

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ГЛЕЕВОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ТЕЛЕ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

Максимович И. Г., Хмурчик В. Т., Деменев А. Д.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, [ntax54@gmail.com](mailto:ntax54@gmail.com)

**Аннотация:** На одном из гидротехнических сооружений Камско-Волжского каскада наблюдался похожий на суффозию вынос взвеси водами, фильтрующимися через основание и тело земляной плотины. Проведенные комплексные исследования показали, что источником выносимого вещества были водорастворенные ионы, образующиеся при микробиологической трансформации водовмещающих грунтов и пород, а не вещество тела плотины.

**Ключевые слова:** водорастворенное органическое вещество, глеевая геохимическая обстановка, микробиологическое выщелачивание ионов, окислительный геохимический барьер.

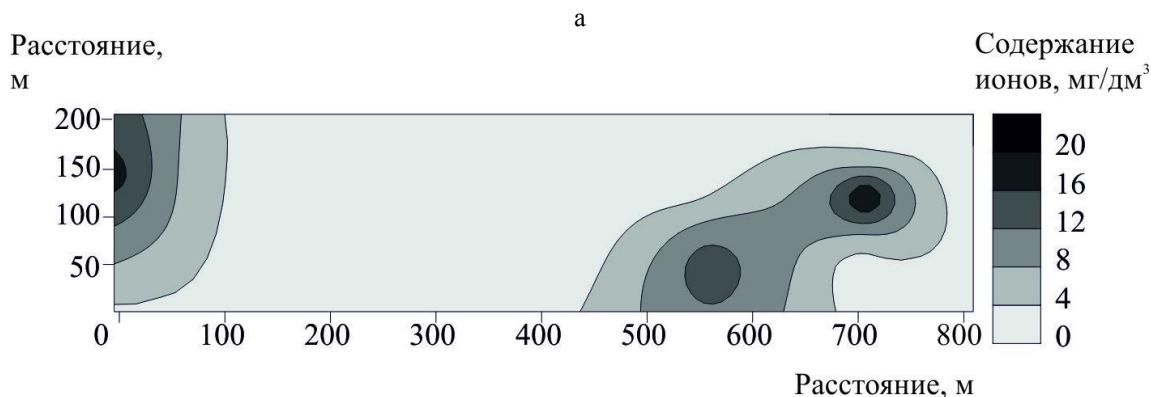
**Abstract:** Visual observation of hydropower plant dam revealed the efflux of suspended matter with percolating ground waters like suffusion. Complex investigation showed, the sources of effluxed matter were microbiologically transformed water-bearing grounds and rocks, not the dam's body.

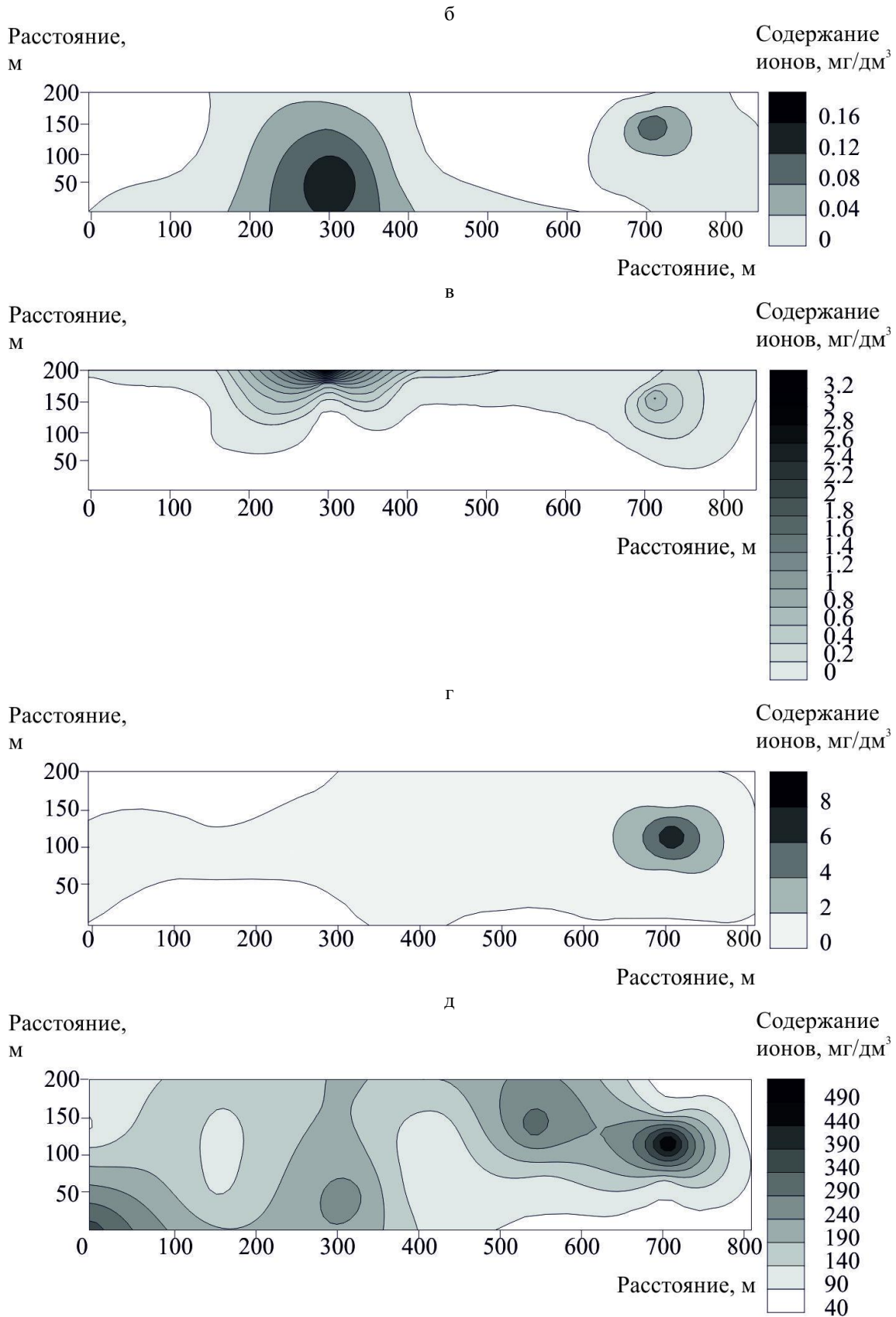
**Key words:** dissolved organic matter, gley geochemical conditions, microbiological leaching of ions, oxidative geochemical barrier.

На одной из плотин Волжско-Камского каскада в ходе осуществления мероприятий по контролю за состоянием различных систем сооружения и процессов, на облицовке стенок и дна дренажной системы было обнаружено отложение осадка охристого цвета. Анализ дренажных вод показал существенное превышение их мутности по сравнению с пробами вод из водохранилища, что является одним из признаков суффозионного процесса.

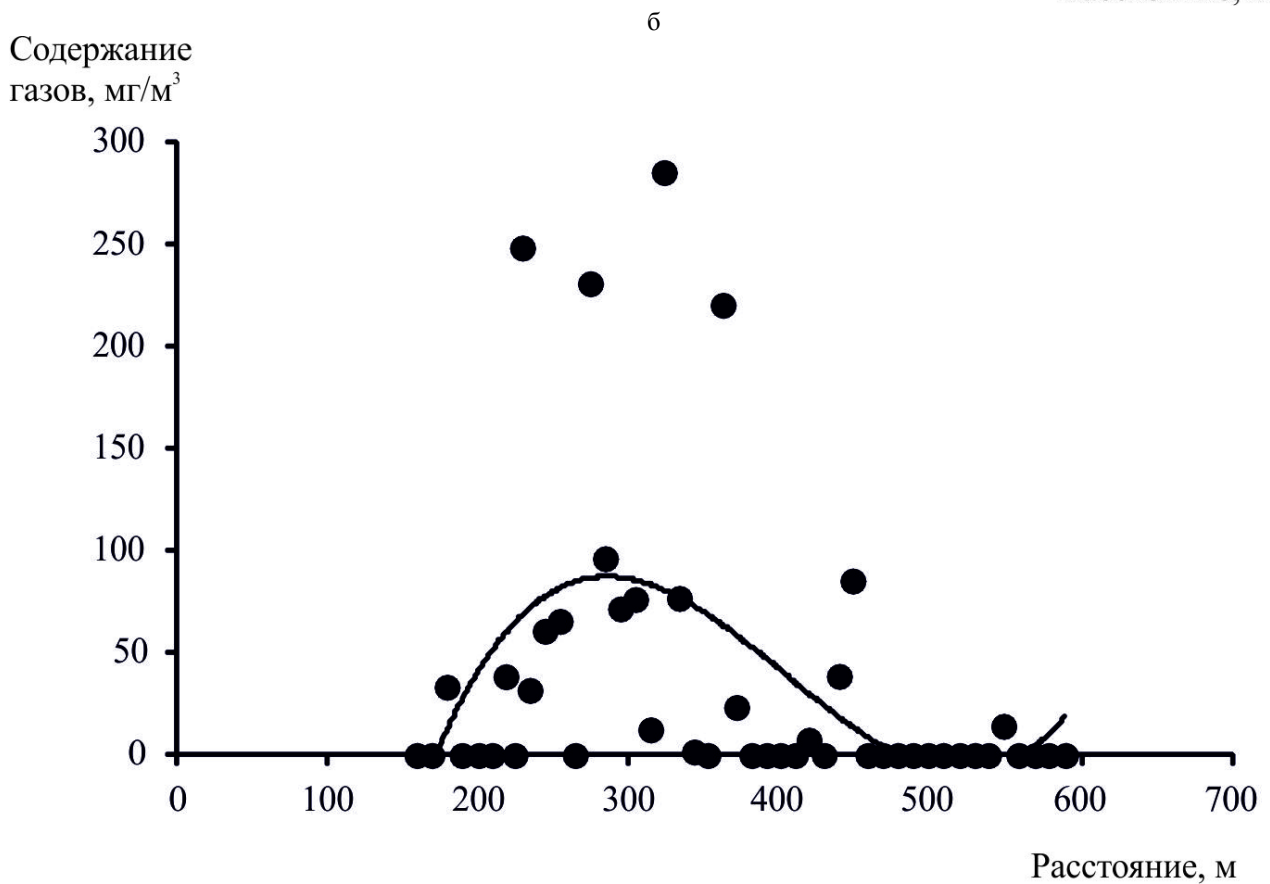
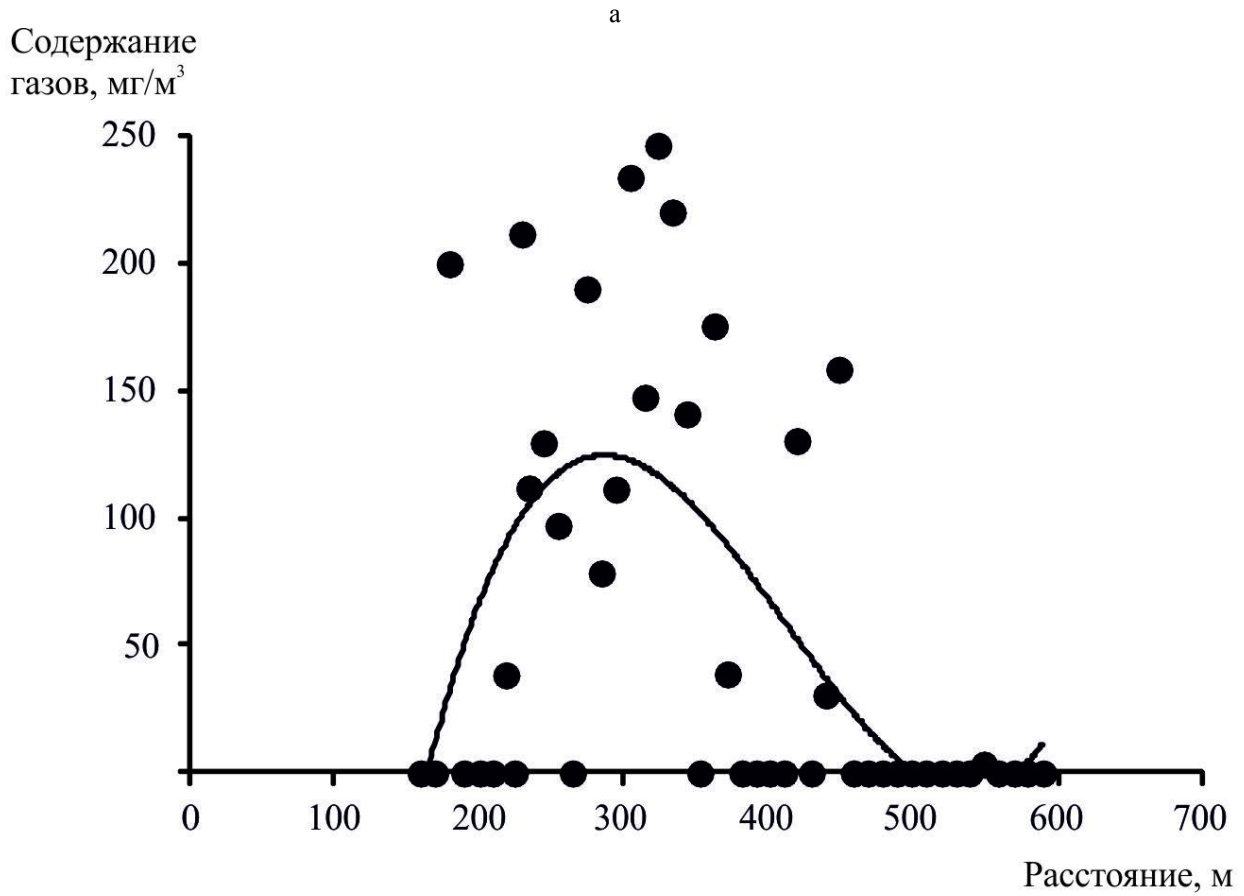
По данным лабораторного химического анализа осадок представлял собой гидроксид трехвалентного железа, в то время как осадок отфильтрованной воды из водохранилища был представлен силикатными минералами. Образование осадка гидроксида трехвалентного железа наблюдалось также в пробах дренажных вод при их хранении в неплотно закупоренной таре, а также на фильтрах при пробоподготовке перед химическими анализами. Таким образом, протекание суффозионного процесса в теле плотины не подтвердилось, однако остался вопрос механизма образования осадка. В связи с этим нами был разработан и проведен комплексный метод исследования грунтов и вод плотины [1].

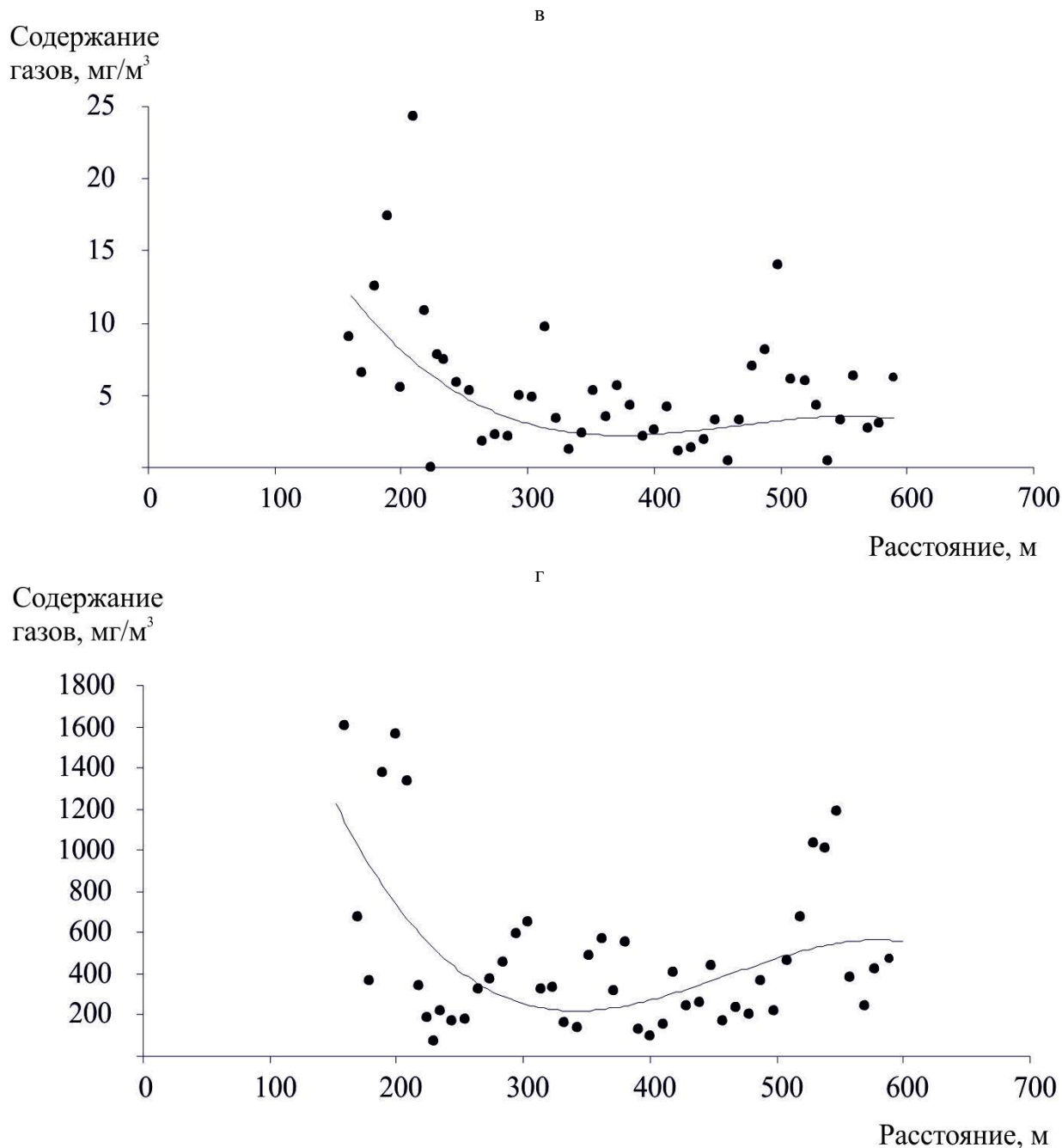
Стандартные гидрохимические исследования проб воды, фильтрующейся через тело плотины, показали, что на сравнительно небольшой площади исследований химический состав воды в теле плотины имеет довольно пеструю картину. Так, очаговый характер распространения проявили ионы аммония (максимальное содержание до 21,6 мг/дм<sup>3</sup>), нитрит- и нитрат-ионы (максимальное содержание до 4,6 и 3,3 мг/дм<sup>3</sup>, соответственно), а также ионы Fe<sup>2+</sup> (максимальное содержание до 19,8 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 1а - г). При этом очаг распространения повышенного содержания в воде ионов аммония примерно совпадал с очагом повышенного содержания ионов Fe<sup>2+</sup>. Содержание гидрокарбонат-ионов в этой зоне также было повышенным (до 366,1 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 1, д), в то время как вне зоны оно в среднем составляло 207 мг/дм<sup>3</sup>.





**Рис. 1. Содержание отдельных ионов в пробах воды:**  
а) ионы аммония; б) нитрит-ионы; в) нитрат-ионы; г) ионы  $Fe^{2+}$ ; д) гидрокарбонат-ионы





**Рис. 2. Состав подпочвенных газов:**

*а) метан; б) углеводородные газы C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>; в) летучие органические соединения; г) углекислый газ*

Проведенный хроматомасс-спектрометрический анализ показал, что вода, фильтрующаяся через тело плотины, характеризовалась повышенным содержанием водорастворенного органического вещества ( $C_{орг}$  от 108 до 122 мг/дм<sup>3</sup>), в то время как его содержание в поверхностных и маломинерализованных водах Пермского края обычно не превышает 30–40 мг/дм<sup>3</sup>, достигая в отдельных случаях 60–70 мг/дм<sup>3</sup>. Исследования показали, что водорастворенное органическое вещество имело преимущественно техногенное происхождение, так как присутствие природных органических веществ торфяного типа было выражено весьма слабо - отсутствовали присущие ему фенольные, углеводные и аминокислотные структуры, а также характерные для растительности эфиры высших жирных кислот (пальмитиновой, стеариновой, олеиновой). Присутствие низкомолекулярных галогеналканов, изоцианатов и изотиоцианатов ряда C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>, а также оксиранов ряда C<sub>10</sub>-C<sub>14</sub>, свидетельствовало о протекании в теле плотины процессов преобразования органического вещества.

Для газогеохимического опробования состава подпочвенных газов грунтовой плотины проводили шпуровую

съемку (глубина шпуров 0,5–0,7 м, расстояние между шпурами 10 м) с использованием переносного экспресс-газоанализатора «Ecorprobe-5». Опробование выявило совпадение трендов распространения метана (среднее содержание 58,5 мг/м<sup>3</sup>) и углеводородных газов C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> (среднее содержание 37,5 мг/м<sup>3</sup>); тренды распространения летучих органических соединений (среднее содержание 5,5 мг/м<sup>3</sup>) и углекислого газа (среднее содержание 483,1 мг/м<sup>3</sup>) имели обратный характер (рис. 2).

Комплекс исследований включал также колонковое бурение до глубины залегания аллювиального горизонта, подстилающего подошву тела плотины, с отбором образцов грунта ненарушенной структуры. По данным лабораторных испытаний в строении тела плотины в основном принимали участие глинистые грунты – суглинки тяжелые пылеватые и глины легкие пылеватые. При этом водонасыщенные грунты имели серую и серо-зеленую окраску. Глинистые грунты тела плотины обладали высокой физико-химической активностью, содержали в значительном количестве органические вещества (до 8%) и микроэлементы. Лабораторные исследования показали присутствие в грунтах тела плотины жизнеспособного микробного сообщества, способного оказывать влияние на жидкую, твердую и газовую фазы грунта при активизации жизнедеятельности [2, 3].

Наблюдаемая неоднородность распространения в водах, фильтрующихся через тело плотины отдельных ионов может являться, по нашему мнению, результатом микробиологических процессов, протекающих в теле плотины. Повышение содержания ионов аммония и гидрокарбонат-ионов свидетельствует о процессах разложения органического вещества, а наличие нитрит- и нитрат-ионов – об аэробном характере этого процесса. Примечательно, что нитрит- и нитрат-ионы обнаруживаются вблизи верхнего бьефа плотины, а в пробах воды, отобранных из скважин вблизи нижнего бьефа плотины, они отсутствуют. Это может являться показателем того, что аэробное разложение органического вещества идет за счет кислорода, растворенного в фильтрующихся водах, который полностью расходуется за время прохождения вод через тело плотины. Наличие пространственно совпадающих очагов распространения повышенного содержания ионов аммония и Fe<sup>2+</sup> свидетельствует о том, что в данной зоне идет анаэробное разложение органического вещества. При этом источником ионов аммония служит органическое вещество, а ионов Fe<sup>2+</sup> – железосодержащие минералы и породы тела плотины [4, 5, 6]. Ионы Fe<sup>2+</sup> при выходе на дневную поверхность выпадают в осадок в форме гидроксида железа (III), что объясняет значительное повышение мутности вод, фильтрующихся через тело плотины, по сравнению с водами водохранилища. Совпадение характера распространения в почвогрунтах метана и углеводородных газов C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>, а также противоположный характер распространения летучих органических соединений могут являться результатом бактериального преобразования в теле плотины органического вещества, в результате которого и образуются летучие органические соединения, которые в дальнейшем также могут быть использованы микроорганизмами с образованием метана и углеводородных газов C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>. Наблюдаемый характер распределения и состава газов может свидетельствовать об их едином генезисе, связанном, по всей вероятности, с преобразованием сингенетичного органического вещества.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в теле грунтовой плотины в результате жизнедеятельности микроорганизмов получила развитие глеевая геохимическая обстановка [7, 8, 9]. Проведенные исследования также показали, что процессы, имеющие внешние признаки суффозионных, могут и не являться таковыми: источником повышения мутности дренажных вод явился не механический вынос частиц грунта из тела плотины, а новообразование на окислительном геохимическом барьере осадка из ионов, находившихся до этого в водорастворенном состоянии.

### *Список литературы*

1. Максимович, Н. Г. Комплекс методов исследования микробиологической активности в грунтовых плотинах / Н. Г. Максимович [и др.] // Вестник СПбГУ. - 2014. - Сер. 7, вып. 4. - С. 88-100.
2. Деменев, А. Д. Роль микроорганизмов в миграции железа в глинистых грунтах / А. Д. Деменев, В. Т. Хмурчик // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. - 2014. — № 14. - С. 103-105.
3. Maksimovich, N. G. The Influence of Microbiological Processes of Subsurface Waters and Grounds in River Dam Basement / N. G. Maksimovich, V T. Khmurchik // Engineering Geology for Society and Territory. - 2014, V. 6. Applied Geology for Major Engineering Projects. - P. 563 - 565.
4. Максимович, Н. Г. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов / Н. Г. Максимович, В. Т. Хмурчик // Вестник Пермского университета. Сер. Геология. - 2012. - Вып. 3(16).-С. 47-54.
5. Geatches D. L. Iron reduction in nontronite-type clay minerals: Modelling a complex system / D. L. Geatches, S. J. Clark, H. C. Greenwell // Geochimica et Cosmochimica Acta. -2012. - V. 81. - P. 13-27.
6. Lovley, D. R. Humic substances as a mediator for microbially catalysed metal reduction /D. R. Lovley //Acta Hydrochimica et Hydrobiologica. -1998. -V. 26. - № 3. - P. 152-157.
7. Зайдельман, Ф. Р. Подзоло- и глееобразование / Ф. Р. Зайдельман. - М. : Наука, 1974. - 208 с.
8. Перельман, А. И. Биокосные системы Земли / А. И. Перельман. - М. : Наука, 1977. - 160 с.
9. Перельман, А. И. Геохимия эпигенетических процессов / А. И. Перельман. - М. : Недра, 1965.-272 с.