

УДК 628.336.6 (262.54)

В.С. ВОЛОШИН, докт. техн. наук, профессор, ректор,
Т.Г. ДАНИЛОВА, канд. техн. наук, доцент, **В.Г. МНАЦАКАНЯН**, аспирант
 ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь
Г.Б. РЯЗАНЦЕВ, старший научный сотрудник
 ГВУЗ «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», г. Москва

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ БИОГАЗА ИЗ ДОННОГО ИЛА АЗОВСКОГО МОРЯ

Рассмотрены природные предпосылки для образования и выделения биогаза из донного ила северной части Азовского моря. Проведен спектральный анализ выделяемого биогаза и химический анализ донного ила, составлена карта замеров границы ила Белосарайского залива Азовского моря. Приведена предлагаемая технология сбора биогаза.

Ключевые слова: биогаз, метан, Азовское море, донный ил, экология, углекислый газ, метантенк.

Биогаз – газ, получаемый в результате метанового брожения биомассы, разложение которой происходит под воздействием трех видов бактерий (археев). Сапропелевые илы Азовского моря представляют собой перспективный источник возобновляемого органического сырья, которое может быть успешно использовано как альтернатива для производства топлива и энергии методами естественной биопереработки.

Азовское море является уникальным водоемом и обладает крайне специфической природой, что обусловлено тем, что это самое мелководное море в мире (максимальная глубина – 14 м, средняя глубина – около 6 м) [1] и самое континентальное море планеты, которое обменивается водами только с Черным морем через Керченский пролив, что объясняет низкую соленость воды – в среднем около 11,5 % [1].

Такие условия вызывают бурное размножение фитопланктона («цветение воды»), которое ежегодно наблюдается в Азовском море и является основным поставщиком органических веществ в донные осадки. В некоторые годы вся вода в мелководных и хорошо про-

гретых заливах представляет собой сплошную зеленую киселеобразную массу. На процесс захоронения органических веществ (прежде всего – планктогенных) влияет мелководность, интенсивное перемешивание вод, особый кислородный режим, хороший «прогрев» вод, большая масса терригенного материала – все это приводит к быстрому разложению планктогенных органических веществ. Поэтому, несмотря на чрезвычайную биопродуктивность на единицу площади – одну из самых высоких среди известных мировых водоемов – только небольшая часть органических веществ долговременно захороняется в осадках. Мощность современных илистых отложений в акватории Азовского моря местами превышает 5–6 м, а в среднем – около 4 м [1]. Следовательно, осадки таких мелководных бассейнов вряд ли могут быть благоприятной средой для накопления органических веществ и преобразования их в нефтяные углеводороды.

С другой стороны, под воздействием анаэробных бактерий (археев) происходит процесс биологического разложения органических илов, что сопровождается выделением биогаза (рис. 1) [2].



Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса образования биогаза

© В.С. Волошин, Т.Г. Данилова, В.Г. Мнацаканян, Г.Б. Рязанцев



Химический состав вырабатываемого биогаза до его подъема на поверхность представлен на рис. 2 [2].

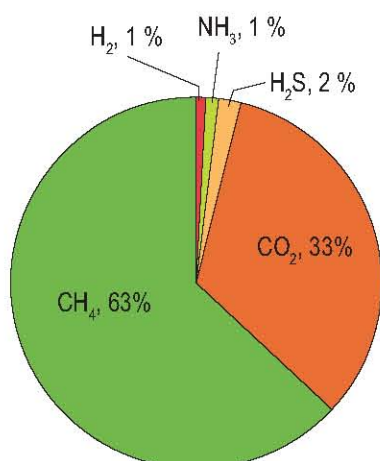


Рисунок 2 – Состав первичного «донного» биогаза

Авторами выдвинута гипотеза, что после прохождения водных слоев большинство примесей, содержащихся в биогазе (CO₂, H₂S и др.), растворяется в воде – на поверхность поступает с содержанием метана (CH₄) до 90 %. Для подтверждения этой гипотезы в Белосарайском заливе Азовского моря с глубины 1 м были отобраны пробы выделяемого биогаза. Он оказался бесцветным, прозрачным, без запаха, хорошо горючим. ИК-Фурье спектроскопия биогаза из донного ила показала отсутствие сероводорода (прибор Bruker Tensor 27, диапазон измерения 4000–650 см⁻¹, разрешение 4 см⁻¹). Спектральный анализ полученного биогаза представлен на рис. 3: верхний спектр – чистый метан, второй сверху – углекислый газ, третий – сероводород, нижний – биогаз.

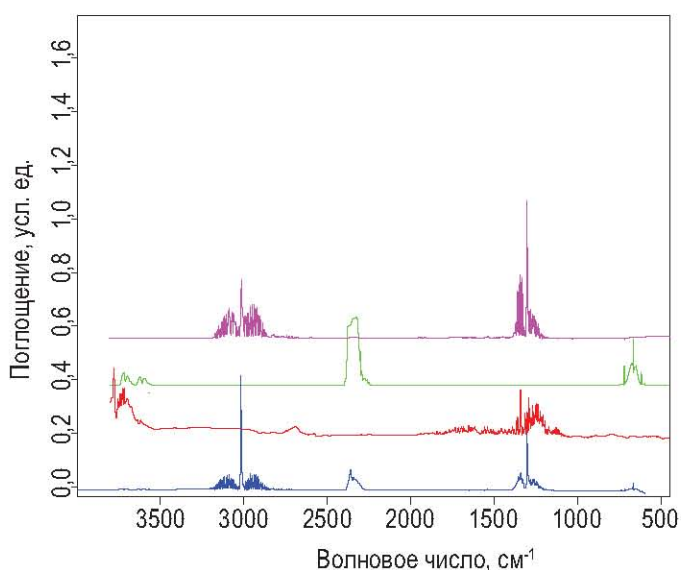


Рисунок 3 – Спектральный анализ полученного биогаза

Таким образом, слой морской воды толщиной более одного метра практически полностью очищает биогаз от сероводорода и значительно понижает концентрацию углекислого газа в нем. Для количественного определения содержания метана и углекислого газа в пробе биогаза из Белосарайского залива использован газовый хроматограф фирмы «Мета-Хром» Кристаллюкс-4000М (газ-носитель – гелий, цеолитовый сорбент, диаметр колонки – 0,53 см, длина – 30 см). Хроматографический анализ показал наличие метана в образцах биогаза от 80 до 93 %, что значительно выше, чем в обычных образцах биогаза из метантенков (60–65 %), а содержание углекислого газа – около 7 %, что указывает на значительное его растворение в морской воде даже на небольшой глубине.

Полученные результаты дают возможность сделать вывод о том, что выделяемый в атмосферу биогаз из донных илов Азовского моря по своему химическому составу идентичен с повсеместно используемым природным газом (содержание метана – более 90 %). Этот факт позволяет сделать вывод о возможности и целесообразности использования биогаза Азовского моря как частичной альтернативы природному газу.

Интенсивность выделения биогаза и его химический состав, в частности количество CH₄, напрямую зависят от исходного сырья, т.е. донного ила, а точнее – его органического состава. С целью определения количества органических веществ взято пять проб донного ила по всему периметру Белосарайского залива. Анализ проб произведен в лаборатории КП МПУВКХ [3], полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Содержание органического вещества в прибрежном иле Азовского моря

№ пробы	Место замера	Координаты замеров		Зольность, %	Органика, %
		N	E		
1	Юрьевка	46°56.549'	37°13.171'	85,71	14,29
2	Н. Ялта	46°57.046'	37°14.501'	93,23	6,77
3	Н. Ялта	46°56.900'	37°15.159'	93,00	7,00
4	Ялта	46°56.617'	37°16.041'	89,70	10,30
5	Ялта	46°56.401'	37°16.589'	90,17	9,83

Представленные данные свидетельствуют о наличии весьма высокого органического остатка в прибрежном иле – 7–14 %, что в несколько раз выше, чем содержание органического остатка в отдаленных от берега участках моря – 2–3 %. Такая разница объясняется небольшой глубиной прибрежных вод (до 1,5 м) и наличием планктона и других органических веществ, приносимых волнами.

Для определения области биогазовой активности акватории необходимо определить границы илистых отложе-

ний. Исследование границ илистых отложений в прибрежных водах северной части Азовского моря, а также отбор проб ила для его исследования на содержание органических веществ проводились в районе пгт. Ялта и с. Юрьевка Першотравневого района Донецкой области. Замеры границ ила проводились на глубинах 1,2–3,5 м в июле 2010 г. в нормальных погодных условиях при следующих значениях климатических факторов окружающей среды:

- температура – + 30±2 °С;
- относительная влажность воздуха – 75–80 %;
- атмосферное давление – 757–760 мм рт. ст.;
- скорость ветра – до 3 м/с.

Исследования проходили на базе Азовской научно-исследовательской станции (АНИС). Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Координаты границы ила в акватории Белосарайского залива Азовского моря

№	Координаты замеров		№	Координаты замеров	
	N	E		N	E
1	46°56.237'	37°13.569'	12	46°56.700'	37°13.745'
2	46°56.344'	37°13.357'	13	46°56.715'	37°13.822'
3	46°56.350'	37°13.418'	14	46°56.762'	37°13.934'
4	46°56.383'	37°13.470'	15	46°56.855'	37°14.027'
5	46°56.383'	37°13.476'	16	46°56.993'	37°14.097'
6	46°56.527'	37°13.533'	17	46°57.016'	37°14.162'
7	46°56.556'	37°13.601'	18	46°57.042'	37°14.224'
8	46°56.588'	37°13.645'	19	46°57.040'	37°14.250'
9	46°56.596'	37°13.675'	20	46°57.036'	37°14.322'
10	46°56.653'	37°13.651'	21	46°57.028'	37°14.382'
11	46°56.692'	37°13.694'			

По полученным замерам была построена карта расположения границы ила акватории Белосарайского залива Азовского моря (рис. 4).

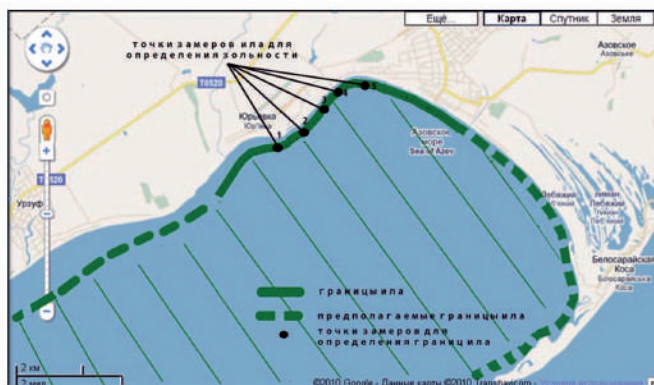


Рисунок 4 – Карта замеров расположения границ ила и точки проб для определения процентного соотношения органического вещества в составе ила

В прибрежных районах, хорошо закрытых тихих заливах илы скапливаются в больших количествах и наблюдаются не только вдали от берега на достаточных глубинах, как это происходит по всей акватории моря, но подходят вплотную к берегу и иногда выходят на песчаные пляжи, превращая их в сплошные болота. В этих местах биогаз можно собирать достаточно простыми приспособлениями непосредственно у берега. Принципиальная схема сбора донного биогаза представлена на рис. 5.

Агрегат состоит из металлического каркаса, который обтягивается газонепроницаемой оболочкой (газольдерной тканью или пластиковой пленкой), в центральной части крепится газоотводная трубка.

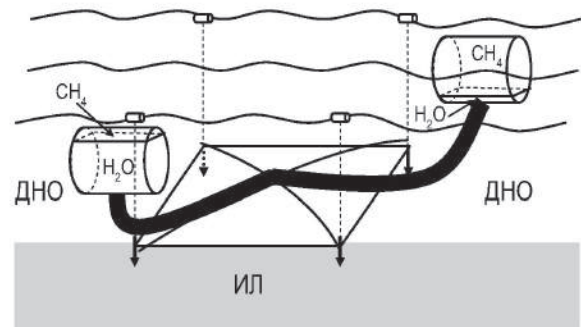


Рисунок 5 – Принципиальная схема технологии сбора донного биогаза

Предлагаемая технология, по сути, принципиально не отличается от традиционной технологии метантенков, но позволяет ее существенно упростить:

- исключить необходимость создания наиболее трудоемкого и дорогостоящего элемента метанового реактора – герметической емкости;
- исключить транспортировку и подготовку исходного сырья – сама установка монтируется в месте наличия готового сырья (донный ил);
- проводить естественную очистку генерируемого биогаза – получать практически чистый биометан (около 90 %).

Отбираемый биогаз по химическому составу приблизительно идентичен природному газу, его можно использовать повсеместно: для бытовых целей, генерации тепловой и (или) электрической энергии, как топливо для автотранспорта и др.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований и составленной карты можно сделать вывод о том, что Азовское море представляет собой естественный метановый генератор.



Спектральный анализ биогаза показал высокое содержание метана (более 90 %), низкое содержание углекислого газа (менее 10 %), практически полное отсутствие сероводорода.

Установленные значения содержания органических веществ в донном иле Азовского моря позволяют предположить, что более интенсивно происходит выделение биогаза в прибрежной зоне – в отличие от отдаленных участков акватории моря.

Результаты исследований важны для понимания проблем перехода на биоэнергетику в будущем и представляют интерес для компаний топливно-энергетического комплекса Украины.

Розглянуто природні передумови для утворення і виділення біогазу з донного мулу північної частини Азовського моря. Проведено спектральний аналіз газу, що виділяється, та хімічний аналіз донного мулу, складено карту замірів кордонів мулу Білосарайської затоки Азовського моря. Надано запропоновану технологію збирання біогазу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Хрусталеv, Ю.П. Позднечетвертичные отложения Азовского моря и условия их накопления / Ю.П. Хрусталеv, Ф.А. Щербаков. – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского университета, 1974. – 148 с.

Баадер, В. Биогаз : теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М. : Колос, 1982. – 149 с.

Склярова, М.К. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации / М.К. Склярова. – М. : Стройиздат, 1977. – 302 с.

Поступила в редакцию 26.04.2011

Nature conditions of formation and release of biogas from bottom sludge in the north part of the Azov Sea are considered. Spectral analysis of the biogas and chemical analysis of bottom sludge are carried out; the map of measurements of sludge border in Belosaraysky Bay of the Azov Sea is set down. The technology for biogas collection is suggested.