular water by this was to 1.02 g/cm<sup>3</sup>, was up to the salinity was to 880 mg/l and the content of iodine was to 82.95 mg/l.

For tabular waters Outer Zone mineralization is between 720-3765 mEq / l. and iodine is generally lower (54-58 ml / l) in the case of high salinity (2589 to 3765 mg-eq / l) The iodine content is generally higher (56-115 mg / l) in the case of low mineralization (720-2114 mEq / l). This is due to the geological section of zones with high reservoir temperature. The iodine content in tabular water is more for smaller mineralization.

An average index of iodine concentration since 1954 was chosen during the research in the drill-holes of each field. According to S. Bakiyev mineralization increases

toward immersion aquifers, to troughs and down the section. However, in discussed fields, this relationship is not. This is due to a complex tectonic structure of the deposits. For example, in the field Pynyany where water samples selected at a depth of 1731-2040 m salinity was lower (450 to 880 mEq/l) than in the field Kalush (depth of 710 m, salinity from 2589 to 3765 mEq/l).

### Conclusions

According to the research, the exponential dependences were found between the content of iodine and the salinity of tabular waters of the fields of Inner and Outer zone of Prycarpathian bending and the increase of iodine content from the increase of the

salinity of waters in these fields was found. The considerable content of iodine in tabular waters of the fields of Prycarpathian bending (more than 50 mg/l) testifies about the necessity of the utilization of tabular waters of these fields by improving collection and preparation systems.

The use of installations to extract iodine from water is one of the methods of improving such systems that can be used in other branches of industry. The content of iodine was research in tabular waters of oil and gas fields of the Prycarpathians. The exponential dependence of iodine content on the salinity of tabular waters in Outer and Inner zone of Prycarpathians bending was proposed.

### REFERENCES

1 Knezenko V.I., Stasinevich D.S. Chemistry and Technology of bromine, iodine and their combinations: Manual for universities. The 2nd edition rehashed and completed. M.: Chemistry, 1995. 432 p. [in russian].

2 Bilonizhka P.M. Iodine in underground waters of oilcontaining fields as index of organic origin of oil // Visnyk of Lviv University. Issue 23. 2009. P. 121-125 [in ukrainian].

3 Change of the concentration of iodine in underground waters because of the development of oil field Kruk/ Bakiev S.A. [and other] // Geology and mineral resources. Tashkent, 2007. №3. P. 54-57. [in russian].

4 Kruchenko N.O., Paporiga P.S., Osadchuk Y.K. Biogeochemical provinces of the Zaccarpathians // Searching and ecological geochemistry. 2009. №1(9). P. 53-55. [in ukrainian].

5 Vinogradov A.P. Iodine in sea sludges. About the origin of iodine-bromic waters of oil containing fields // Works biogeochem. lab. AS USSR. 1939. V5. P. 19-32. [in russian].

6 Atlas of oil and gas fields of Ukraine: in 6 v./ main editor M.M. Ivanyuta. Lviv: Tsentrvropy, 1998. [in ukrainian].

7 Kudelsky A.V. Hydrogeology and hydrogeochemistry of iodine. Minsk, 1970. 451 p. [in russian].

8 Bandurina O.V., Nalyvayko O.I., Ivanyska I.O. Evaluation of the content of

iodine in tabular waters of the Prycarpathians // Theses of the 65th scientific conference by professors, teachers, scientific workers, postgraduate students and students of the University. (Polnava, from April the 22nd to May the 15th 2013) Poltava: PoltNTU, 2013. - Vol. 1. P. 199-201. [in ukrainian].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кнезенко В.И., Стасиневич Д.С. Химия и технология брома, йода и их соединений: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Химия, 1995. 432 с.

2 Білоніжка П.М. Йод у підземних водах нафтоносних басейнів як показник органічного походження нафти // Вісник Львівського університету. Вип. 23. 2009. С. 125.

3 Изменение концентрации йода в подземных водах в связи с разработкой нефтяного месторождения Крук / Бакиев С.А. [и др.] // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент, 2007. № 3. С. 54-57.

4 Крюченко Н.О., Папарига П.С., Осадчук Ю.К. Біогеохімічні провінції Закарпаття // Пошукова та екологічна геохімія. 2009. №1(9). С. 53-55.

5 Виноградов А.П. Йод в морских илах. О происхождении йод-бромных вод нефтеносных районов // Тр. биогеохим. лаб. АН СССР. 1939. Т.5. С. 19-32.

6 Атлас родовищ нафти і газу України: в 6 т. / гол. ред. М.М. Іванюта. Львів: «Центр Європи», 1998.

7 Кудельский А.В. Гидрогеология и гидрогеохимия йода. Минск, 1970. 451 с.

8 Бандуріна О.В., Наливайко О.І., Іваніська І.О. Оцінювання вмісту йоду у пластових водах Прикарпаття // Тези 65-ї наук. Конф. професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Полтава, 22 квітня по 15 травня 2013 р. Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Т. 1. С. 199-201.

*E.V. Bandurina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair «Oil and Gas Production and Geotechnics», Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine*  
Бандуріна Е.В. канд. техн. наук, доцент кафедри добычи нафти и газа и геотехники, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка г. Полтава, Украина

*A.I. Nalyvayko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair «Oil and Gas Production and Geotechnics», Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine*  
Наливайко А.И. канд. техн. наук, доцент кафедры добычи нафти и газа и геотехники, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина

e-mail: helena\_2005@ukr.net