

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИИ ПОЛИГОНА ТБО «ГОРНОСТАЙ»

Обжиров А.И., Яцук А.В., Гресов А.И., Коровицкая Е.В.

Тихоокеанский океанологический институт им.В.И.Ильичева ДВО РАН

E-mail: obzhirov@poi.dvo.ru

Эколого-газогеохимические исследования полигонов ТБО (твердых бытовых отходов) проводились с целью оценки объёмов эмиссии биогаза в окружающую среду и в атмосферу, определения компонентного состава газовой выбросов, степени газоопасности и выбора методов рекультивации ТБО. Эти исследования на полигоне ТБО «Горноста́й», г. Владивостока были проведены лабораторией газогеохимии ТОИ ДВО РАН в период с 2008 по 2012 год. Результаты исследований вошли в проект рекультивации и закрытия полигона ТБО.

Ключевые слова: Полигон ТБО, эмиссия биогаза, экология, загрязнение окружающей среды.

GAS GEOCHEMICAL MONITORING OF ECOLOGY ON THE POLIGON HCW

Anatoly Obzhirov, Andrey Yatsuk, Alex Gresov, Elena Korovitskaya

V.I.Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok

Ecology-geochemical investigation on the polygon HCW (hard common waste) carried out to estimate the value emission of biogas to environment and to atmosphere, determination of gas composition, extent danger of gas of life and to choose method of artificial HCW. There investigation on the polygon HCW "Gornostay", Vladivostok were carried out laboratory of Gas Geochemistry POI DVO RAS since 2008 to 2012. Results of investigation were used to prepare projects of artificial HCW and to close of it.

Key of words: Polygon HCW, emission of biogas, ecology, pollution environment.

Введение

Полигон ТБО (твердых бытовых отходов) был размещен в одном из красивейших районов окрестности Владивостока, в районе бухты и поселка Горноста́й. Он начал действовать с 1967 года и эксплуатировался с нарушением природоохранных и санитарно-гигиенических требований и наносил огромный экологический ущерб окружающей природной среде города. На полигоне складировались все виды бытовых отходов, в том числе химических производств. Через определенное время отходы частично возгорались, частично под действием тепла и микробов выделяли свалочные газы. В составе газов были метан (до 40-60 %), углекислый газ (10-20 %), сернистые газы, угарный газ СО и другие газы. Эти выделения газов загрязняли атмосферу, повышали опасность раковыми заболеваниями жителей близко расположенных к ТБО поселков и загрязняли акваторию Уссурийского залива поверхностными и подземными стоками с полигона.

Необходимость закрытия и рекультивации существующего полигона ТБО г. Владивостока назревала долгие годы. Лаборатории газогеохимии было поручено изучить состав и объем выделяемых на полигоне биогазов с целью оценки реальной опасности полигона для здоровья людей, масштаба загрязнения окружающей среды и акватории Уссурийского залива и выработки программы его закрытия и рекультивации. Работы по рекультивации начались в 2010 году и стали частью программы подготовки городского округа к проведению саммита стран АТЭС 2012 года.

Методика исследований

Газогеохимические исследования, проведённые на полигоне ТБО г. Владивостока включали в себя: определение фоновых концентраций газов в подпочвенном слое, газовую съемку (шпуровой метод), скважинные газогеохимические исследования; термометрические исследований в шпурах и скважинах. Измерения, обработка результатов исследований и оценка качественного и количественного состава эмиссии выполнялись в соответствии с утверждёнными нормативно-методическими и инструктивными документам Росгидромета и санэпиднадзора России.

Методика работ сводилась к следующим операциям: отбору пробы, извлечению из неё газа, анализу газа на хроматографе «КристалЛюкс-4000М», компьютерной обработке, эколого-газогеохимической интерпретации данных.

Результаты исследований

В составе газовой эмиссии действующего полигона установлены следующие основные компоненты: метан, углекислый газ, азот, кислород ($\geq 1\%$). Концентрации CH_4 в интервале глубин 0,8 – 1 м верхнего горизонта отходов изменялись от 0,0059 до 55,332 %; CO_2 – от 1,31 до 22,05 %; O_2 – от 1,93 до 19,88 %.

Исследованиями обнаружена постоянная эмиссия метана в верхние горизонты отходов по всей площади полигона. Наибольшие концентрации CH_4 наблюдаются в восточной части полигона, в направлении юго-западной части концентрации метана уменьшаются, зато существенно возрастают концентрации CO_2 . Концентрация O_2 приближается к воздушной по бортам полигона. На самом полигоне за счёт развития процессов окисления органики, тления и возгорания отходов концентрации кислорода существенно ниже (рис. 1).

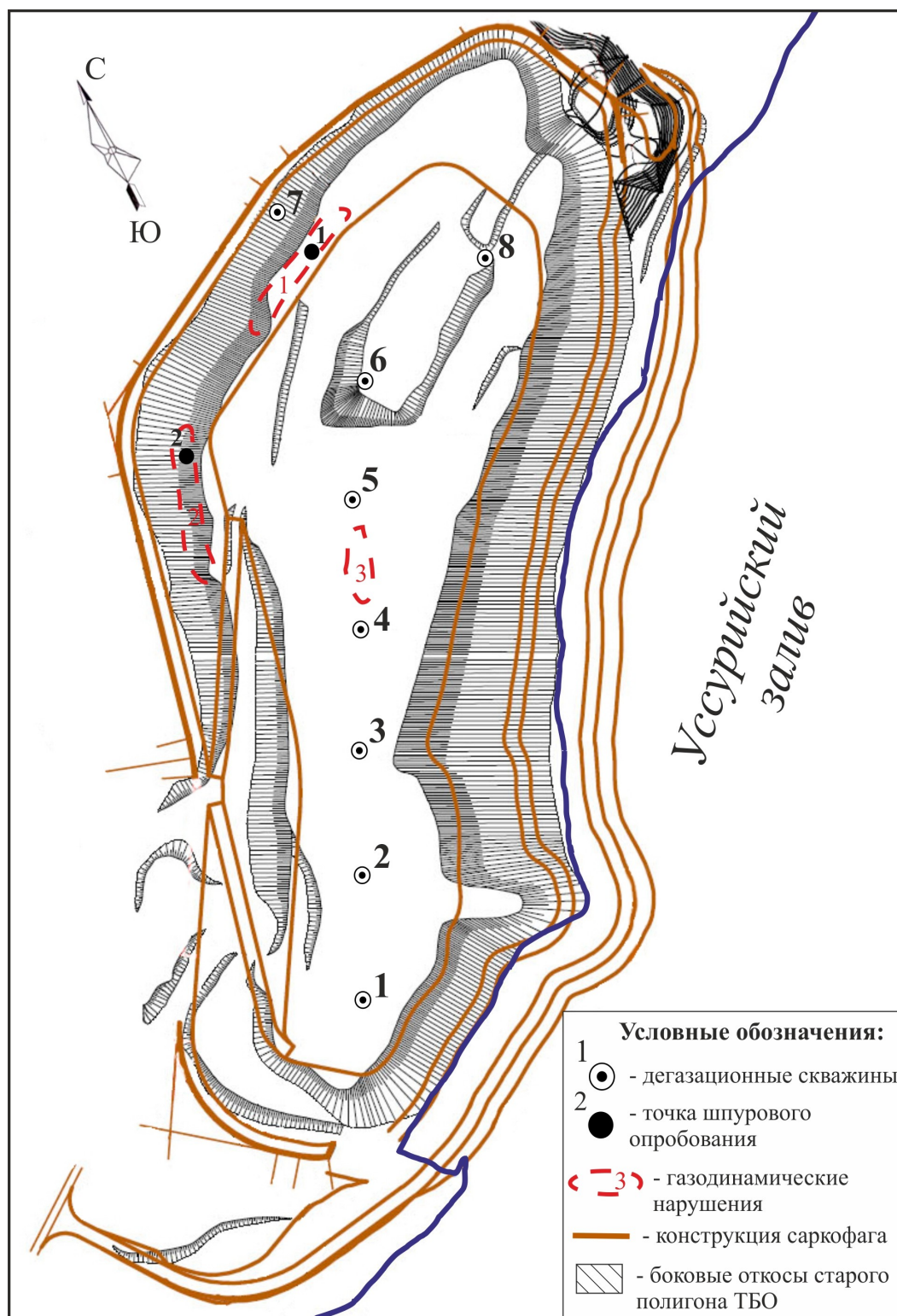


Рис. 1. Обзорная схема газогеохимических исследований полигона ТБО в 2011 г
Fig. 1. Scheme of gas geochemical investigation on the polygon HCW

Исследованный газ полигона ТБО содержит также макропримеси: водород (от 0,01 до 0,32 %), тяжелые углеводородные газы – этан, пропан, бутан и их гомологи (в сумме от 0,0002 до 0,83954 %); микропримеси: оксид углерода (0,0012 - 0,094 %), оксид и диоксид азота (0,0002 - 0,0016 %), сероводород и диоксид серы (от 0,0002 до 0,0024 %), бензол (0,0002 – 0,0096 %). В 2009 году исследованиями лаборатории ЦЛАТИ было установлено

существенное загрязнение атмосферного воздуха рабочей зоны полигона и прилегающей территории бенз(а)пиреном, формальдегидом и другими опасными веществами, выделяющимися в результате возгорания отходов.

В составе газовой эмиссии полигона ТБО обнаружено присутствие газообразных веществ, всех классов опасности (рис. 2).

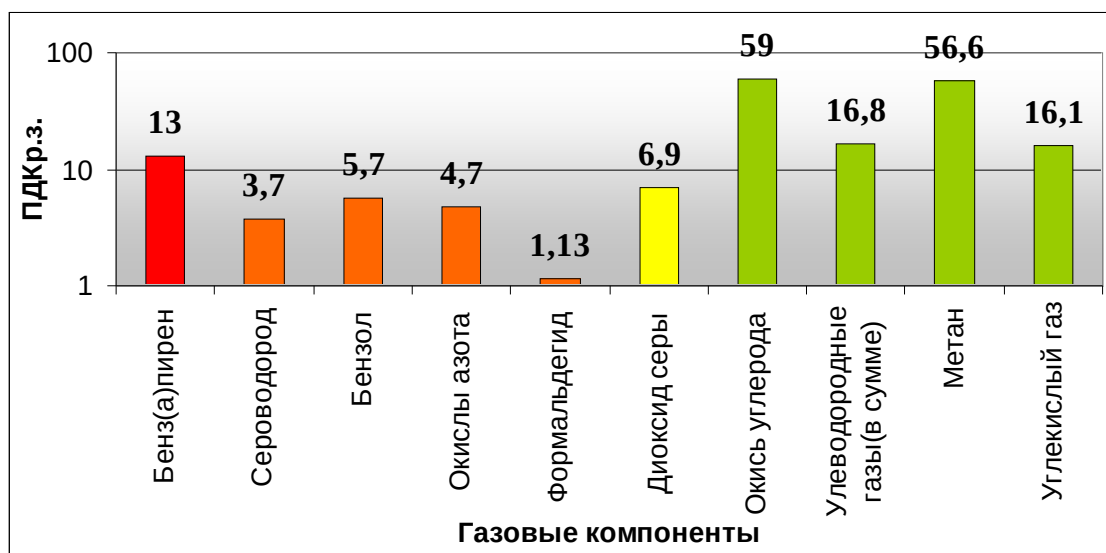


Рис. 2. Максимально разовые превышения ПДКр.з. полигона ТБО (ГН 2.2.5.1313-03). Условные обозначения: красный цвет – 1 класс опасности; оранжевый – 2 класс опасности; жёлтый – 3 класс опасности; зелёный – 4 класс опасности.

Fig. 2. Excess background danger on the polygon HCW: color: red – the 1 class dander, orange-2, yellow-3, green-4 class danger

Потенциальный вред, вызванный эмиссией свалочных газов, может быть разделен на несколько категорий: 1) физиологический; 2) экологический; 3) физический; 4) канцерогенный.

Исследованиями установлено, что 90 % площади полигона относится по газоопасности к потенциально опасной и опасной (пожароопасной). В 2008 году в пределах рабочей зоны полигона выделено 2 участка с взрывоопасными концентрациями метановоздушной смеси в верхнем горизонте отходов.

В начале 2011 года по завершению технического этапа рекультивации на полигоне ТБО г. Владивостока были оборудованы 8 дегазационных скважин (рис. 3, 4). В период с апреля по май 2011 на них были проведены комплексные газогеохимические наблюдения.

Газогеохимические исследования проводились методом отбора свободных газовыделения, в каждой скважине проводился замер дебита и температуры газового потока. Для замера содержания CO и H₂S использовался газоопределитель ГХПВ-1М с

индикаторными трубками. Схематическое расположение газодренажных скважин показано на рисунке 1 и 3.



Рис. 3. Газодренажные скважины полигона ТБО, 2011 г. (вид со скв. № 8)
Fig. 3. Gas drainage wells on the polygon HCW, 2011 (appearance from well 8)

В результате газогеохимических исследований в апреле 2011 в составе свободных выделений с газодренажных скважин полигона ТБО установлены следующие основные газовые компоненты (в пересчёте на безвоздушную среду): CH_4 - от 7,1 до 69,8 %; N_2 - от 12,05 до 59,6 %; CO_2 - от 17,7 до 38,9 % (рис. 4, 5). В виде микропримесей обнаружены углеводородные газы ряда $\text{C}_2\text{-C}_5$ в сумме от 0,0067 до 0,0217 % (этан – до 0,0058 %; этилен и пропилен до 0,001%; пропан – до 0,0037 %, бутан – до 0,0020 %; изобутан – до 0,0038 %; пентан – до 0,0004 %).

Индикаторными трубками в скважинах № 5, 6, 7 обнаружена окись углерода концентрацией от 10 до 30 мг/м^3 (0,5 - 1,5 ПДКр.з.). В скважинах № 3, 4, 7 присутствовал сероводород, концентрацией от 20 до 60 (скв. № 7) мг/м^3 (2 – 6 ПДКр.з.).

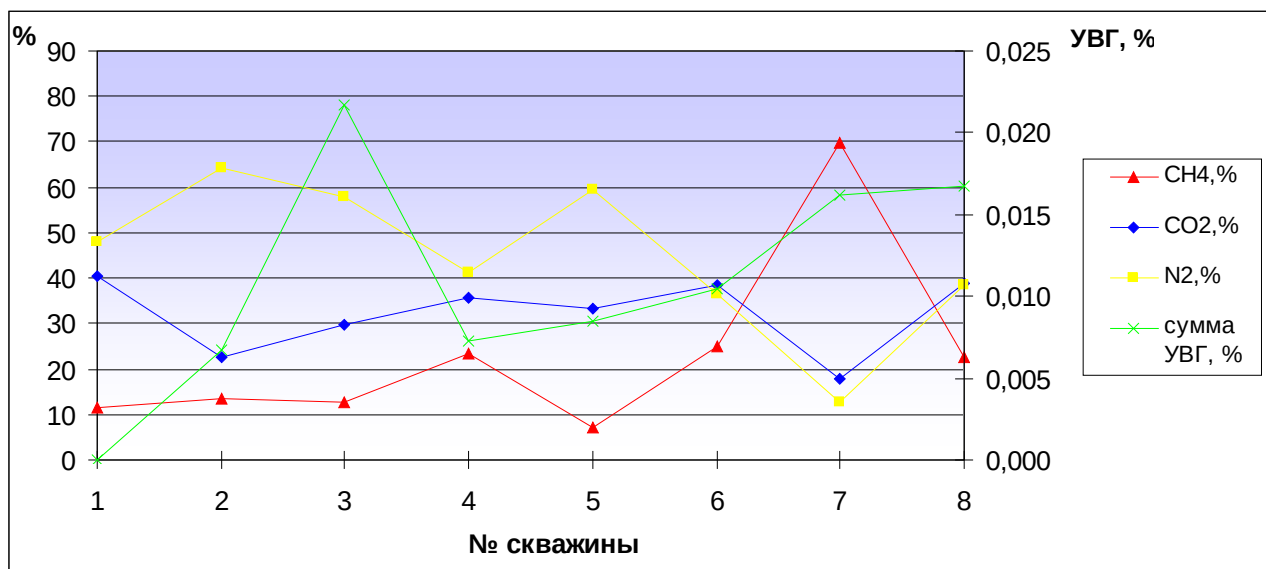


Рис. 4. Средние концентрации основных газовых компонентов газовыделения с дегазационных скважин, апрель 2011 (правая ось – концентрации УВГ-C2-C4,%).

Fig. 4. Middle concentration of basic gas components from degassing wells, April 2011 (right axis is concentration of C2-C4 %)

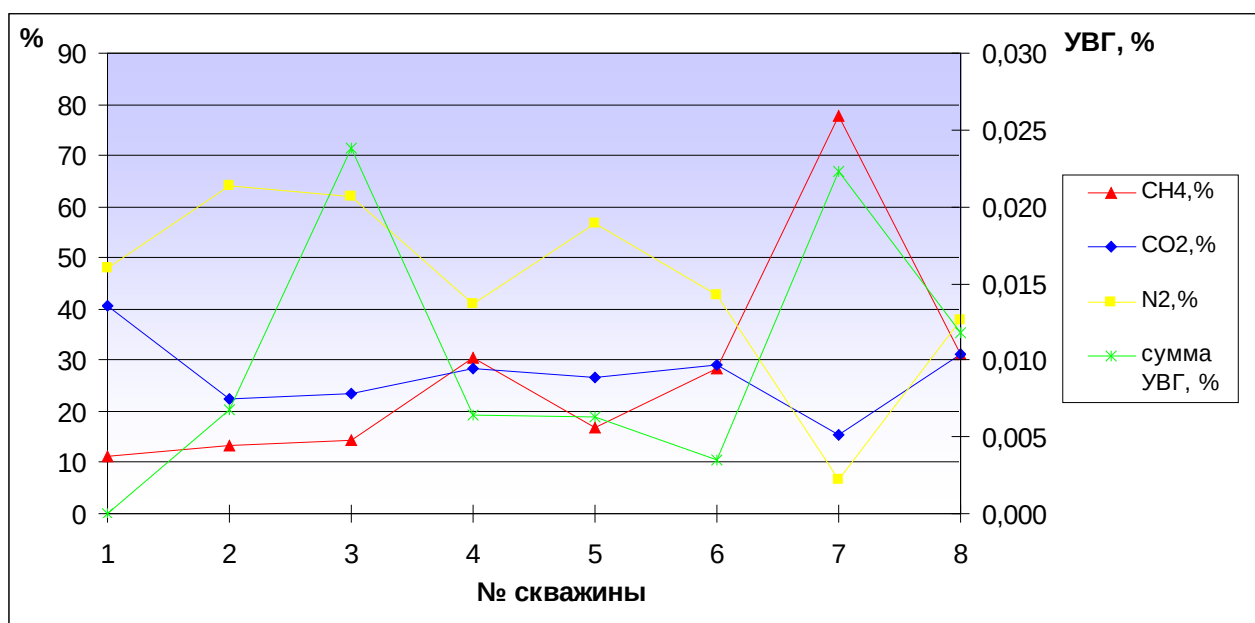


Рис. 5. Средние концентрации основных газовых компонентов газовыделения с дегазационных скважин, май 2011 (правая ось – концентрации УВГ, C2-C4 %).

Fig. 5. Middle concentration of basic gas components from degassing wells, May 2011 (right axis is concentration of C2-C4 %)

В результате газогеохимических исследований в мае 2011 в составе свободных выделений с газодренажных скважин полигона ТБО установлены следующие основные газовые компоненты (в пересчёте на безвоздушную среду): CH₄ - от 11,3 до 77,8 %; N₂ - от 6,8 до 56,7 %; CO₂ - от 15,3 до 40,6 % (рис. 4). В виде микропримесей обнаружены углеводородные газы ряда C₂-C₅ в сумме от 0,0035 до 0,0238 % (этан – до 0,0074 %; этилен и пропилен до 0,002 %; пропан – до 0,0046 %, бутан – до 0,0016 %; изобутан – до 0,0024

%; пентан – до 0,0002 %). Индикаторными трубками, в скважинах № 2 и 5 обнаружена окись углерода концентрацией 15 и 40 мг/м³ (0,75 - 2 ПДКр.з.). В скважинах № 3, 6, 7, 8 присутствовал сероводород, концентрацией от 5 до 40 мг/м³ (1 – 5 ПДКр.з.). В скважине № 5 концентрация H₂S была >100 мг/м³, в приземной атмосфере ощущался характерный запах сероводорода.

Наибольшие концентрации СН₄ зафиксированы в скв. № 7 (рис. 2) апрель - 70 %, май - 77 %. В сравнении с апрельскими значениями в мае концентрации метана возросли по всем скважинам, а углекислого газа наоборот немного снизились.

Значения среднего удельного газовыделения с дегазационных скважин в исследуемый период и температуры газового потока показаны на рисунке 6.

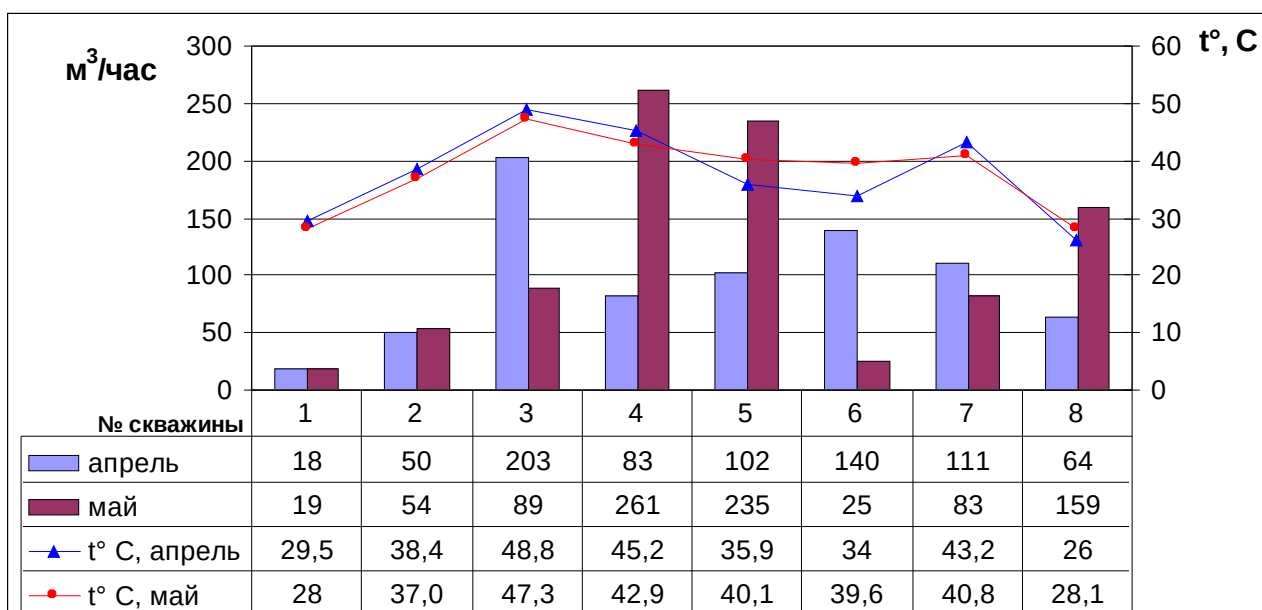


Рис. 6. Значения удельного газовыделения с дегазационных скважин (м³/час) и температура газового потока (t°, C).

Fig. 6. Specific volume gas from degassing wells (m³/hour) and temperature of gas (t°, C).

Наибольший дебит газа в апреле наблюдался в скв. № 3 (203 м³/час), в мае в скв. № 4 (261 м³/час). Суммарное газовыделение со всех дегазационных скважин в апреле составляло 770 м³/час, в мае - 925 м³/час. Среднее значение выделения метана со скважин в апреле составляло 187 м³/час, в мае - 262 м³/час. Основное выделение метана зафиксировано со скважин северо-восточной и центральной части полигона ТБО. Наибольший дебит СН₄ обнаружен в скв. № 7 (77 м³/час - апрель) и скв. № 4 (80 м³/час - май).

Перекрытие основной площади полигона глиняным экраном (саркофагом) привело к смене газогеохимических условий разложения отходов на полигоне. В условиях отсутствия свободного кислорода, в толще полигона стали активно развиваться начальные

процессы анаэробного разложения отходов. На начальные стадии этих процессов может указывать повышенные значения температуры газового потока в скважинах – до + 48,8 °С (рис. 6), а также присутствие повышенных концентраций H_2S и CO . Активное развитие процессов газообразования приводит к скоплениям большого количества биогаза в толще отходов. Пути миграции для биогаза в атмосферу, помимо оборудованных дегазационных скважин, могут служить борта полигона и локальные места разуплотнения перекрывающего покрытия.

Газогеохимическими исследованиями было выявлено 3 газодинамических нарушения (рис. 2). Газодинамическое нарушение № 1 (рис. 2) было обнаружено в апреле 2011 года. Представляло собой участок на склоне западного борта в восточной части полигона. Ширина участка составляла 6 м, длина 25 м. На данном участке наблюдались локализованные прорывные парообразные выделения биогаза. При отборе пробы газа температура в шпуре достигала + 62,5 °С (рис. 7). Удельный дебит газа составлял 40 мл/мин. Анализ компонентного состава газовой выделения показал наличие: CH_4 - 6,5 %, CO_2 – 12,7 %, O_2 – 13,2 %, N_2 – 67,6 %; сумма УВГ (C_2 - C_5) – 0,0022 %. Данная локальная территория полигона была представлена пожаровзрывоопасными в газогеохимическом отношении грунтами [СП 11 – 102 – 97]. В мае на данном локальном участке также наблюдались парообразные газовыделения с меньшей распространенностью. Температура в шпуре достигала + 45 °С. В составе газовой выделения были обнаружены: CH_4 – 3,3 %, CO_2 – 5,8 %, O_2 – 16,9 %, N_2 – 73,9 %; сумма УВГ (C_2 - C_5) – 0,0009 %. Участок также относился к опасному в газогеохимическом отношении.



Рис. 7. Газодинамическое нарушение № 1. Западный борт полигона ТБО, 2011 г.
Fig. 7. Zone of fissure No 1 with gas emission. West side of polygon HCW, 2011

Газодинамическое нарушение № 2 (рис. 7) было обнаружено в апреле 2011 г., в центральной части западного борта полигона. Было представлено трещиной в перекрывающем слое, общей длиной 21 м (рис. 8).

По площади распространения нарушения визуально также наблюдались парообразные свободные газовыделения. При отборе пробы газа температура в шпуре достигала + 34 °С. Компонентный состав газовыделения представлен: CH_4 – 5,8 %, CO_2 – 10 %, O_2 – 12 %, N_2 – 72,19 %; сумма УВГ (C_2 – C_5) – 0,002 %. Обнаруженные концентрации также указывают на наличие пожаровзрывоопасных грунтов [СП 11 – 102 – 97]. В мае, данное газодинамическое нарушение также было обнаружено, но визуально уровень газовыбросов был незначительный.



Рис. 8. Газодинамическое нарушение № 2. Западный борт полигона ТБО, 2011 г.

Fig. 8. Zone of fissure No 2 with gas emission. West side of polygon HCW, 2011

Газодинамическое нарушение № 3 было обнаружено в мае, в центральной части полигона, между скважинами № 4 и № 5. Было представлено локальным участком провала и оседания перекрывающего грунта. При визуальном обследовании свободные газовыделения не наблюдались. Однако в приземной атмосфере ощущался резкий запах сероводорода, а в скважине № 5 его концентрация превысила 100 мг/м^3 .

Анализируя современное состояние полигона ТБО можно сказать, что создание мощного газогидроизоляционного перекрытия привело к усилению процессов газообразования на полигоне. Формирование благоприятных анаэробных условий в толще отходов привели к росту метаногенерации и активной миграции биогаза в окружающую среду. Исследование газовыделения с дегазационных скважин показывает рост концентраций и объемов выбросов метана. На сегодняшний день полигон ТБО остаётся серьёзным газоопасным объектом, нуждающимся в постоянном контроле и мониторинге с целью изучения процессов выделения биогаза и обеспечения газобезопасности.

В процессе мониторинга в 2011 г. в составе свободных газовыделений газодренажных скважин полигона были установлены следующие компоненты: CH_4 - от 7,1 до 77,8 %; N_2 - от 6,8 до 59,6 %; CO_2 - от 15,3 до 40,6 %; углеводородные газы - в сумме до 0,0238 %. Индикаторными трубками установлено наличие CO - от 10 до 40 мг/м^3 (2 ПДКр.з.) и H_2S - от 5 до 100 мг/м^3 (10 ПДКр.з.). Температура газового потока на выходе из скважин изменялась в пределах от + 26 до + 50 °С. Суммарный дебит всех дегазационных скважин весной 2011 года составлял 770 - 925 $\text{м}^3/\text{час}$. Основное выделение метана зафиксировано в восточной и центральной части полигона ТБО. По предварительным

данным, суммарное газовыделение CH_4 только с дегазационных скважин полигона составляет порядка 2,5 млн. $\text{м}^3/\text{год}$. Прогнозные расчёты объёмов газообразования с применением математической модели LandGEM 3.02 Американского агентства по охране окружающей среды (US EPA) показали, что ещё как минимум на протяжении 20-30 лет эмиссия метана будет находиться на высоком уровне.

Пути миграции для биогаза в атмосферу, помимо оборудованных дегазационных скважин, могут служить борта полигона и локальные места разуплотнения перекрывающего покрытия. Так, газогеохимическими исследованиями в 2011 году было выявлено 3 участка газодинамического нарушения перекрывающего слоя полигона. Они были представлены локальными паровыми, с температурой от + 34 до + 62,5 °C, выходами биогаза на поверхность. Анализ компонентного состава газовыделений показал наличие: CH_4 - от 3,3 до 6,5 %; CO_2 - от 5,8 % до 12,7 %; O_2 – от 12 до 16,9 %; N_2 – от 67,6 до 73,9 %; сумма УВГ ($\text{C}_2\text{-C}_5$) – от 0,0009 до 0,0022 %; CO – от 2 до 10 $\text{мг}/\text{м}^3$; H_2S – до 2 $\text{мг}/\text{м}^3$. В результате исследований было обнаружено 2 локальных участка в районе западного борта восточной и центральной части полигона с пожаровзрывоопасными и опасными концентрациями метановоздушной смеси в верхнем горизонте грунтов и приземной атмосфере.

В мае 2012 г. сотрудниками лаборатории газогеохимии были сделаны измерения состава газа дренажных скважин (рис. 9, 10, 11) и газа, выделяющегося из трещин полигона (рис. 12, 13). Состав газа и интенсивность его выделения из дренажных скважин были близки к данным 2011 года. Это подтверждает, что интенсивность эмиссии газов из недр полигона не меняется, особенно концентраций метана (40-50 %) и углекислого газа (10-20 %).

В мае 2012 года, так же как и в мае 2011 продолжает поступать газ по трещинам верхнего насыпного грунта (см. рис.13). Температура в трещине, представленной на рис. 13 достигала 102 гр.С на глубине около 1 м. Вокруг трава отсутствовала и обнаруживались другие трещины. Это подтверждает продолжение активной фазы термогенных процессов разложения органики отходов.

Следует отметить, что только нахождение вблизи трещин ощущается запах сернистых газов, но в 5-10 м от трещин он ослабевает. То есть, рекультивация способствует очищению окружающей среды и со временем восстановится нормальное экологическое состояние полигона. Есть еще проблема с водотоками из под полигона, которые появляются в период дождей и проникают в море. Вода полигона в основном насыщена метаном и углекислым газом, которые будут вносить загрязнение морской воды побережья.



Рис. 9. Газогеохимическое исследование полигона ТБО «Гоноста́й» в 2012 г.
Fig. 9. Gas geochemical investigation on the polygon HCW “Gornostay”, 2012



Рис. 10. Выделение газа из газодренажной скважины (как туман) в мае 2012 г.
Fig. 10. Emission gas from degassing well (like fog) in May 2012



Рис. 11. Отбор газа на анализ из газодренажной скважины, 2012
Fig. 11. To take gas from degassing well to analyse it, 2012.



Рис. 12 Отбор газа на анализ из трещин, 2012 г
Fig. 12. To take gas from degassing fission to analyse it, 2012.



Рис. 13. Трещина на полигоне с выделением газа. температура 102 гр. С
Fig. 13. Fission on the polygon with emission gas that have temperature 102° C



Рис. 14 Вид на восточный борт рекультивированного полигона.
Fig. 14. Appearance of East side reclamated polygon HCW

Заключение

Международный опыт эксплуатации и рекультивации полигонов показывает, что единственный способ прекращения выделения в атмосферу биогаза – это его организованное удаление через систему скважин и коллекторов с последующей утилизацией и использованием в народном хозяйстве. Основным методом,

обеспечивающим решение этой задачи, является принципиальная схема сбора и утилизации биогаза (рис. 15):

- создание сети вертикальных газодренажных скважин, соединяющихся линиями газопроводов;
- в зависимости от количества скважин на полигоне ставятся коллектора для сбора газа, насосно-компрессорное оборудование для принудительной откачки газа и его компримирования;
- установка оборудования для предварительной очистки биогаза от силоксанов, сероводорода, углекислого газа, вредных примесей и влаги для последующей утилизации.



Рис. 15. Схема использования и утилизации биогаза.

Fig. 15. Scheme to use bio gas.

В связи с вышеизложенными фактами после закрытия полигона ТБО г. Владивостока рекомендуется проведение следующих мероприятий:

- организация газогеохимического мониторинга сети газодренажных скважин с целью уточнения объёмов эмиссии, оценке дебита и компонентного состава биогаза;
- ограждение территории закрытого полигона от свободного посещения в целях обеспечения газобезопасности. Оповещение населения о существующей газогеохимической опасности для предотвращения возможных несчастных случаев.

- организация опытно-исследовательской базы для сбора и утилизации биогаза. При этом на основе газогеохимических исследований определить экономически выгодную возможность промышленного использования ресурсов биогаза полигона.

В перспективе, собранный и очищенный биогаз может быть использован в различных областях народного хозяйства региона:

- энергетике (использование в качестве топлива для газовых двигателей и турбин, когерационных установок с целью получения электроэнергии и тепла). Для выработки 1 МВт энергии необходима подача биогаза в количестве 525 м³/ч.;
- теплоэнергетике (сжигание в инфракрасных нагревателях с целью получения тепла и обогрева жилых и производственных помещений, теплиц и т.д.);
- обогащение и использование в качестве моторного топлива (возможное переоборудование мусороуборочной техники на газ и создание АГЗ на территории старого полигона);
- химической промышленности (производство метанола);
- факельное сжигание (торговля квотами на выброс парниковых газов в рамках Киотского протокола);
- обогащение метаном до 94 - 95 % и использование в качестве бытового газа для нужд местного населения.

Процессы образования биогаза будут продолжаться десятки лет после закрытия полигона в количествах способных нанести ощутимый ущерб окружающей природной среде. Реализация мероприятий по сбору и утилизации газовыбросов полигона при должной организации позволит уменьшить выбросы в атмосферу, улучшить экологическое состояние окружающей среды, принесет экономическую и социальную пользу.