

Д.Ф. ЧОМКО, М.В. РЕВА

## **ПОПУТНО-ПЛАСТОВЫЕ ВОДЫ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ГИДРОМИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка,  
г. Киев, Украина,  
Dimath@ukr.net; Reva\_max@ukr.net*

*В работе рассматривается проблема современных нефтепромыслов – извлечение вместе с нефтью больших объемов высокоминеральных пластовых вод. Также рассматриваются наиболее распространенные практические методы утилизации этих попутно-пластовых вод (ППВ) с экологической и экономической сторон. Авторы предлагают использовать ППВ Восточного нефтегазового региона Украины как гидроминеральное сырье.*

На современном этапе развития человечества использование газа и нефти является неотъемлемой частью его существования, однако на сегодня остро проявляется проблема сохранения естественной окружающей среды во время эксплуатации месторождений. В процессе развития науки и техники, поступательного технологического прогресса человечество имеет возможность уменьшать использование нефти, хотя даже

при условии уменьшения добычи и эксплуатации месторождений данного ресурса сохранится существенное негативное влияние на экологию. Особенно стоит отметить роль попутно-пластовых вод, которые добываются вместе с углеводородами, как одного из основных загрязняющих факторов.

Значительный процент воды в флюиде, который добывается, является серьезной проблемой, которая приводит к повышению себестоимости добытой нефти и в некоторых случаях может повлечь нерентабельность эксплуатации определенных нефтяных скважин.

Добытый флюид, который состоит из нефти и воды, поддается сепарации (отделению воды от нефти), в результате чего на поверхности земли остается вода, которую необходимо утилизировать.

Утилизация сепарированной воды является достаточно опасной с экологической точки зрения, поскольку эти воды могут попасть в водоносные горизонты, которые используются для питьевого и хозяйственного водоснабжения.

Особенно остро этот вопрос стоит в нефтяных провинциях, густонаселенных регионах и территориях, в пределах которых в течение длительного периода времени идет разработка нефтяных месторождений, там, где есть проблемы с питьевым водоснабжением.

Например, в США проблема загрязнения попутно-пластовой появилась в 1955–1970 годах. В частности штаты Огайо, Пенсильвания и Техас имеют длительную историю добычи нефти. В середине XX ст. из доломитов и известняков кембрийского возраста с помощью скважин глубиной 1000–1400 м вместе с нефтью начали добывать значительное количество воды, которая, по сути, была рассолом с концентрацией хлоридов от 35 до 150 г/дм<sup>3</sup>.

В частности, часть этой воды закачивали назад в коллекторы для поддержки пластового давления, а часть сбрасывали в специально созданные аэрационные бассейны. Эти бассейны представляли собой просто вырытые котлованы незначительной глубины, но с большой площадью. По проекту попутно-пластовая вода должна была в них просто испариться, а растворенные соли и тяжелые металлы выпасть в осадок и адсорбироваться почвами дна и стенок котлована. Но, как показала практика, большинство этой воды не испарялось, а инфильтрировалось, создавая ареалы загрязнения в виде засоления почв и водоносных горизонтов.

В результате были зафиксированы значительные загрязнения рек, озер, прудов и засоления плодородных почв [2].

Для Украины проблема утилизации и захоронения попутно-пластовой воды, является не менее актуальной. В процессе эксплуатации нефтяных скважин существует возможность попадания пластовых вод в водоносные горизонты, которые используются для питьевого водоснабжения, с дальнейшим их загрязнением. Масштаб и интенсивность влияния этих вод на геохимию естественных систем часто является весомее, чем влияние собственно нефти и нефтепродуктов [1].

В Украине с проблемой попутно-пластовых вод сталкиваются в Сумской области, где есть месторождения, в которых на единицу добытого вещества приходится лишь 10 % нефти, а остальное попутно-пластовые воды. Часть этих вод закачивается назад в горизонт с целью поддержания пластовых давлений, что частично решает вопрос утилизации, а остальные сливают в отстойники. К наибольшим из них принадлежат Качановский и Глинско-Розбишевский, суммарная мощность полигонов которых составляет 15 000 м<sup>3</sup>/сутки.

Классическим примером солевого загрязнения попутно-пластовыми водами грунтовых вод является Северно-Долинское нефтегазоконденсатное месторождение, на котором применяется система поддержания пластового давления. Воды с минерализацией от 40,21 г/дм<sup>3</sup> до 157 г/дм<sup>3</sup> попали в водоносные горизонты и в окружающих

селах Яворов и Гузиив прошло значительное солевое загрязнение подземных вод (до 6,5 г/дм<sup>3</sup>) [3].

Развитая система водоводов высокого давления, насосные станции, участки подготовки воды – потенциальные источники загрязнения почв, поверхностных и подземных вод в районе месторождений. Только зарегистрированных прорывов трубопроводов происходит около 1000 в год. Средние потери воды при одном прорыве складываются 1–5 м<sup>3</sup> [1].

Попутно-пластовые воды из эксплуатируемых горизонтов месторождений Сумской области хлоридные натриево-кальциевые рассолы с минерализацией до 300 г/дм<sup>3</sup> и концентрациями многих компонентов, которые превышают ПДК для питьевых вод в сотни раз (таблица 1) [1]. Поэтому даже незначительные потери этих вод приводят к серьезным изменениям в составе пресных поверхностных и подземных вод верхнего горизонта [4].

**Таблица 1 – Содержимое химических компонентов в попутно-пластовой воде месторождений Сумской области**

Показатель	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Колебание концентраций, мг/ дм <sup>3</sup>		Превышение ПДК, раз
		от	до	
Сухой остаток	1000	146250	192750	146–193
Cl	350	91 218	116 475	260–332
SO <sub>4</sub>	500	20	503	–
Ca	180	7 925	9 743	44–54
Mg	40	1518	1900	38–47
Na	200	34 225	47 950	170–240
K	50	298	618	6–12
Sr	7	290	444	41–63
Cs	–	0,188	0,249	–
Li	0,03	3,650	4,750	122–158
I	–	3,98	9,79	–
Br	0,2	96,8	143,0	483–715
Ba	0,1	41,0	91,8	410–920
Fe	0,3	26,3	100,0	87–333
Mn	0,1	1,38	11,19	14–112
Ni	0,1	0,50	3,08	5–31
Co	0,1	1,00	1,50	10–15
Ti	0,1	0,75	9,25	7–92
Ag	0,05	0,125	0,906	2,5–18
La	0,01	1,22	9,20	120–920
Al	0,5	1,25	69,25	2,5–140
Si	10	27,5	120,0	3–12
B	0,5	27,1	140,7	54–283
Rb	0,1	< 0,05	0,30	3
Bi	0,1	0,28	2,60	2,8–26
Cr	0,05	0,88	2,50	17–50
Pb	0,03	0,63	2,67	21–89
Sn	2	0,63	8,42	4,2

Следует отметить, что процесс выявления самого факта загрязнения это не путь решения проблемы загрязнения пластовыми водами. Наилучшим решением можно считать процесс предотвращения такого загрязнения, как вариант, перед тем как сбрасывать попутно-пластовые воды в отстойники или в открытые водоемы проводят их предварительную очистку.

С опытом использования предварительной очистки хорошо знакомы добывающие компании и ученые Персидского залива.

За счет того, что проблема обеспечения запасами пресных вод населения этих стран стоит особенно остро, после возникновения нескольких мест загрязнения (засоление) почв и водоносных горизонтов на нефтяных месторождениях этих стран, данному вопросу уделяется много внимания. В этих регионах проводили изучения предварительной очистки. Для очистки этих вод существует много методов. Аяд Аль-Халим и Ахмед Абдулла (ученые научного университета Багдада), исследовали следующие методы, в частности: биологической очистки, обратного осмоса, угольной очистки, гравитационный метод, озонирование и другое. Исследования проводились на месторождении Румайла в Западной Курны (Ирак). Для этого они отобрали 5 проб пластовой воды из разных скважин месторождения (таблица 2), и провели комплексный химический анализ.

**Таблица 2 – Содержимое химических компонентов в попутно-пластовой воде на месторождении Румайла**

Показатель	Содержимое компонента в воде в мг/дм <sup>3</sup>					Содержимое компонентов после проведения обратного осмоса, мг/дм <sup>3</sup>
	точка отбора 1	точка отбора 2	точка отбора 3	точка отбора 4	точка отбора 5	
Na	35 000	25 000	28 000	19 700	22 000	100
K	720	450	410	250	220	10
Mg	390	810	670	520	480	–
Ba	280	190	180	220	200	10
Sr	720	580	630	590	500	15
SO <sub>4</sub>	80	100	190	110	130	–
Cl	65 000	66 000	67 100	62 000	61 000	150
Ca	5500	4400	4100	4000	4700	70
Cd	30	25	26	29	21	–
Cr	110	90	95	90	100	–
Cu	100	85	90	75	95	–
Pb	280	210	220	160	150	15
Ni	190	170	180	130	140	–
Zn	150	88	99	110	120	–
HCO <sub>3</sub>	650	600	610	700	630	10
Ph	8,2	8,5	8,6	8,4	8,1	7,4
Общее содержание	8 000	7 500	8 100	7 600	7 900	310
Растворенная нефть	600	650	670	640	710	15

В результате, все методы дали неплохие результаты, но, по мнению ученых, самым эффективным оказался метод обратного осмоса. После проведения очистки попутно-пластовая вода использовалась для поддержания пластового давления и сбрасывалась в инфильтрационные бассейны. Сначала четко выраженных экологических последствий

сброса воды не наблюдалось. Позже было выявлено влияние очищенных вод на экологическое состояние естественной среды. Эта вода, попадая в открытые водоемы в значительных количествах, смешивалась с водами и приводила к уменьшению концентраций фосфатов, что, в свою очередь, привело к уменьшению количеству планктонных организмов и всей биологической цепи, которая от него зависит [5].

Днепровско-донецкая впадина, или восточный нефтегазовый регион Украины (Черниговская, Сумская, Полтавская, Харьковская, Днепропетровская области) насчитывает 76 месторождений. Невзирая на то, что этот регион открыт практически в послевоенный период, его часть в текущей добыче составляет около  $\frac{3}{4}$  всей добычи. Восточный регион богат не только запасами нефти и газа, но и достаточно мощным аграрным сектором. На развитие последнего влияют плодородные почвы и благоприятные физико-географические условия. Например, экономический потенциал Полтавской области почти на 67 % зависит от агропромышленного комплекса. Поэтому сохранение плодородия почв, поверхностных водоемов и подземных горизонтов в этом регионе является первоочередным заданием [6].

На сегодня большинство месторождений находятся на последних этапах разработки, когда истощение ресурсов складывается от 60 до 80 % и потому вместе с нефтью добывается попутно-пластовая вода. На украинских месторождениях попутно-пластовую воду с середины 70-х годов, закачивают обратно в пласты для поддержания давлений. В частности с целью интенсификации заводняются 25 месторождений, в которые ежегодно закачивается 12 млн. м<sup>3</sup> воды [7].

Таким образом, нефтедобывающие компании восточного региона обязаны сделать невозможным попадание попутно-пластовых вод в окружающую среду, поскольку это может вызывать засоления плодородных почв, поверхностных водоемов и водоносных горизонтов, которые эксплуатируются для питьевого и хозяйственного водоснабжения. Данный вопрос стоит особенно остро, поскольку возникновение засоления может иметь не только существенные негативные экологические последствия, но и способно повлиять на экономику региона, сделав сельскохозяйственные земли, непригодными для использования.

С другой стороны, высокая степень минерализации пластовых вод нефтяных и газовых месторождений в сочетании с современными технологиями позволяет рассматривать их не только как затратный элемент разработки нефтяных месторождений, а как ценное сырье для добычи химических компонентов, таких как литий, йод, бром, бор, стронций и другие. Исходя из этого, мы можем назвать попутно-пластовые воды условно промышленными. В мире из пластовых вод нефтяных месторождений ежегодно получают значительное количество ценных ресурсов. Например, в США лития добывают приблизительно 16 тыс. т/год, брома – до 190 тыс. т/год, оксида магния – до 750 тыс. т/год, кухонной соли – приблизительно 1600 тыс. т/год. В Японии – йода до 7 тыс. т/год, в Италия – боратов приблизительно 35 тыс. т/год.

В нефтяных провинциях бывшего СССР из попутно-пластовых вод на нефтяных месторождениях кое-где добывают лишь йод и бром [8]. В последние годы в изучении данного вопроса сделали шаг вперед азербайджанские и русские ученые. За счет этого на месторождениях Западной Сибири начали добывать стронций и барий.

Азербайджанскими учеными была проведена технико-экономическая оценка использования пластовых вод на месторождениях Апшеронского полуострова. Ими установлено, что на каждую тону добытой нефти в среднем приходится 24 тонны добытой попутно-пластовой воды. Минерализация воды колеблется от 200–220 г/дм<sup>3</sup> в нижней части до 12,6 г/дм<sup>3</sup> в верхней части. На эти 24 тонны воды приходится 1,59 тонна солей, из них: NaCl – 1380 кг, KCl – 6,4 кг, MgCl<sub>2</sub> – 64 кг, CaCl<sub>2</sub> – 43 кг, CaCO<sub>3</sub> – 50 кг, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 16 кг, J – 0,5 кг, Br – 2,0 кг, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 11 кг, Sr – 1 кг и т. д.

Из значительного количества компонентов и элементов, которые содержатся в составе попутно-пластовых вод со средней минерализацией 75–80 г/дм<sup>3</sup>, которые добываются из 1 т нефти, стоимость только хлоридов Na, K, Ca, Mg, карбонату кальция, J, Br и Sr (в ценах международных рынков) составляет 250 – 260 у.е. [9].

Как уже говорилось, на сегодня существует много методов очистки попутно-пластовых вод, но выбор каждого из этих методов, в первую очередь, зависит от предыдущей информации относительно физико-химических свойств попутно-пластовых вод. К сожалению, большинство химических компонентов и их соединений на месторождениях Украины определяют при возникновении проблемы утилизации добытых попутно-пластовых вод. Мы говорим о необходимости проведения для исследования проб попутно-пластовых вод комплексного химического анализа.

Кроме упреждения возможного загрязнения окружающей среды, результаты комплексного анализа дадут возможность рассматривать добытые попутно-пластовые воды как сырье, из которого можно извлекать ценные компоненты. Используя современные технологии, на некоторых месторождениях мира из попутно-пластовых вод добывают стронций, бром, литий, йод и другие химические компоненты. Таким образом, эту воду можно рассматривать как сырье, а бассейны и отстойники как техногенные месторождения.

Проанализировав приведенные результаты комплексного химического анализа проб воды в отстойниках Сумской области, можно сделать вывод, что содержания некоторых компонентов достаточно высокие, а объемы добываемых вод очень большие. Учитывая вышесказанное мы предполагаем, что после более детального изучения вод с экономической точки зрения (рентабельности разработки), попутно-пластовые воды месторождений Сумщины можно рассматривать как потенциальное гидроминеральное сырье.

### Список литературы

- 1 Журавель, М.Ю. Система оцінки та прогнозу санітарно-гігієнічного стану питних підземних і поверхневих вод в районах розташування підприємств ВАТ “Укрнафта” / М.Ю. Журавель, П.В. Клочко, В.М. Бульбас, Г.А. Лісовий // Нафтова і газова промисловість. – 1998. – № 3. – С. 5–11.
- 2 Wayne A. Water Pollution by Oil-Field Brines and Related Industrial Wastes in Ohio / A. Wayne, Pettyjohn // Ohio Journal of Science (Ohio Academy of Science). – September 1971. – Volume 71, Issue 5. – P. 257–269.
- 3 Депутат, Б.Ю. Підвищення екологічної безпеки нафтових родовищ на кінцевій стадії розробки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.01 / Депутат Богдан Юліанович – Івано-Франківськ, 2006. – 15 с.
- 4 Васильев, А.Н. Прогноз техногенного засолення ґрунтів на нафтопромислах в северо-восточном регионе Украины / А.Н. Васильев, Н.Е. Журавель, В.П. Клочко // Харьков. – 1999.
- 5 Ayad A. Al-Haleem, Components and Treatments of Oilfield Produced Water / Ayad A. Al-Haleem, Hamed H. Abdulah // Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2010. – Vol. 6. – № 1. – PP. 24–30.
- 6 Рева, М.В. Супутньо-пластові води в Східному нафтогазовому регіоні України як джерело небезпеки або цінний ресурс / М. В. Рева // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Геологія. – 2016. – № 72. – С. 81–85.
- 7 Бондаренко, В.І. Від вогню та води до електрики [Електронний ресурс] / В.І. Бондаренко, Г.Б. Варламов, І.А. Вольчин та ін. // Енергетика. – 2013. – Режим доступа : <http://energetika.in.ua/ua/books/book-1/part-2/section-8/8-6/>. – Дата доступа: 10.01.2017

8 Пугач, О.П. Технологии для переработки попутных подземных вод / О.П. Пугач, О.В. Уланова, Е.В. Зелинская // «Неделя горняка – 2002». – № 21. – Иркутский государственный университет – 2003.

9 Мехтиев, У.Ш. Воды нефтегазовых месторождений Абшеронского полуострова как сырье для получения ценных компонентов / У.Ш. Мехтиев, Ф.М. Гаджиев // Фундаментальные проблемы нефтегазовой гидрогеологии: Мат-лы междунар. конф., посвящ. 80- летию А.А. Карцева. – М. : ГЕОС, 2005. – С. 309–312.

*D.F. CHOMKO, M.V.REVA*

***PASSING AND RESERVOIR WATERS OF OIL FIELDS  
AS HYDROMINERAL RAW MATERIALS***

*The article describes the problem of the modern oil industry. This problem is the production of large amounts of highly mineralization formation water. The authors described the existing methods of waste disposal treatment. These methods are considered from an environmental and economic sides. The authors suggest using stratal water Eastern oil and gas region of Ukraine as hydro raw materials for industry.*