

УДК 502.36/57 + 504.05/06

**В. М. Питулько\*, В. В. Кулибаба**

## **КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЛИКВИДАЦИИ УГРОЗЫ ПРОРЫВА ЖИДКИХ ОТХОДОВ ИЗ КАРТ «ПОЛИГОНА КРАСНЫЙ БОР» И НАПРАВЛЕНИЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЕГО РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук,  
Россия, 197110, Санкт-Петербург, Корпусная ул., 18

\* E-mail: pitulko@rambler.ru

В статье выполнен критический анализ сложившейся системы хранения промышленных отходов на полигоне «Красный Бор» и угроз экологической безопасности прилегающей территории, а также разработаны предложения по ликвидации угрозы прорыва жидких отходов из карт №№ 64 и 68 за пределы имеющихся защитных гидротехнических сооружений. Сформулированы критерии отбора приемлемых технологических решений поставленной задачи и рекомендован комплекс мероприятий по снижению уровня зеркала жидких отходов в незакрытых котлованах хранилища. Рассмотрены основные элементы структуры проекта рекультивации Полигона.

**Ключевые слова:** Полигон «Красный бор», природные условия, гидрологический режим, поверхностный и подземный сток, экологический риск, экологическая обстановка, технологические решения, альтернативы, мониторинг окружающей среды

### **THE CONCEPT OF TECHNICAL SOLUTION TO ELIMINATE THE THREAT OF A BREAKTHROUGH OF LIQUID WASTES FROM “KRASNY BOR” LANDFILL AND DIRECTIONS OF ITS SUBSEQUENT RECULTIVATION**

**V. M. Pitulko, V. V. Koulibaba**

Institution of Russian Academy of Sciences Saint-Petersburg Scientific-Research Centre for Ecological Safety RAS  
18, Korpusnaya ul., St. Petersburg, 197110, Russia

The article gives a critical analysis of the existing storage system for industrial waste at the “Krasny Bor” landfill and of threats to ecological safety of the adjacent territory. Proposals for the elimination of the threat of breakthrough of liquid wastes from pits No. 64 and 68 outside the protective hydraulic structures are developed. Criteria for selecting appropriate technological solutions are formulated and a set of measures for liquid level lowering in the uncovered storage pits are recommended. The authors describe the main elements of the structure of the Landfill recultivation project.

**Keywords:** “Krasny Bor” landfill; natural conditions; hydrological regime; surface and underground drainage; environmental risk; environmental situation; technological solutions; alternatives; environmental monitoring.

### **Введение**

Полигон «Красный Бор» является объектом I класса опасности [8, 10, 14, 16, 21]. Технология размещения отходов устарела и является потенциально опасной. В незакрытых картах происходит смешение части отходов и атмосферных осадков. Основным агентом переноса являются поверхностные стоки. Полигон в таком виде не отвечает современным требованиям по безопасности гидротехнических сооружений и размещению отходов.

### **Постановка задачи**

Срок эксплуатации полигона «Красный Бор» превышен вдвое (при нормативных требованиях

в 20 лет), и в настоящий момент принято решение о том, что на Полигоне никогда уже не будут размещаться новые отходы. Территория Полигона подлежит рекультивации с целью полного исключения негативного воздействия на окружающую среду. Вокруг проектных предложений по рекультивации территории Полигона свыше 5 лет не утихают дискуссии экологов и технологов, сводящиеся в последнее время к разработке проекта в рамках федеральной программы ликвидации накопленного экологического ущерба [8, 16 и др.]

Эксплуатационная емкость Полигона была использована еще в 90-х годах прошлого века. Для приема токсичных отходов было принято решение увеличивать емкость открытых карт пу-

тем устройства вокруг них обваловочных дамб, высота которых доходит до 8 метров. Следует отметить, что за 45 лет эксплуатации отходы в недрах Полигона смешались и не только не снизили их опасность, а превратились в набор продуктов распада и трансформации исходных высокотоксичных веществ. Эта масса токсикантов находится в открытых картах, не защищенных от попадания атмосферных осадков. В летнее время идет испарение содержимого карт с выделением летучих загрязняющих веществ, которые потоками воздуха распространяются на значительные расстояния. В дождливо-паводковый период идет интенсивное обводнение отходов и, как следствие, переполнение карт, что угрожает переливу жидких отходов. Обваловка открытых карт достаточно слабая и подвержена размыву. Общая неблагоприятная обстановка усугубляется еще тем, что имеющиеся очистные сооружения для ливневого стока не работают в штатном режиме.

## Материал и методы

Климатические особенности региона характеризуются избыточным увлажнением (сумма осадков 693 мм, испарение с территории Полигона колеблется от 150 до 400 мм). Устойчивый переход температуры воздуха через нулевой предел в рассматриваемом районе колеблется между 15 и 28 марта, и в этот период максимальное количество осадков может составлять свыше 200 % от нормы (100 мм и выше), что означает появление паводковой угрозы для накопителей жидких отходов. Аналогичные явления часто возникают и при затяжных осенних дождях. В пределах слоя, расположенного на глубине 1,2–8,6 м, на территории Полигона фиксируются покровные отложения, которые представлены грунтами с высокой проницаемостью (сверху вниз) — техногенными образованиями (нарушенный почвенный слой, перемешанный с кембрийской глиной, пески, суглинки и супеси с включениями строительного мусора) и верхнечетвертичные озерно-ледниковые образования, подстилаемые ледниковыми глинами.

*Существуют различные точки зрения относительно возможной проницаемости кембрийских глин в районе расположения Полигона, и за счет каких факторов она может возникнуть:*

- возрастанию проницаемости могут способствовать микробиологические процессы. В частности, проф. Р. Э. Дашко [4] выполнила в Красноборском карьере синих глин исследования величины бактериальной массы с использованием биохимического метода Бредфорда (суммарный микробный белок) и установила существенную разницу в величине бактериальной массы в

глинах основания хранилища и вне его. Разница в средних значениях по глубине меняется в 2,0–2,7 раза, т. е. в свежем срезе микробиологические процессы активизируются и увеличивают фильтрационные свойства глин.

- увеличение проницаемости наблюдается в связи с тектонической трещиноватостью, наиболее сильно проявляющееся в так называемых тектонических узлах, местах пересечения тектонических разломов, где создается сложное мелко- и крупноблочное строение толщи глин с различной степенью раскрытия трещин. Размеры блоков с ростом глубины увеличиваются. На стенках блоков часто отмечается присутствие соединений гидроокислов железа либо гипса, что свидетельствует о фильтрации растворов различного состава по трещинам в толще синих глин.

- ГПП Севзапгеология в 1995 г. выполнила обследование территории Полигона [10] с помощью метода биоиндикационной локации (хождение с рамкой). Было предположено, что через территорию Полигона с ЮВ на СЗ осуществляется дренирование подземных вод в виде трех потоков, на глубинах 5, 15 и 30 м. Причем последний достигал водообильности в 1000 м<sup>3</sup>/сут. Данные не проверены ни бурением, ни электроразведочными измерениями.

- ГПП «Севзапгеология» и НТФ «Геофизпрогноз» [3] в конце 90-х — начале 2000-х гг. методом спектрально-сейсморазведочного профилирования качественно подтвердили вывод о наличии проницаемых неотектонических зон в районе расположения Полигона.

- уже в 2009 году «Российским геоэкологическим центром» было выполнено сейсмическое исследование части территории Полигона методом общей глубинной точки, а также сейсмографические и электроразведочные работы. Исследования выявили наличие локальных зон неоднородности неясной природы в толще глин до глубины 50 м. Однако дать однозначный ответ на вопрос о наличии процессов трещинообразования в толще глин по-прежнему оказалось невозможным из-за недостатка данных [19].

- STATIC CONE PENETRATION испытания [15] и натурные измерения проницаемости покровных моренных отложений и кембрийских глин подтвердили трехслойное строение разреза (супесчано-суглинистые приповерхностные горизонты, моренные суглинки с прослоями супесей и кембрийские глины) и десятикратное уменьшение коэффициента фильтрации с глубиной (в интервале 0–7 м).

- за 45 лет эксплуатации Полигона блок кембрийских глин, вмещающий накопители отходов, до глубины 25–30 м превратился в техногенный массив, который представляет сложную смесь

твердых, пластичных и жидких минеральных, органических и металлоорганических фаз переменного состава, с непостоянными соотношениями глинистого наполнителя. Хотя за это время произошла определенная консолидация этой смеси, но и по сей день внутри карт происходят многообразные взаимодействия захороненных ингредиентов и протекают процессы взаимодействия и обмена, миграция продуктов химических реакций, которые служат источниками многочисленных опасных физико-механических изменений в массиве, в том числе и в величине заложеного в проекте карт коэффициента фильтрации.

Основной сток Полигона осуществляется посредством магистрального канала, рек Большой Ижорки, Малая Ижорка, через р. Ижора соединяющимися с Невой. Часть стока поступает посредством р. Безымянный в р. Тосна и далее в Неву [15].

Выявлен среднемноголетний полный годовой сток с территории Полигона, составляющий 325–350 тыс. м<sup>3</sup>.

Полигон имеет инженерные сооружения, обеспечивающие разгрузку повышенного поверхностного стока в период паводков, которые включают:

- пожарный пруд в северо-западной части Полигона емкостью более 20 тыс. м<sup>3</sup>,
- обводной канал вокруг Полигона общей емкостью более 30 тыс. м<sup>3</sup>,
- магистральный канал, снабженный шлюзом-регулятором.

Кроме того, на Полигоне сооружена система канализации ливневых сточных вод с территории Полигона и 4 накопительных пруда для их отстоя объемом 8 тыс. м<sup>3</sup> каждый.

При значительном увеличении объема ливневых вод на нагрузку с внутренней территории принимает на себя система канализации и пруды-накопители, а при перекрытии шлюза-регулятора обводной канал выполняет функции временной аккумулирующей емкости, что ограничивает риски, связанные с превышениями уровня поверхностного стока.

### Анализ угроз экологической безопасности

Обсуждение всей имеющейся информации показывает, что:

— состав загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду от Полигона в связи с его структурой и технологическими параметрами, является уникальным по набору и количеству токсикантов,

— путями распространения загрязнений в окружающую среду служат поверхностные водные объекты и атмосферный перенос;

— специфичным для этого объекта ПЭУ является возможность появления подземного стока фильтрата через проницаемые горизонты покровных моренных отложений;

— в недавнем прошлом, от участка термического уничтожения отходов распространение загрязнений имело региональный масштаб влияния на состояние окружающей среды;

— *широкое распространение просадочных явлений*, связанное с закрытыми картами, также представляет угрозу возникновения сосредоточенного подповерхностного стока. Схематически степень такой угрозы может быть оценена по данным аэрофотосъемки в местах, где установлен стационарный режим водо- и газообмена. В центральной части сосредоточены как новые, так и старые карты, поэтому здесь миграционные процессы имеют нестационарный характер и нуждаются в постоянном наблюдении.

Обобщенную картину распространения просадок на территории Полигона дают результаты интерпретации космических снимков, данные аэрофотосъемки и мониторинговые облеты беспилотниками. Все эти материалы могут быть использованы для анализа подтопления различных частей площади объекта.

После прекращения приемки и размещения отходов Полигону для осуществления деятельности по безаварийной консервации карт требуется перевести регламент обеспечения гидротехнической безопасности в состав нормативных требований шламового хозяйства отстойников жидких промышленных отходов [11, 12].

Вместе с тем карты №№ 64 и 68 не являются обычными емкостями-шламонакопителями, выкопанными в толще слабофильтрующих пород. Этим требованиям отвечают нижние 25 метров глубины накопителя. С помощью обваловки вместимость карт увеличена, а их полная глубина достигает 30–33 м, т. е. верхние 5–8 м котлована размещаются не в толще кембрийских глин, а внутри глиняной насыпи. Такое конструктивное усложнение делает дефекты обваловки дополнительным источником аварийных ситуаций.

Предпосылки формирования аварийной ситуации на объектах проектирования обусловлены не только нарушением стандартного требования — наличия аварийных резервных и буферных емкостей [п. 3.3. ПБ № 123] для экстренной переброски объемов жидкой фазы, но и возможными ее утечками через дефекты обваловки. Резервная карта технологической схемы Полигона (№ 70) закрыта в 2005–2006 гг. после отшпунтовки, заполнения и возведения нагруженного перекрытия, что исключает ее восстановление.

## Обсуждение результатов геоэкологического анализа

*Решение поставленной задачи по предотвращению аварийных ситуаций на картах №№ 64 и 68 состоит в понижении зеркала жидких отходов до безопасного уровня. Применительно к объекту проектирования таким уровнем является 5 м от дневной поверхности.*

Учитывая историю эксплуатации Полигона, результаты многочисленных мониторинговых исследований, постепенное изменение конструктивных решений по обращению с опасными отходами для выбора оптимальных технических решений предложены следующие эколого-экономические критерии:

- Гарантия недопущения перелива карт — обеспечение стабилизации безопасного гипсометрического уровня зеркала жидких отходов (5 метров от дневной поверхности).

- Идентификация предлагаемых технологий как решений задачи консервации уровня зеркала на заданной глубине, избавляющих от влияния дефектов обваловки и изоляции. Все остальные предложения, касающиеся рекультивации Полигона и утилизации накопленных отходов, могут иметь сугубо вспомогательное значение. В то же время проектируемые работы должны допускать органичное развитие таких предложений в дальнейшем в проект рекультивации всего Полигона (за пределами проекта противопаводковых мероприятий).

- Период реализации Строительно-Монтажных работ не должен превышать 6 месяцев (по опыту закрытия шламонакопителя Байкальского ЦБК [2]).

- В проекте предпочтение отдается использование отечественных серийных технологий и апробированных технологий.

- Материально-техническая база предлагаемого решения должна сопровождаться экономически обоснованной логистической схемой доставки сырья, реагентов, вторичных ресурсов.

- Установленные проектно-сметные показатели проектного решения не должны превышать, в т. ч. в размере общего объема бюджетного финансирования в 200 млн. рублей с возможностью вхождения проекта в ФЦП «Ликвидация прошлого накопленного экологического ущерба» на правах государственно-частного партнерства.

- Предлагаемое решение должно содержать программу мониторинга и производственного контроля для обеспечения экологической безопасности работ по проекту и прилегающих территорий.

Применение сформулированных эколого-технологических критериев показывает, что

всем требуемым условиям соответствует *создание резервной (буферной) карты за северной границей Полигона с изоляцией ее днища и бортов (см. рисунок):* объем резервной карты 200 тыс. м<sup>3</sup>. Изоляция — геотекстиль + бентоматы. Прокладка трубопроводов от карт №№ 64 и 68. Установка насосной группы на перемычке между картами. Предусматривается откачка верхнего горячего слоя и вывоз этого продукта на утилизацию.

Комплекс технологических мероприятий, гарантированно обеспечивающий гидротехническую и экологическую безопасность консервации и рекультивации накопленных объемов в картах № 64 и № 68 на краткосрочном этапе (1–3 года) и полностью исключающий реализацию сценариев возможных аварийных ситуаций, включает:

- 1) Строительство резервных (буферных) мощностей открытых накопителей с использованием технологий изоляции пленочными противодиффузионными экранами для размещения части жидких отходов карт № 68 и № 64.

- 2) Выполнение комплекса технологических и специальных мероприятий по консервации и изменению агрегатного состава жидкой фазы, снижающих вероятность и предпосылки аварийной ситуации на картах № 68 и № 64. Технологии, технологическая оснастка, специальная строительная техника предлагаемых решений отработана на многочисленных проектах консервации и рекультивации для объектов аналогов (шламотстойники жидких отходов) и имеют в своей основе стандартные нормативно-технические и строительные решения [2, 13, 15 и др.]

Расчетные показатели объема накопленной жидкой фазы выше дневной поверхности по карте № 64 — около 115 тыс. м<sup>3</sup>, по № 68 — около 20 тыс. м<sup>3</sup>. Данный объем представляет собой количество жидкой фазы подлежащих технологическому снижению в соответствии с ПБ 03-438-02. Потенциал снижения зеркала водной поверхности после перекачки во вновь открытую буферную карту (№101) может составить: по карте № 68 — 2,4 м; по карте № 64 — 3,5 м.

Такое снижение гарантирует 4 летний период безопасного хранения жидкой фазы отходов в картах № 64 и № 68.

В мировой и отечественной практике широкое распространение получила технология изменения агрегатного состояния жидких отходов методом перевода жидких фаз токсичных отходов в состояние геля с использованием полимерных и химических реагентов, а также модификации технологии загущения с использованием алюмосиликатных строительных и горных отходов: полимерные и реагентные методы, отходы цементного и керамзитового производства, коагуляция с



Рисунок.

помощью осадка промывных вод водопроводных станций, золошлаковые энергетические отходы [1, 5, 6, 9, 20 и др.]. К той группе технологий близко примыкает изоляция загущенных верхних слоев от поступления жидких атмосферных осадков, которую целесообразно проводить с использованием пневмокаркасных ячеистых микробассейнов т. н. «внутренние микрокупола» (аналог технологии KET Engineering).

В то же время можно утверждать, что использование единственного технологического решения не приведет к выполнению требований проектных задач, поэтому в проекте необходимо осуществить интеграцию всех имеющихся полезных технических предложений.

Большинство альтернативных предложений направлено на переработку (утилизацию) накопленного Полигоном ресурса токсичных отходов, т. е. касается реализации рекультивационных мероприятий и оперативно не решает поставленную задачу. Разработанные технологии позволяют получить нетоксичные или слаботоксичные продукты. Значения концентраций загрязняющих веществ в жидких продуктах, получаемые по перечисленным технологиям, близки к значениям ПДС, утвержденным для сброса в горколлектор ГП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Из предложений, рассмотренных для применения на объекте, следует упомянуть:

1. Модульный комплекс очистки токсичных нефтесодержащих жидких отходов [Политехнический университет], использующий различные (физические, химические, физико-химические) методы разделения (удаления) токсичных компонентов. Особенность — использование оте-

чественной аппаратуры, расходных материалов, реагентов.

2. Технологии высокотемпературного сжигания:

— *Завод по сжиганию отходов, накопленных на Полигоне.* Представлен корректировкой ТЭО проекта, выполнен финской компанией «Пеуру Рус». Технология, предлагаемая для обезвреживания химических отходов — это сжигание смешанных жидких отходов сложного морфологического состава. В представленном варианте данный проект не пройдет согласование государственной экологической экспертизы по выбросам.

— *Инсинераторные печи.* Единственный апробированный в практике образец представлен инсинератором ИН-50 — локальной установкой для экологически безопасного термического уничтожения отходов производительностью от 40 до 10000 кг/ч. [7]. Сжигание отходов в инсинераторах производится при температуре не менее 850 °С с обязательным дожиганием отходящих газов при температуре 1100–1200 °С не менее 2 секунд.

3. *Физико-химические и химические технологии литификации:*

— с применением сорбента КАМК [ОАО «Экотех». Основной процесс — отверждение жидких отходов реагентами на основе сланцевой золы. Метод прошел экспериментальную апробацию для жидких отходов Полигона. Может быть рекомендован как дополнительный элемент проектных предложений.

— «технология ЛЭН» (локализации и экологической нейтрализации) используется для

обезвреживания зон загрязнения почв в условиях естественного залегания. Она является модификацией интеграционной минерально-матричной технологии [5, 6, 20], разработанной в НТЦ «Технология XXI» (г. Санкт-Петербург, и ориентирована на локализацию и обезвреживание зон загрязнения почв *in situ* (без выемки).

При использовании ИММ-технологии достигается физико-химическая переработка загрязненных грунтов, почв на основе применения гидролизованных дисперсных алюмосиликатов, вяжущих и комплексообразующих добавок. В процессе взаимодействия перерабатываемых загрязненных материалов с трансформирующей их вещественный состав алюмосиликатной минеральной матрицей происходит процесс восстановительного минералообразования, в который вовлекаются все виды загрязнителей. Происходит активное хемосорбционное поглощение последних коллоидно-дисперсной фазой и минеральной матрицей. В результате наиболее опасные формы загрязнителей закрепляются на алюмосиликатных минеральных матрицах (в твердой фазе). Это в весьма высокой степени снижает миграционную активность загрязнителей и обеспечивает их обезвреживание и перевод в твердое состояние вследствие литификации (цементации).

Отличается простотой конструкции, широким применением стандартного оборудования и значительно меньшей стоимостью, возможно применение на стадии рекультивации территории Полигона.

#### 4. Комплексные технологии

— *использование технологии Байкальского ЦБК.* Существующая технология рекультивации шламоотстойников ОАО БЦБК в целом позволяет решить проблему рекуперации осадка карт-шламонакопителей, но требует стационарных установок и капитальных вложений за пределами лимита финансирования.

— *плазмокаталитическая утилизация нефтяных шламов национального исследовательского Томского политехнического университета.* Успешно прошла испытания на материале токсичных отходов — жидкой фракции сложного морфологического состава из карт-котлованов Полигона.

— *разложение в фотохимическом реакторе ТБО* (г. Советск Калининградской области, имеются все заключения об эффективности). Органические отходы распадаются на углекислый газ и воду, а в осадке остаются отходы 4 класса опасности, которые можно безопасно размещать в картах Полигона. Технология может быть использована как дополнительная по переработке жидких отходов в объеме одной установки.

Очевидно, что долгосрочная цель рекультивационных работ — полная утилизация жидкой фазы отходов и закрытие карт. Однако в сложившейся предаварийной ситуации и, исходя, из реально предлагаемых технических предложений в краткосрочной перспективе такое решение практически невыполнимо.

Основные недостатки — низкая эффективная мощность переработки, имеющихся технологий, необходимость рекультивации карт после освобождения их от токсичного содержимого, экологическая безопасность при утилизации и рекультивации, а также высокая стоимость исполнения выше установленных лимитов финансирования.

Ряд технологий позволяют утилизировать жидкие отходы в период от полугода до года, однако сметная стоимость практически всех предложений составляет около 1–1.5 млрд. рублей, без учета затрат на экскавацию отходов и рекультивацию опустошенных карт. Немногочисленные предложения, прямо направленные на обеспечение противопоаводковой защиты, решают отдельные стороны задачи, и, в принципе, могут усилить основное решение. Технологическая и экологическая эффективность комплекса противоаварийных мероприятий априорно возрастет.

Перечень возможных мероприятий для выполнения цели проектирования существенно ограничен.

### О проекте рекультивации хранилища

*Проект рекультивации Полигона не разработан и потребует значительного времени.* При этом все утилизационные предложения будет необходимо адаптировать к экскавации техногенного массива, т. е. они должны реализовать схему, опровергнутую эколого-экономической действительностью: захоронение отходов + утилизационное предприятие + сжигание отходов. Организация переработки всего накопленного ресурса потребует огромных непроизводительных затрат. Разработка открытым способом своеобразного техногенного месторождения будет сопровождаться образованием новых отходов и многофакторным воздействием на окружающую среду и здоровье населения окрестных поселков. А появление в утилизационном комплексе термического уничтожения отходов вызовет резкую интенсификацию протестных настроений в обществе.

Возможные варианты должны сводиться к апробированным технологическим и строительно-техническим схемам, что позволяет снизить расходы.

При определении Концепции решения противоаварийных задач необходимо учитывать

изменение организационно-правовой формы ГУПП «Полигон Красный Бор» на государственное бюджетное учреждение (ГБУ) и статуса объекта.

## Выводы

На основе анализа имеющихся материалов предложена и обоснована Концепция комплексного технологического решения задачи противопаводковой защиты карт-накопителей Полигона в виде строительства резервных (буферных) мощностей открытых накопителей с использованием технологий изоляции пленочными противофильтрационными экранами для размещения части жидких отходов карт № 68 и № 64.

Выполнение этого комплекса организационных, технологических и специальных мероприятий по консервации и изменению агрегатного состава жидкой фазы, снижающих вероятность и предпосылки аварийной ситуации на картах №68 и № 64. ПИР, СМР, технологии, технологическая оснастка, специальная строительная техника предлагаемых решений отработана на многочисленных проектах консервации и рекультивации для объектов-аналогов (шламоотстойники жидких отходов) и имеет в своей основе стандартные нормативно-технические и строительные решения.

Предлагаемое концептуальное решение гарантирует *четырёхлетний период безопасного хранения жидкой фазы отходов в картах № 64 и № 68. Этого времени достаточно для разработки проекта рекультивации всего Полигона.*

На стадии реализации строительных решений необходимо приступить к созданию единой базы геоэкологических данных с использованием современных информационных технологий для упорядочения и последующей обработки результатов.

В стандартной программе производственного контроля и мониторинга желательнее дополнительно (с периодичностью 1 раз в год) проводить исследования с использованием дистанционных методов контроля, сочетаемых с биоиндикационными и инструментальными приемами, на сопредельных с объектов территориях. Кроме этого в состав прямых наблюдений предпочтительно ввести по методико-метрологической основе

унифицированной с международными стандартами.

Реализация предлагаемой программы приведет не только к достижению ее основной цели - характеристике текущего состояния окружающей среды в зоне влияния Полигона, но и к такой организации сбора, хранения и обобщения многопризнаковой экологической информации, которая обеспечит оперативный доступ к ее анализу любыми формами экологических экспертиз, включая международный контроль за биологическими объектами и выполнение Хельсинкской Конвенции по защите Балтийского моря от загрязнения.

Важную роль для обеспечения экологической безопасности проводимых реабилитационных и противоаварийных мероприятий играют наблюдения за процессами оседания земной поверхности и изменения напряженно-деформированного состояния в краевых частях мульды сдвижения, вблизи постоянных и длительно остановленных границ карт-накопителей и за процессами деформирования территории, прогиба пород и пучения (выдавливания) техногенных грунтов.

Для более корректной оценки состояния гидросферы необходимо установить фоновые значения концентраций для контролируемых показателей подземных и поверхностных вод данной местности. Кроме того, для оценки состояния подземных вод предлагается создание сети наблюдательных скважин.

В целом, геотехнические мероприятия на Полигоне находятся в запущенном состоянии (банк данных картировочных и пьезометрических скважин, наблюдения за просадками и т. п.), глиняные замки нуждаются в наращивании, особенно в районе шандоры, поскольку именно отсюда в северо-западном направлении раскрывается мульда, выполненная проницаемыми фациями водно-ледниковых покровных отложений. Целесообразно поставить глиняную завесу вдоль северной и западной границ Полигона, прикрывающую внешнюю периферию проектируемых объектов. Эти работы необходимо внести в состав проекта, если ставить задачу консервации содержимого Полигона на весь период противоаварийных мероприятий и далее, до конца рекультивации всего хранилища.

**Благодарности.** Авторы выражают признательность руководству Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга за предоставленную возможность ознакомиться с архивными материалами, накопленными в ресурсах ИАС «Экологический паспорт Санкт-Петербурга».

**Л и т е р а т у р а**

1. Авторское свидетельство № 726028-1980. Ступение жидкой фазы с использованием вторичных отходов и минерального сырья.
2. *Богданов А. В., Качор О. Л., Экстудианова О. С.* Рекуперация осадка карт-шламонакопителей ОАО БЦБК. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2012.
3. *Гликман А. Г.* Отчет НТФ «Геофизпрогноз» о результатах геофизических исследований грунтов с целью установления мест возможного выноса промтоходов с закрытых и действующих карт полигона Красный Бор за пределы предприятия с помощью метода спектрально-сейсморазведочного профилирования (ССП). СПб. 2002.
4. *Дашко Р. Э.* Геотехническая диагностика коренных глин Санкт-Петербургского региона (на примере нижнекембрийской глинистой толщи) // Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2000. № 1. С. 95–100.
5. *Кнатъко В. М., Щербакова Е. В.* Способ производства сорбента тяжелых металлов и других загрязнителей на основе глинистых пород. Пат. № 2096081 (Российская Федерация) // Офиц. бюл. Рос. агентства по патентам и тов. знакам. 1997. № 32. С. 169.
6. *Кнатъко В. М., Щербакова Е. В., Кнатъко М. В.* Способ очистки промышленных стоков. Пат. № 2143404 (Российская Федерация) // Офиц. бюл. Рос. агентства по патентам и тов. знакам. 1999. № 36. С. 130.
7. *Кофман Д. И., Востриков М. М.* Термическое уничтожение и обезвреживание отходов. – СПб.: НПО «Профессионал». 2013. 340 с.
8. *Марова А. В.* Методы обеспечения экологической безопасности полигона Красный Бор на основе рискологического подхода. Автореф. канд. дисс. (геоэкология). РГГМУ. 2011. 27 с.
9. Методы обращения с осадками промывных вод водопроводных станций / В сб.: Материалы VIII Специализированной международной выставки-конференции АКВАТЕРРА-2005. СПб. НИЦЭБ РАН. 2005. С. 127–132 / Скорик Ю. И., А. Н. Пименов, Б. М. Бухтеев, А. В. Бекренев
10. Отчет ГПП Севзапгеология по обследованию территории полигона Красный Бор для ТЭО экспериментального завода. СПб. 1995 / Пекельный В. И., Малов В. Д. и др./.
11. Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов. ПБ 03-438-02.
12. Правила безопасности при эксплуатации хвостовых, шламовых и гидроотвальных хозяйств. ПБ 06-123-96
13. *Питулько В. М., Кулибаба В. В.* Восстановление природных систем и ликвидация объектов прошлого экологического ущерба. Монография. СПб. Изд-во ВВМ. 2014. 400 с.
14. Пояснительная записка к объекту «Гидрохимический мониторинг поверхностных вод территории полигона «Красный Бор» и прилегающей к нему площади с целью контроля за влиянием деятельности предприятия на окружающую среду. СПб.: Севзапгеология, 1994.
15. *Сольский С. В., Самофалов Д. П.* Обоснование водообустройства и конструкций защиты от загрязнений поверхностных и грунтовых вод рекультивируемого полигона для хранения жидких токсичных промышленных отходов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 1999. Т. 235.
16. *Таужин П. Б.* Комплекс средств по защите окружающей среды от воздействия токсичных отходов на полигоне Красный Бор. Автореф. канд. дисс. (геоэкология). СЗПИ. 2004. 24 с.
17. Технический отчет «Отчет об инженерно-геологических изысканиях на площадках предполагаемого строительства очистных сооружений и пруда-накопителя полигона Красный Бор». ОАО ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, ЗАО «Инженерный Центр ВНИИГ». СПб. 2001.
18. Технический отчет о выполнении обследования гидродинамической обстановки действующих карт №№ 64, 68 полигона «Красный Бор», ООО «НПК Проектводстрой». 2008.
19. Технический отчет «Результаты инженерных изысканий для корректировки проекта строительства I очереди экспериментального предприятия по переработке промышленных токсичных отходов на территории ГУПП «Полигон «Красный бор» Тосненского района Ленинградской области». СПб. Региональный геоэкологический центр. 2009.
20. *Щербакова Е. В.* Перспективный метод очистки загрязненных вод, основанный на использовании новых видов алюмосиликатных сорбентов / В сб.: Материалы VIII Специализированной международной выставки-конференции АКВАТЕРРА-2005. СПб. НИЦЭБ РАН. 2005. С. 153–157.
21. Экологический паспорт предприятия ГУПП «Полигон «Красный Бор» за 2002 г.

**К р а т к а я   и н ф о р м а ц и я   о б   а в т о р а х :**

**Питулько Виктор Михайлович**, д. г.-м. н., профессор прикладной геохимии. Зам. директора Научно-исследовательского Центра Экологической Безопасности РАН (НИЦЭБ РАН). Специализация: прикладная геохимия, охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, экологическая безопасность, геоэкология, реабилитация нарушенных экосистем. E-mail: pitulko@rambler.ru

**Pitulko V. M.**, DSc (Geol.-Miner.), Full Professor in Applied Geochemistry  
Deputy Director for Science at SRCES RAS  
Areas of interests: applied geochemistry, environmental protection and rational use of natural resources, environmental safety, geoecology, rehabilitation of damaged ecosystems.  
E-mail: pitulko@rambler.ru



**Кулибаба Валерий Викторович**, к. г. н.

Зав. лабораторией геоэкологических проблем природно-хозяйственных систем и урбанизированных территорий.

Специализация: региональное природопользование, экологическая безопасность.

**Kulibaba V. V.**, PhD (Geogr.)

Head of Laboratory for Geocological Problems of Natural-Economic (Industrial) Systems and Urban Territories

Areas of interests: regional nature use, environmental safety.

\_\_\_\_\_