

УДК 502/504:631.6:568.382.3

**А.И. Голованов**, доктор техн. наук, профессор**С.А. Максимов**, канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ И РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ***Обсуждаются возможные чрезвычайные ситуации на мелиорируемых и рекультивируемых землях. С помощью математического моделирования количественно оценены последствия нештатных ситуаций и предложены способы ликвидации последствий**Possible extreme situations on ameliorated and reclaimed lands are discussed. Consequences of supernumerary situations are quantitatively estimated by means of mathematical modeling and there are offered methods of liquidation of the consequences.*

В связи с началом подготовки специальных листов по ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) в Московском государственном университете природообустройства представляется возможным использовать многолетний опыт кафедры мелиорации и рекультивации земель. В 1993–94 гг. была выполнена поисковая научно-исследовательская работа «Разработка методов прогноза загрязнения почв и подземных вод при атмосферном загрязнении и утилизации стоков гражданских и военных объектов» (заказчик — Управление экологии и специальных средств защиты Министерства обороны Российской Федерации; созаказчик — Совет прикладных проблем при Президиуме РАН).

В этих работах была предусмотрена возможность изучения сценариев загрязнения земель и вод при разрушении технологических узлов очистки выбросов или подготовки стоков и заложены соответствующие блоки в имитационные модели обоснования мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Опыт кафедры говорит, что наиболее эффективным инструментом для исследования развития чрезвычайных ситуаций и имитации сценариев по их ликвидации является математическое моделирование, основанное на возможно более полном учете природных процессов. Опыт кафедры значительный: за 15 лет ее сотрудниками разработаны и всесторонне проверены модели поступления, трансформации, передвижения тяжелых металлов, легких нефтепродуктов, нитратов и других веществ,

содержащихся в сточных водах. Обзор математических моделей приведен в учебнике «Основы природообустройства»\*.

Ежегодно в России происходит множество местных и территориальных чрезвычайных ситуаций. В результате создается угроза для жизни людей, животных, ухудшается качество почв, поверхностных и грунтовых вод, атмосферного воздуха. По данным Министерства чрезвычайных ситуаций Российской Федерации, только в 2004 г. произошло 863 техногенные чрезвычайные ситуации, в том числе: аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ — 21; аварии на магистральных трубопроводах и внутрипромысловых нефтепроводах — 55. Чрезвычайные ситуации возникают на промышленных предприятиях, при добыче, транспортировке, хранении и переработке углеводородов и различных природных ископаемых, на транспорте, в сельском хозяйстве, на очистных сооружениях, в инженерно-экологических системах. Увеличение масштабов негативного воздействия на окружающую среду приводит к ухудшению экологической обстановки в ряде регионов России. К таким регионам традиционно относят крупнейшие городские агломерации — Московскую и Санкт-Петербургскую, промышленные центры Центральной России, промышленные и горнодобывающие центры Крайнего Севера, Юга Сибири и Дальнего Востока, Среднее Поволжье, Северный Прикаспий, Средний и Южный Урал, Кузбасс. Так, в 2004 г. значительное количество техногенных чрезвычайных ситуаций зарегистрировано в Приволжско-Уральском (220), Сибирском (161), Северо-

\*Основы природообустройства [Текст] / А. И. Голованов [и др.]. — М.: Колос, 2001. — 264 с.

Западном и Центральном (160) районах.

Анализ качества поверхностных вод на территории Российской Федерации показывает превышение нормативного содержания нефтепродуктов, фенолов, легкоокисляемых органических соединений, соединений тяжелых металлов, азота, а также специфических загрязняющих веществ — лигнина, ксантогенатов, формальдегида и пр.

Ежегодно в поверхностные водные объекты сбрасывается более 50 км<sup>3</sup> сточных вод. Основные загрязнители — предприятия жилищно-коммунального хозяйства (62 % объема сброса загрязненных сточных вод в России) и промышленности (31 %) [1].

Для уменьшения негативных последствий необходимо разработать первоочередные мероприятия законодательного, организационного, финансового и технологического характера, а также надежные, адекватные, отражающие современный уровень науки средства прогнозирования возможных последствий различных чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайные ситуации возможны на мелиорируемых и рекультивируемых землях, но не всякие неполадки в работе технологических элементов носят чрезвычайный характер.

В Федеральном законе «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» принята следующая классификация чрезвычайных ситуаций: локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные, трансграничные. Они отличаются численностью пострадавших людей, нарушенными условиями жизнедеятельности, размером материального ущерба, площадью зоны распространения поражающих факторов и др. Так, чрезвычайная ситуация федерального уровня — та, в результате которой а) пострадали свыше 500 чел. или нарушены условия жизнедеятельности для 1 000 чел. и более либо б) материальный ущерб составляет свыше 5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации выходит за пределы двух субъектов Российской Федерации. Ущерб от чрезвычайных ситуаций других уровней пропорционально уменьшается и оговорен Законом. В

нем же обозначены силы и средства, привлекаемые к ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Мелиорируемые и рекультивируемые земли, занимающие значительные площади, оборудованные сложными инженерными сооружениями (ограждающими, подпорными, регулирующими, отводящими), имеют большое значение для экономики и, что особенно важно, для поддержания экологического благополучия земель, рек, водоемов, являющихся главными или резервными источниками водоснабжения. В последние годы из-за кризисных явлений в экономике страны многие гидротехнические и мелиоративные сооружения оказались опасно изношенными, в результате чего риск возникновения чрезвычайных ситуаций многократно увеличился.

Риск возникновения чрезвычайных ситуаций закладывается при проектировании, так как гидромелиоративные сооружения имеют нормативную надежность, зависящую от обеспеченности (вероятности превышения) природных нагрузок: сильных паводков и чрезмерной засушливости. Вероятность подобных трудностей весьма велика, так как обеспеченность природной нагрузки в проектах часто принимается равной 10 %, т.е. почти 1 раз в 10 лет на гидромелиоративных оросительных и осушительных системах возможны чрезвычайные ситуации. По-видимому, эти нормы должны быть пересмотрены с более детальным и более строгим подсчетом ущербов и затрат на их ликвидацию.

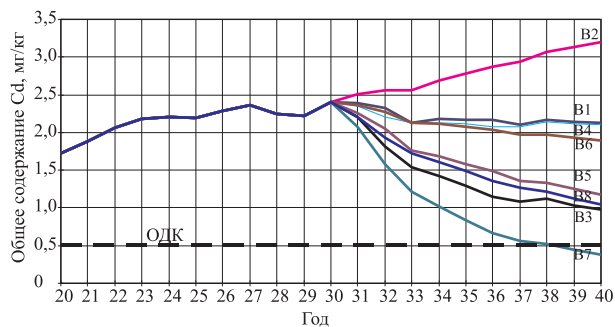
Правда, не все неполадки на мелиоративных системах следует относить к чрезвычайным. Например, выход из строя дождевальной машины или насоса у нерадивого собственника лишь уменьшает его доходы, но зато благоприятно сказывается на экологической ситуации (экономика воды в реке из-за пропуска очередного полива, сохранение плодородия почвы и т.п.) А вот крупные аварии на таких системах уже отражаются на жизни многих людей и экономике регионов. Опасны и не очень заметные повреждения: разрушения противопольвативных одежд каналов, нарушение контроля за качеством поливной воды, особенно при подмешивании к пресной солоноватых или

сточных вод, используемых в качестве удобрения.

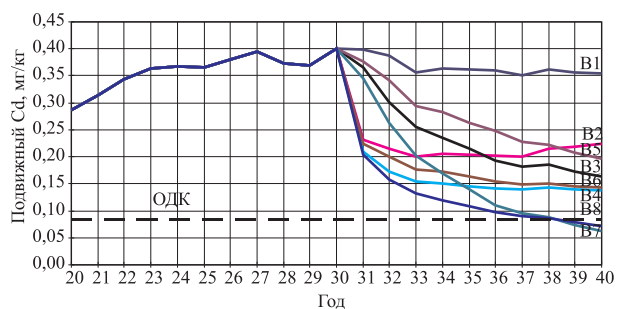
*Чрезвычайные ситуации при функционировании эколого-мелиоративной системы и очистка земель от тяжелых металлов.* Рассмотрим загрязненные тяжелыми металлами земли приусадебных участков в городе Новокуйбышевске (Самарская обл.). В этом небольшом городе на левом берегу Волги сосредоточены вредные предприятия: крупный нефтеперерабатывающий завод, нефтехимический комбинат, завод синтетического спирта, две большие ТЭЦ и др. Годовой объем выбросов на 1 км<sup>2</sup> площади города составляет 2 300 т, в них содержится значительное количество тяжелых металлов: свинца, хрома, никеля, меди, цинка, кадмия (например, кадмия в снежной воде содержится даже в 1,5 раза больше, чем свинца).

Путем математического моделирования исследованы различные варианты очистки, начиная с сокращения выбросов на предприятиях в пять раз, т.е. при доведении этих выбросов до допустимых норм, но этого оказалось недостаточно, так как запасы тяжелых металлов в почве из-за этого не уменьшались. Рассмотрены разовые дозы сорбентов (2 кг/м<sup>2</sup>) при регулярном орошении земель приусадебных участков. Величина водообмена при этом составляла 20 % от суммы приходных статей водного баланса (весеннего увлажнения, осадков теплого периода и оросительной нормы). Исследованы результаты совместного применения всех мероприятий. Вымывание тяжелых металлов в грунтовые воды допускалось в случае, когда они загрязнены и не могут использоваться для водоснабжения.

На территории, загрязненной к тому же и нефтепродуктами, целесообразно построить инженерно-экологическую систему, которая служит для локализации очага загрязнения, откачки и очистки загрязненных грунтовых вод. На рис. 1 и 2 приведены результаты моделирования общего содержания кадмия и его подвижной (несорбированной) части для 8 вариантов, включая и существующие условия (моделировался 30-летний период загрязнения и 10-летний период очистки, приведены результаты за последние 20 лет). Вариант без мероприятий нужен



**Рис. 1. Динамика общего содержания кадмия в 50-сантиметровом слое при разных вариантах очистки:** В1 — без мероприятий; В2 — внесение сорбента; В3 — промывной режим орошения; В4 — сорбент и орошение; В5 — сокращение выбросов в 5 раз; В6 — то же и внесение сорбента; В7 — сокращение выбросов и орошение; В8 — все мероприятия; ОДК — ориентировочно допустимая концентрация



**Рис. 2. Динамика содержания подвижного кадмия в 50-сантиметровом слое при разных вариантах очистки**

для «настройки» модели, воспроизводства существующего положения и прогноза его изменения.

Критерии оценки эффективности разных вариантов прогноза: 1) содержание подвижных фракций кадмия в корнеобитаемом слое почвы, так как именно это определяет степень загрязнения биоты; 2) общее содержание металла в 50-сантиметровом слое почвы (ориентировочно допустимая концентрация подвижных фракций кадмия — 0,08 мг/кг, общее содержание — 0,5 мг/кг).

*Сравнительная оценка вариантов позволяет сделать следующие выводы:*

1) *если не проводить никаких мероприятий на фоне существующих выбросов, степень загрязнения имеет тенденцию к стабилизации во влажные периоды лет, в засушливые годы загрязнение несколько растет (см. рис. 1, 2; В1);*

2) *одно только уменьшение выбросов в 5 раз приводит к медленному самоочи-*

щению почвы, темпы которого зависят от подвижности металла и интенсивности промывания почвы, но за 10 лет требуемой очистки достичь не удастся, содержание кадмия за 10 лет уменьшается с 2,40 до 1,18 мг/кг, или на 50 % (рис. 1, 2; В5);

3) внесение сорбента (В2 и В6) позволяет в первый же год резко уменьшить количество подвижных доступных для растений фракций кадмия, но достичь ориентировочно допустимой концентрации не удастся, в варианте 2 (без уменьшения выбросов) после внесения сорбента наблюдается заметный рост общего содержания кадмия из-за уменьшения его миграционной способности; этот рост потенциально опасен, так как при изменении кислотности или условий увлажнения могут усилиться процессы десорбции и произойдет реставрация загрязнения подвижными формами;

4) промывание почвы за счет регулярного орошения при сохранении объемов выбросов (вариант 3) обеспечивает медленное, примерно в течение 10 лет, очищение 50-сантиметрового слоя (такой вариант не может быть рекомендован как единственное мероприятие); при умень-

шении выбросов (рис. 1, 2; В 7) очищение почвы идет быстрее, но все равно затягивается на 7–8 лет, что неприемлемо;

5) наиболее эффективно одновременное внесение сорбента и регулярное орошение на фоне уменьшения выбросов (рис. 1, 2; В 8); если же выбросы не уменьшать, требуемого эффекта получить не удастся (В 4).

Эти мероприятия позволяют в обычном режиме функционирования предприятия в приемлемые сроки ликвидировать угрозу загрязнения окружающей среды.

В случае, если на предприятии кратковременно (например, сроком на 1 мес) выйдут из строя очистные сооружения (фильтры) и содержание тяжелых металлов в атмосферных выбросах возрастет в 100 раз, произойдет дополнительное загрязнение почв, содержание свинца и кадмия в два раза превысит допустимое, и наблюдаться это будет несколько лет (рис. 3).

Для ликвидации потребуются дополнительные меры: увеличение дозы сорбентов, усиление промывного режима, временное ограничение на использование сельскохозяйственной продукции с приусадебных участков, организация чрезвычайнойно-

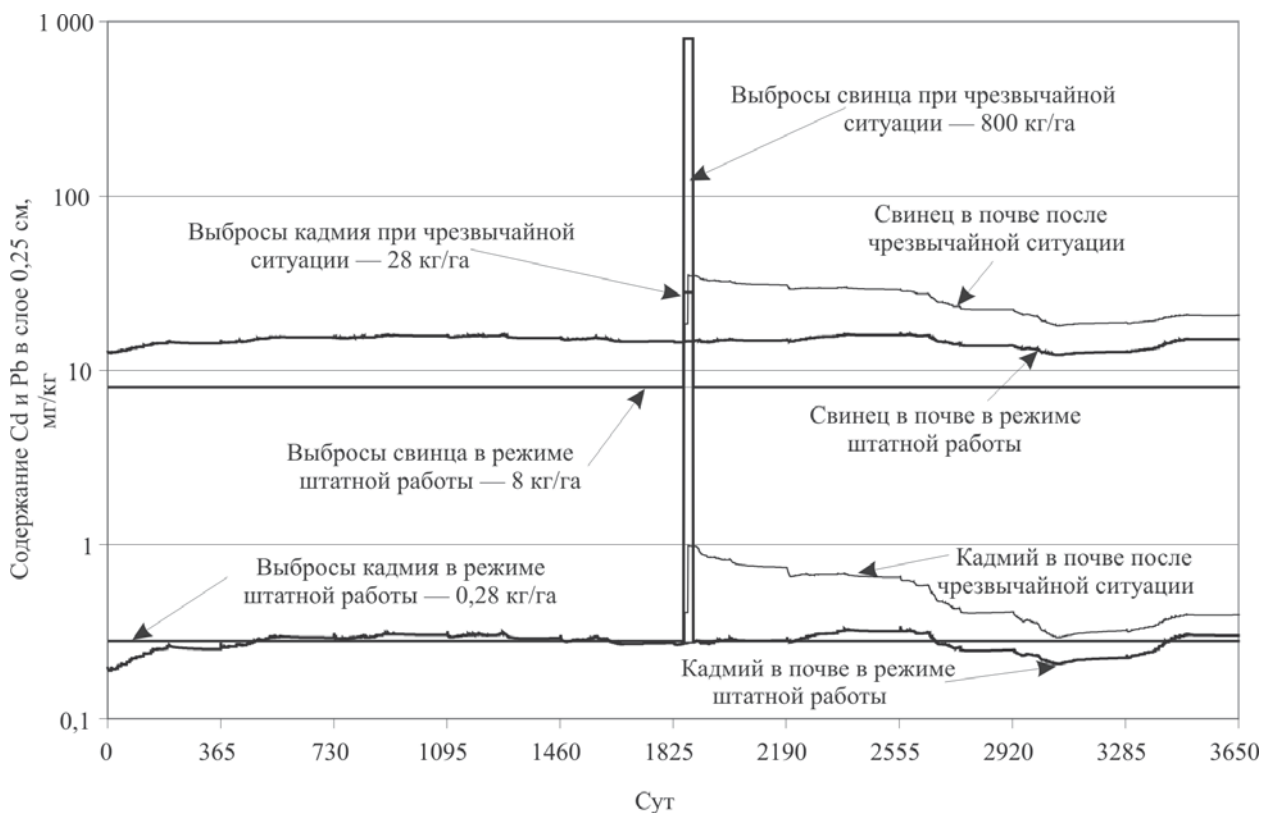


Рис. 3. Чрезвычайная ситуация : рост загрязнения почвы свинцом и кадмием при увеличении выбросов в атмосферу в процессе разрушения фильтров

го мониторинга, оповещение населения и т.п.

*Обоснование мероприятий по очистке земель, загрязненных нефтепродуктами.* Рассмотрим мероприятия по очистке земель на территории и вокруг ликвидируемой районной базы горючесмазочных материалов, находящейся в Тверской обл. вблизи поселка Карцево. Климат территории умеренно-континентальный, среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 650 мм, испарение — 530 мм, речной сток — 120 мм, в том числе подземный — 60 мм в год.

Территория базы расположена на элювиальной фации восточно-европейского бореально-суббореального (подтаежного) ландшафта на размытой песчанистой морене московского оледенения, перекрытой пылеватыми слабокарбонатными суглинками. Моренные отложения в виде ожелезненных суглинков подстилаются мелкозернистыми песками с коэффициентом фильтрации воды  $k_{\text{в}} = 1,8$  м/сут и пористостью  $m = 0,38$  (мощность песчаного слоя 6,0 м). В слое расположен безнапорный водоносный горизонт, глубина грунтовых вод на территории базы 3,4 м. Песчаные отложения подстилаются юрскими глинами большой мощности, являющимися местным водоупором.

К элювиальной фации примыкает супераквальная фация в виде пологого склона и заканчивается неширокой поймой ручья Быстрого. На слабокарбонатных покровных суглинках формируются типичные для данной зоны подзолистые почвы, которые при хорошей культуре земледелия обладают неплохим плодородием.

База горючесмазочных материалов обслуживает 10 сельскохозяйственных предприятий, в которых имеется 290 автомобилей и 550 тракторов. При годовой потребности 17,2 т бензина на один автомобиль и 10,6 т дизельного топлива на один трактор годовой оборот нефтепродуктов базы составляет:  $290 \cdot 17,2 + 550 \cdot 10,6 = 10\,818$  т.

Ежегодные потери нефтепродуктов в результате протечек и проливов составляют 1,6 % годового потребления горючесмазочных материалов, или  $0,016 \cdot 10818 = 173$  т/год. За 37 лет существования базы общие потери составили 6 400 т, или при средней плотности нефтепродуктов  $0,8$  т/м<sup>3</sup> — 8 000 м<sup>3</sup>.

Предварительными расчетами установлено, что существует угроза попадания нефтепродуктов в Волгу. Для предотвращения дальнейшего развития чрезвычайной ситуации необходимо закрыть существующую базу, провести специальные инженерные мероприятия по локализации очага загрязнения, очистке грунтов и грунтовых вод от нефтепродуктов и рекультивации почвенного покрова.

Зная запасы нефтепродуктов, можно заранее определить, какое их количество можно удалить гидравлическим способом, т. е. вытеснением водой. С учетом гидравлически неподвижной насыщенности максимально возможное удаляемое количество нефтепродуктов равно 3 429 м<sup>3</sup>, или 43 % всех потерь. Оставшиеся 4 571 м<sup>3</sup>, или 3 657 т нефтепродуктов гидравлическими способами удалить нельзя — в грунте и в грунтовых водах очаг загрязнения сохранится на долгие годы. Действительно, растворимость нефтепродуктов в воде невелика и для дизельного топлива составляет около 20 мг/л.

Оценим примерное время вымывания нефтепродуктов за счет их растворения.

Среднегодовой поток грунтовых вод  $Q$ , проходящий под территорией базы, равен 786 м<sup>3</sup>/год. Это количество воды растворит 15,7 кг ( $786$  м<sup>3</sup>/год  $\cdot 20$  г/м<sup>3</sup>) нефтепродуктов в год. Оставшееся после удаления количество нефтепродуктов равно 3 657 т, следовательно, время вымывания измеряется столетиями. Из этого следует существенный вывод: удаление подвижных нефтепродуктов предотвращает залповое загрязнение водоотоков, но не снимает угрозы длительного загрязнения подземных и поверхностных вод. Поэтому наряду с удалением нефтепродуктов необходимы специальные мероприятия, локализирующие очаг загрязнения.

Применим технологию удаления нефтепродуктов и локализации очага загрязнения, разработанную на кафедре мелиорации и рекультивации земель МГУП А.И. Головановым и А.А. Маматовым.

Область применения этой технологии: на незастроенной территории или на территории, где здания и сооружения демонтируются; на участках с малым уклоном поверхности земли; при глубине залегания области скопления нефтепродуктов до 10 м.

Суть этой технологии: загрязненную территорию ограждают водонепроницаемой стеной в грунте из песчано-глинисто-цементного раствора во избежание длительного загрязнения подземных и поверхностных вод. После этого на огражденной территории бурят скважины на всю мощность песчаного горизонта, а на предварительно спланированной поверхности с помощью земляных валиков устраивают чеки наподобие чеков рисовых оросительных систем.

В скважины нагнетается вода. Происходит вытеснение вверх грунтовых вод и нефтепродуктов до тех пор, пока зона полного насыщения достигнет поверхности земли. После этого подачу воды в скважины прекращают, а в чеках создают небольшой слой воды. Нефтепродукты всплывают на поверхность, а в почву и в подстилающий грунт впитывается такой же объем воды. Всплывшие нефтепродукты, переливаясь через валики, попадают в канал, а из него в сборную емкость в виде небольшого бассейна, вырытого в грунте внутри огражденной территории. Чеки подпитывают водой так, чтобы слой всплывших нефтепродуктов не касался поверхности почвы.

В сборном бассейне нефтепродукты расслаиваются с водой, их выкачивают в автоцистерны и транспортируют на ближайший нефтеперегонный завод для очистки и последующей утилизации. Используемая для вытеснения вода будет также загрязненной, ее необходимо очистить перед сбросом в водоприемник.

После окончания этапа гидравлического вытеснения нефтепродуктов загрязнение почвенного горизонта остается еще очень высоким, загрязнен также грунт, из которого сделаны валики. Поэтому необходимы специальные мероприятия по доочистке территории другими способами и рекультивация разрушенного почвенного покрова.

Вторая фаза удаления нефтепродуктов наступает при подходе зоны полного насыщения к поверхности земли, в это время на поверхности чеков создают слой воды, которая впитывается в почву при всплывании нефтепродуктов.

*Этот способ очистки обладает преимуществами по сравнению с обычно*

*применяемой откачкой нефтепродуктов. Во-первых, откачка с помощью вертикальных скважин или горизонтальных дрен позволяет отводить нефтепродукты только из зоны полного насыщения, хотя в капиллярной кайме их может быть больше. Во-вторых, при откачке приходится отводить много подземных вод, и из-за искривления линий тока происходит углубление зоны загрязнения вдали от дрен и скважин. Поэтому дренированием удастся удалить гораздо меньше нефтепродуктов. В-третьих, откачка не решает в полном объеме проблему предотвращения загрязнения подземных и поверхностных вод.*

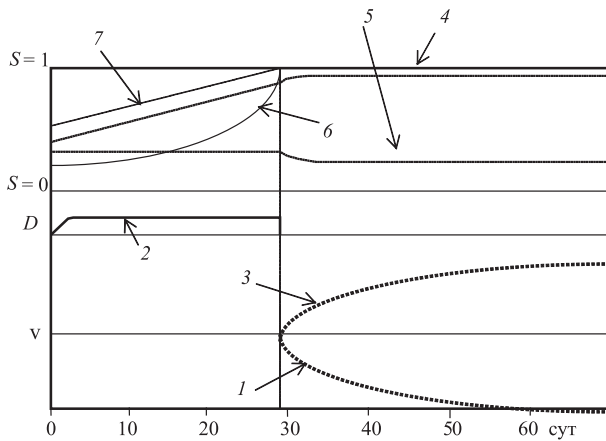
Простым расчетам процесс вытеснения нефтепродуктов не поддается, поэтому применяют численные методы. На кафедре мелиорации и рекультивации земель МГУП разработана программа для расчета этого процесса.

Процесс нагнетания заканчивается примерно через 30 сут, объем воды на нагнетание составляет 0,558 м водного слоя. Скорость всплытия нефтепродуктов вначале значительная, затем она уменьшается и спустя 60...70 сут после начала нагнетания или спустя 30...40 сут после начала всплытия составляет менее 1 мм слоя нефтепродуктов в сутки — это меньше скорости их испарения с поверхности залитых чеков. Затем валики разравнивают, подводящий канал и сборный бассейн засыпают, после чего проводят глубокую вспашку, для того чтобы загрязненный грунт проветрился и частично освободился от нефтепродуктов. Снятый слой почвы возвращают, вносят органические (навоз) и минеральные удобрения и сеют злаково-бобовую травосмесь.

Эта программа позволяет описать вытеснение нефтепродуктов при нагнетании воды. Результаты расчета показаны на графике (рис. 4).

Опыты показывают, что даже на загрязненной почве получают неплохие всходы, на второй год можно посеять травы, если их всхожесть будет недостаточной. При сильном загрязнении почвы в нее можно вносить специфические микроорганизмы, разлагающие нефтепродукты.

Эти микроорганизмы обеспечивают полное разложение углеводов до  $\text{CO}_2$



**Рис. 4. Результаты расчета вытеснения нефтепродуктов:** 1 — скорость впитывания воды; 2 — слой воды, поданной снизу при нагнетании; 3 — скорость всплытия нефтепродукта; 4 — средняя во всем расчетном слое насыщенность пор водой; 5 — средняя во всем расчетном слое насыщенность пор нефтепродуктом; 6 — глубина верхней границы зоны полного насыщения; 7 — суммарная насыщенность;  $v$  — скорость впитывания воды и всплытия нефтепродуктов;  $D$  — подача воды в скважину, мм/с;  $S$  — насыщенность грунта водой или нефтепродуктами

и  $H_2O$ . Например, бактериальный препарат «Бациспецин», полученный на основе природного почвенного штамма *Bacillus sp. 739*, за два месяца разлагает более 50 % загрязнителя по отношению к необработанной нефтезагрязненной почве. Для очистки почв существуют и другие бактериальные препараты, например на основе *Ps. putida-36*, *Ps. pseudoalcaligenes KB-4*.

Для биологической доочистки почвы необходимо создавать требуемый водный режим, в данном случае — поддерживать влажность почвы в пределах 0,7...0,9 предельной полевой влагоемкости. Для этого весной и после сильных дождей целесообразно поддерживать уровни грунтовых вод на глубине около одного метра, используя имеющиеся скважины. Летом в засушливые периоды нужно проводить поливы, для чего можно использовать сеть трубопроводов, насосную станцию и имеющуюся в хозяйстве дождевальную технику.

**Чрезвычайные ситуации на мелиоративных системах.** Низкая надежность мелиоративных систем. Экологически совершенным является полив кормовых культур подготовленными животновод-

ческими стоками. Имеющиеся на кафедре программы позволяют обосновать экологически безвредный режим полива, степень разбавления стоков. Возможная опасная чрезвычайная ситуация — это авария на узле смешения стоков с пресной водой. Увеличение концентрации азота в поливной воде приводит к загрязнению почв и сильному загрязнению подземных, а затем и поверхностных вод (рис. 5 и 6).



**Рис. 5. Влияние роста концентрации азота в поливной воде**



**Рис. 6. Азот в инфильтрационных водах после чрезвычайной ситуации и после промывки почвы**

Проведенная в порядке ликвидации последствий чрезвычайной ситуации промывка почвы при орошении пресной водой большого эффекта не имеет, но возникает проблема распределения стоков в течение двух лет. По-видимому, чтобы не останавливать технологический процесс на животноводческой ферме, надо предусмотреть резервные площади орошения.

Возможной чрезвычайной ситуацией на оросительной системе может быть разрушение антифильтрационных одежд на крупных каналах, приводящее к временному росту фильтрационного пита-

ния, подъему уровня грунтовых вод, сильному засолению почв и резкому снижению урожайности (рис. 7).

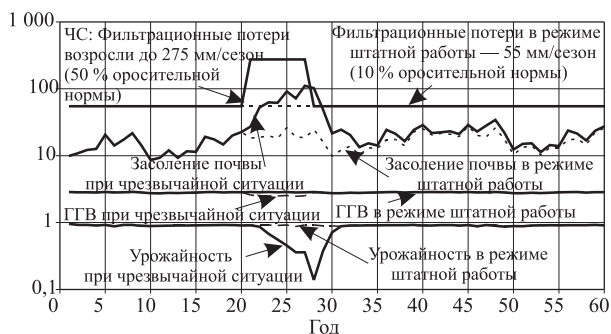


Рис. 7. Влияние разрушения антифильтрационных одежд оросительных каналов на режим грунтовых вод, засоление почв и урожайность

Чрезвычайная ситуация может возникнуть при аварийной подаче соленых поливных вод в оросительную систему, как это было в Одесской обл., когда при строительстве приемной камеры насосной станции на берегу опресненного бывшего горько-соленого озера Сасык в камеру прорвались напорные рассолы. После полива такой водой при полной бесконтрольности были загублены сотни гектаров черноземов. На рис. 8 показана модель подобной ситуации, когда минерализация поливной воды увеличилась с 1,5 до 10 г/л и держалась в течение двух лет. В естественном режиме содержание солей в почве нахо-



Рис. 8. Влияние скачка минерализации поливной воды и последующей промывки на степень засоленности почвы

дилось в пределах допустимой нормы (10...25 % сухой массы). При поливе соленой водой содержание соли возросло в 4 раза.

Чаще всего чрезвычайные ситуации возникают на польдерных осушительных системах из-за прорыва ограждающих дамб и последующего затопления посевов, дорог и населенных пунктов. Это классическая ситуация наводнения. Выход из строя насосов, перекачивающих из польдера дренажные воды, приводит к подпору воды в осушительных каналах, заболачиванию почв. Такая ситуация имитируется с помощью имеющейся на кафедре программы «Шлюзование».

**Ключевые слова:** загрязнение земель, тяжелые металлы, мелиоративные системы, чрезвычайная ситуация, польдерные системы, режим полива, подземный воды, поверхностные воды.