УДК 624.131:551.3

Е.Г.ЗАХАРОВА
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*), *Россия*

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕБЕННЫХ БОЛОТ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПОДЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Рассматривается влияние 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 размер бактериальной массы. 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. Подчеркивается, что особо негативное влияние оказывают захороненные болота на песчаные отложения, которые часто трансформируются в плывуны; глинистые грунты переходят в квазипластичное состояние.

In work the influence of the buried bogs on negative transformations spreading grounds and occurrence of some exogenous processes, including biochemical phenomena. Such processes in many respects define safety of development and use of underground space of city. The special attention is inverted on marsh microflora, its number and variety of physiological groups, and also gross weight bacterial of weight. Under the certain hydrodynamical conditions marsh microbiota migrate downwards on a particles of rock. The sharp increase bacterial of weight in grounds under the buried bogs is marked in comparison with not waterlogged by sites. Is emphasized, that especially negative influence is rendered by the buried bogs on sandy adjourment, which frequently are transformed in are floating earth.

Захороненные болота и торфяные отложения – один из важных природных факторов в подземном пространстве Санкт-Петербурга, влиянию которого на негативные преобразования подстилающих грунтов и возникновение ряда экзогенных, в том числе биохимических процессов и явлений, как правило, не уделяется должного внимания.

Известно, что ко времени основания города болотами была занята примерно половина его территории. Так, в островной части города имели место низинные болота, а на материковой части, в связи с более высокими абсолютными отметками, преобладали болота верхового и переходного типа.

По документальным свидетельствам начала XVIII в., обширные болотные массивы прослеживались вдоль Большой Невки примерно от нынешнего Финляндского вокзала и далее на север и северо-восток вдоль левого берега Черной речки. Много болот было на левом берегу Невы, начиная от ее излучины (район Смольного) и далее к югу. На противоположной стороне Невы болота располагались по берегам Охты, совсем рядом со шведской крепостью Ниеншанц. На будущей Московской стороне обширный болотный массив проходил примерно в районе нынешнего Московского парка Победы.

В середине XVIII-XIX веков планы и карты Петербурга стали более детальными и, как следствие, болот и заболоченных территорий на них показано значительно больше, причем многие – на территории уже построенного города. Даже в центре столицы в

XVIII в. долго сохранялись болота между застроенными участками. Например, одно из болот простиралось, если пользоваться современными названиями, от истоков канала Грибоедова до Невского проспекта, это было самое «низкое и топкое» место строящегося города.

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 Староневского проспекта и Александро-Невской лавры, которые нельзя было полностью удалить в процессе инженерной и строительной подготовки территории.

Согласно анализу исторических документов, осушение болот началось одновременно с началом строительства города. Перед прокладкой улиц на заболоченных участках создавались осушительные каналы. Затем, как предписывали строительные правила того времени, на основание дороги настилали фашины – связки хвороста, поверх последних укладывали круглый лес – бревна, которые засыпали отложениями, извлекаемыми при строительстве осушительных канав. Завершающим этапом являлось мощение камнем [2].

Осушение значительных по площади территорий в XVIII-XIX веках в Санкт-Петербурге осуществлялось путем создания дренажных каналов, болотные отложения частично снимались, а затем производился подъем территории. Для этой цели на первых этапах развития города часто использовались загрязненные слабоводо- и газопроницаемые образования, извлеченные при дноуглублении и расчистке малых рек, строительстве каналов и пр. В дальнейшем их дополнительно уплотняли в ходе инженерной подготовки территории. Полное снятие проводилось при мощности болотных отложений 2-3 м. Одним из исключений является болотный массив, располагавшийся на территории, которую в настоящее время занимает комплекс зданий Гостиного двора, согласно исследованиям мощность насыпных отложений на данном участке превышает 6 м.

Наличие заторфованных территорий и погребенных болот оказывает значительное влияние на подстилающие песчано-глинистые отложения, при этом формируется своеобразная физико-химическая и биохимическая обстановка, активизируется микробиологическая деятельность. Усугубляет подобную трансформацию повсеместное загрязнение территории города канализационными стоками и нефтепродуктами.

Торфы, находящиеся ниже уровня грунтовых вод, а также обводненные заторфованные отложения имеют богатую микробиоту, поскольку ее рост зависит в первую очередь от наличия воды, обогащенной питательными компонентами. По данным исследований МГУ, численность анаэробных и факультативных форм бактерий достаточно велика (см. таблицу).

Численность характерной микрофлоры болот

Формы бактерий	Физиологические группы	Численность, клетки/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 интенсификации и росту численности, прежде всего, анаэробных и факультативных форм микроорганизмов. 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. Развиваясь в грунте, микроорганизмы не могут не оказывать влияния на его свойства, так как используют минеральные и органические компоненты и выделяют продукты метаболизма.

Одним из наиболее выраженных примеров воздействия жизнедеятельности организмов на свойства пород является процесс глееобразования, в результате которого оглеенные породы приобретают специфические

свойства. Особое значение при глееобразовании приобретает анаэробная редукция железа. Экспериментально подтверждены ведущая роль микроорганизмов в процессах оглеения глинистых грунтов в природных и модельных условиях и влияние процессов на некоторые физико-механические свойства грунтов. Максимальному оглеению подвержены суглинистые породы и несколько меньше – глины [1]. Формирование болот на моренных глинистых отложениях приводит к появлению особого типа этих образований, имеющих все признаки оглеения, что сказывается на их внешнем облике, составе и физико-механических свойствах. Подобные морены имеют сизые, темно-серые, голубоватые и зеленоватые оттенки, более высокую степень дисперсности и газонасыщения, а также пластический характер деформационного поведения.

В качестве оценки активности микробной деятельности в глинистых грунтах и, соответственно, степени их оглеения, использовался модифицированный метод Дж.Брэдфорд, позволяющий определять содержание в грунтах суммарного белка (СБ).

При определенных гидродинамических условиях болотная микробиота мигрирует вниз по разрезу в сорбированной и свободной форме. Изменение значений суммарного белка в отложениях различного генезиса (в числителе – озерно-ледниковые отложения, в знаменателе – моренные) ниже погребенных торфов следующее, мкг/г:

Южная часть Петровского острова	250,0-280,0 / –
12-я линия Васильевского острова	89,2-152,8 / 56,0-104,0
Дом книги	137,1-188,7 / 89,5-110,5
Южная водопроводная станция	109,0-150,0 / 76,0-236,0

Отмечается резкое увеличение суммарного белка в грунтах под захороненными болотами по сравнению с незаболоченными участками. Деятельность биотической компоненты в грунтах приводит к формированию плывунов, а также повышению агрессивности подземной среды.

Результатом активизации микробиологической деятельности является накопление бактериальной массы – живых и мертвых клеток микроорганизмов, продуктов их метаболизма белковой и небелковой природы, которые сорбируются на минеральных частицах дисперсных пород. Микробиологические процессы, сопровождающиеся значительным наращиванием бактериальной массы, в большинстве случаев приводят к преобразованию структурных связей за счет изменения интенсивности взаимодействия частиц между собой, экранирующего действия сорбированных клеток, которые играют роль смазки. Это приводит к ухудшению показателей сопротивления сдвигу и деформационных свойств дисперсных пород и повышению их чувствительности к различного рода воздействиям (например, изменению напряженного состояния). Количество бактериальных клеток на поверхности дисперсных частиц зависит от наличия питательных субстратов в поровой воде и возрастает с увеличением последних, соответственно, возрастает влияние микробиоты на породу. Сорбция биомассы на минеральных частицах способствует также повышению дисперсности грунтов, развитию в них тонкой пористости и сопровождается снижением проницаемости и водоотдачи, а также дополнительно снижает связность грунтов и трение между частицами, переводя такие отложения в квазипластичные разности [3].

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.

Песчаные отложения под болотами и неосушенными торфяниками часто характе-

ризуются как плывуны. Резкое снижение водопроницаемости и водоотдачи обнаруживают пески, содержащие относительно невысокое количество органических остатков (менее 0,5 %) за счет развития микроорганизмов и образования продуктов их метаболизма.

Водонасыщенные пески, содержащие поллютанты, в том числе и биотического генезиса (например, в разрезе Петровского стадиона), ведут себя как плывунные разности, хотя их гранулометрический состав не отвечает зерновому составу истинных плывунов. Переходу водонасыщенных песков в плывуны способствует также повышение содержания газов в поровой воде. Особенно активно процессы газообразования происходят при загрязнении подземных вод нефтяными углеводородами и продолжительном подогреве песков в основании сооружений до 30-35 °С. Необходимо подчеркнуть, что такие газы, как метан, азот и водород, относятся к числу малорастворимых. Избыточное давление пузырьков газа значительно снижает эффективные напряжения в скелете породы, а пузырьки газа можно рассматривать как своеобразные шарикоподшипники, дополнительно снижающие внутреннее трение в песках. Следовательно, водонасыщенные пески, в которых снимается трение, переходят в состояние «тяжелой жидкости».

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. Дополнительным источником питания микроорганизмов служат утечки промышленных стоков, содержащих различные минеральные соли, органические соединения, соответствующие профилю предприятия, а также поступление в обводненные грунтовые толщи нефтепродуктов. Известно, что все нефтяные углеводороды доступны микробиологическому воздействию, особенно при наличии «богатых» биоценозов, включающих разнообразные аэробные и анаэробные микроорганизмы.

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. *Болотина И.Н.* Микроорганизмы в процессах оглеения глинистых грунтов / И.Н.Болотина, К.С.Болатбекова // Инженерная геология. 1985. № 3. С.32-38.

2. *Горышина Т.К.* Зеленый мир старого Петербурга. СПб: Искусство – СПб, 2003. 416 с.

3. *Дашко Р.Э.* Микробиота в геологической среде: ее роль и последствия // Сергеевские чтения: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2000). М.: ГЕОС, 2000. С.72-78.