УДК 624.131:551.3

Е.Г.ЗАХАРОВА
Геолого-разведочный факультет,
группа РГОм-97, ассистент профессора

РОЛЬ БОЛОТНОЙ МИКРОБИОТЫ В ИЗМЕНЕНИИ СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Рассмотрено влияние одного из важных природных факторов подземного пространства Санкт-Петербурга (захороненных болот и торфяных отложений) на негативные преобразования подстилающих грунтов и возникновение ряда экзогенных, в том числе биохимических, процессов и явлений. Такие процессы во многом определяют безопасность освоения и использования подземного пространства города. Особое внимание обращено на болотную микрофлору, ее численность и многообразие физиологических групп, а также общий вес бактериальной массы в процентном отношении. При определенных гидродинамических условиях болотная микробиота мигрирует вниз по разрезу на дисперсных частицах породы. Отмечается резкое увеличение бактериальной массы в грунтах под захороненными болотами по сравнению с незаболоченными участками. Загрязнение погребенных болот утечками из канализационных систем приводит к росту микробиологической деятельности в 3-4 раза. Подчеркивается, что особо негативное влияние оказывают захороненные болота на песчаные отложения, которые часто трансформируются в плывуны; глинистые грунты переходят в квазипластичное состояние. Захоронение болот приводит к возникновению реальной угрозы метаногенеза, формированию газогрязевых выбросов и повышению газонасыщенности пород. При загрязнении болотных вод сульфатами в процессе сульфатредукции образуется сероводород. Болотная микрофлора формирует высокую степень агрессивности по отношению к строительным материалам.

In work the influence of one of the important natural factors underground space of St.-Petersburg – buried bogs and peat adjourment on negative transformations spreading of adjourment and occurrence of a number including, biochemical processes and phenomena is considered. Such processes in many respects define safety of development and use of underground space of city. The special attention is inverted on marsh, bacterium, its number and variety of physiological groups, and also gross weight, bacteria of weight in percentage terms. Under the certain hydrodynamical conditions marsh of a bacterium move downwards on a cut on particles of breed. The sharp increase eight in adjourment under the buried bogs is marked in comparison with sites. The pollution bogs by outflow from sewer systems results in growth of microbiological activity in 3-4 times. Is emphasized, that especially negative influence is rendered by the buried bogs on sandy adjourment. The burial place of bogs results in occurrence of real threat formation gas of emissions. The marsh bacteria promote destruction of building materials.

Оценка геоэкологической ситуации в подземном пространстве Петербурга будет неполной без учета различных экзогенных процессов, среди которых назовем развитие погребенных болот.

Известно, что к моменту возведения Петербурга территория будущего города была сильно заболоченной. В его островной части широкое распространение (более 50 % площади) имели болота низинного типа. Почти полностью были заболочены Васильевский, Петровский, Спасский, Покровский, Коломенский и Аптекарский острова, значительная часть территории будущего Безымянного острова. В материковой части города заболоченные участки прослеживались в виде широкой полосы вдоль Невы (правобережная часть), а также южнее Обводного канала. В связи с более высокими абсолютными отметками на этих участках преобладали болота верхового и переходного типов.

Около 20 % островной площади было занято непроходимыми или труднопроходимыми болотными массивами: в центральной части Васильевского острова, в верховьях р.Мойки, в восточной части Казанского и Спасского островов, в районе бывшего Староневского проспекта и Александро-Невской лавры. Их нельзя было полностью удалить в процессе инженерной и строительной подготовки территории.

В XVIII-XIX вв. в Санкт-Петербурге заболоченные участки осушались путем создания дренажных каналов, болотные отложения частично снимались, а затем производился подъем территории. Для этой цели на первых этапах развития города часто использовались загрязненные слабо водо- и газопроницаемые образования, извлеченные при дноуглублении и расчистке малых рек, строительстве каналов и пр., которые дополнительно уплотнялись в ходе инженерной подготовки территории. В результате в зонах погребенных болот и заторфованных грунтов формировалась своеобразная физико-химическая и биохимическая обстановка, связанная со снижением окислительно-восстановительного потенциала в обводненном разрезе (вплоть до Eh = 100 мВ и ниже) и активизацией микробиологической деятельности.

Зоны погребенных болотных массивов в Санкт-Петербурге при их загрязнении потенциально опасны в отношении биохимической газогенерации метана и углекислого газа; при загрязнении болотных вод сульфатами наблюдается образование сероводорода. Поскольку метан мало растворим в воде, происходит его накопление и при соответствующих давлениях в газонасыщенной толще образование газогрязевых выбросов и самовозгорание. В свою очередь, повышенное газосодержание и давление в газовых пузырьках способствует разуплотнению дисперсных пород.

Торфы, находящиеся ниже уровня грунтовых вод, а также обводненные заторфованные отложения имеют богатую микробиоту (табл.1), изученную пока недостаточно.

Исследования показали, что численность анаэробных и факультативных форм бактерий достаточно велика (табл.2).

Таблица 1

Масса микробной биомассы и соотношение ее компонентов в различных торфяниках (А.В. Головченко, 1993)

Тип торфяника	Мощность торфяника, м	Общий вес сухой биомассы, т/га	Микробная биомасса, %			
			Грибной мицелий	Споры грибов	Актиномицеты	Бактерии
Низинный высокозольный	1,0-3,0	56/435	96,8/98,9	2,1/0,7	0,2/0,1	0,4/0,3
Низинный нормальнозольный	1,0-7,0	21/81	89,7/84,8	7,0/10,7	0,6/0,7	2,6/3,8
Верховой	1,0-5,5	8/43	57,1/59,1	25,4/23,4	1,6/1,3	15,9/16,2

Примечание: В числителе – в пересчете на 1 м толщи, в знаменателе – на всю указанную толщу торфов.

Таблица 2

Численность характерной микрофлоры наземных болот

Формы бактерий	Физиологические группы	Численность, клеток/г
Анаэробные	Аммонифицирующие	10^6-10^7
	Сульфатредуцирующие	10^6
	Целлюлозоразлагающие	10^3-10^4
Факультативные	Денитрифицирующие	10^6
Аэробные	Нитрифицирующие	10^4
	Тионовые	10^4-10^5
	Целлюлозообразующие	10^2

Захоронение болот способствует активизации и росту численности анаэробных и факультативных форм микроорганизмов, что интенсифицирует биохимическое образование метана и углекислого газа. Установлено, что даже самые стойкие соединения могут быть разрушены или коренным образом переработаны болотной микрофлорой. Органическое вещество торфов является питательным и энергетическим субстратом для микроорганизмов [3].

Перманентные утечки из городской канализационной системы привносят в большом количестве такие загрязнители, как сульфаты, хлориды, легкоокисляемое органическое вещество и микрофлору. При техногенном загрязнении болотных вод сульфатами имеет место процесс восстановления серы при участии сульфатредуцирующих микроорганизмов (табл.2). Болотная микрофлора чрезвычайно чувствительна к дополнительному поступлению белков, углеводов, липидов, попадающих в захороненные болота и заторфованные отложения вместе с канализационными стоками. Перечисленные органические соединения стимулируют жизнедеятельность микроорганизмов, ускоряя их развитие и рост в 3-4 раза. Следовательно, на участках, где над захороненными болотными массивами располагается неисправная канализационная система, идет активное преобразование нижележащих пород болотной и канализационной микробиотой, продуктами их жизнедеятельности, коллоидными фракциями канализационных стоков и органических соединений. Эти компоненты сорбируются или механически поглощаются дисперсными частицами с образованием органических биопленок.

Болотные отложения служат активным сорбентом в отношении тяжелых металлов, а также ряда органических загрязнителей. Микробиологическая активность и разнообразие болотных биоценозов приводит к деструкции органических поллютантов (прежде всего, нефтепродуктов). Кроме того, деятельность биотического компонента определяет специфику негативных изменений физико-механических свойств и состояния песчано-глинистых пород.

При определенных гидродинамических условиях болотная микробиота мигрирует вниз по разрезу на дисперсных частицах породы, способствуя резкому увеличению бактериальной массы в грунтах под захороненными болотами по сравнению с незаболоченными участками (табл.3). Деятельность биотического компонента в грунтах приводит к формированию плывунов, а также повышению агрессивности подземной среды.

По данным наблюдений, песчано-глинистые породы, имеющие высокий уровень микробиологической пораженности, характеризуются чувствительностью к вибрационным воздействиям.

Большинство бактериальных клеток, как живых, так и мертвых, неподвижно крепится на поверхности минеральных зерен породы, лишь незначительная часть (0,1-10 %) содержится в поровых растворах в свободном состоянии [2]. Сорбция биомассы на минеральных частицах способствует также повышению дисперсности глинистых грунтов, развитию в них тонкой пористости и сопровождается снижением проницаемости и водоотдачи, а также снижает связность пород и трение между частицами, переводя такие отложения в квазипластичные разности.

Таблица 3

Изменение бактериальной массы в отложениях различного генезиса и возраста ниже погребенных торфов

Тип отложений	Бактериальная масса на объектах, мкг/г			
	Южная часть Петровского острова	Конная улица	Новый Эрмитаж	Петролеспорт, о.Гладкий
Литориновые	225-290	201-256	111-266	256-329
Озерно-ледниковые	250-280	–	150-200	208-227
Моренные	–	120-136	–	122-178

Примечание. На объектах отмечается загрязнение канализационными стоками, при отсутствии загрязнений величина бактериальной массы в 2-3 раза меньше.

Формирование анаэробной обстановки в отложениях под захороненными болотами приводит к переходу металлов с переменной валентностью из окисных форм в более растворимые и подвижные закисные. В первую очередь, это относится к железу, трехвалентные соединения которого обычно цементируют песчано-глинистые грунты. Восстановление железа вызывает разрушение цементационных связей, повышение степени гидрофильности грунтов, уменьшение их фильтрационной способности, что переводит дисперсные грунты в категорию более слабых и деформируемых, а также медленно консолидирующихся [1].

Следует отметить, что при изменении окислительно-восстановительных и биохимических условий наблюдается интенсивное разрушение строительных материалов, в том числе бетонов, металла, кирпича и древесины, что неоднократно отмечалось при исследовании фундаментов старинных зданий. Так например, одни микроорганизмы перерабатывают и окисляют органическое вещество до воды и углекислоты, исключая лигнин, а другие виды микробов способны разрушать лигнин. В первом случае дерево приобретает коричневые оттенки, а во втором становится белым и пористым.

Перечисленные факторы свидетельствуют, что при анализе инженерно-геологических условий территории необходимо учитывать наличие погребенных болот, заторфованных отложений, а также их влияние на нижележащие толщи пород и развитие таких процессов как биохимическое газообразование, плывуны, динамически неустойчивые грунты и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корчунов С.С.* Исследование физико-механических свойств торфа. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1953.

2. *Кузнецов С.И.* Введение в геологическую микробиологию. Л.: Недра, 1960.

3. *Таусон В.О.* Образование торфа. М.: Недра, 1967.

Научный руководитель д.г-м.н. проф. *Р.Э.Дашко*