

преимущественно на центральную нервную систему. Никель в значительной мере откладывается в почках, головном мозге, во всех внутренних органах и эндокринных железах. Цинк накапливается в предстательной железе, мышцах.

3) Чрезвычайно высокий объем выбросов оксидов и диоксидов углерода, азота, серы, сероводорода в атмосферу промзоны и прилегающих территорий является причиной формирования кислотных осадков и закисления всех приповерхностных компонентов природной среды [2].

4) Около 50% постоянных и временных захоронений отходов комбината не имеют систем инженерной защиты. Другая половина полигонов характеризуется наличием противоточных экранов различной степени эффективности.

5) Актуальной экологической проблемой является загрязнение почв, грунтов, подземных вод маслами и нефтепродуктами. Необходима постановка специальных исследований с целью картирования очагов загрязнения в почвах и грунтах зоны аэрации, определения их мощности, внедрение методов

локализации источников и очистка образовавшихся аномальных зон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Устойчивость. Фитоиндикация. Оптимизация / И.И. Коршиков, В.С. Котов, И.П. Михеенко и др. - Киев, 1995. - 192 с.
2. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. -М., 1995. -272 с.
3. Косинова И. И. Теоретические основы крупномасштабных экогеологических исследований. - Воронеж, 1998. - 355с.
4. Косинова И.И.Ильяш В.В. Особенности и функциональное назначение эколого-геологических исследований территорий // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. Геология. -2001. -№11. -С.230-236.
5. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. - М., 1997. -243 с.
6. Экологические функции литосферы / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др. -М., 2000. - 432с.

УДК 556.3.013:517

СТРУКТУРНО-ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ «НЕФТЕХРАНИЛИЩЕ «КРАСНОЕ ЗНАМЯ» - ПРИРОДНАЯ СРЕДА» (г. ВОРОНЕЖ)

Ю.М. Зинюков

Воронежский государственный университет

Оптимизация мониторинга природно-технических экосистем связывается с разработкой и внедрением методик конструирования моделей исследуемых систем как сложных природно-техногенных объектов. Для повышения эффективности мониторинга особо пристальное внимание необходимо обращать на его начальный этап – этап организации, на котором создается модель изучаемого объекта и определяется методика контроля, прогноза и управление его состоянием. Моделирование природно-технических экосистем как принципиально новых типов систем производится на основе двуцелевого подхода (производственного и экологического) и ряда критериев, по которым в конечном счете и конструируются их модели. В данной статье рассматриваются вопросы структурного моделирования природно-технической экосистемы на примере крупного нефтехранилища «Красное Знамя» г. Воронеж.

Модель природно-технической экосистемы «нефтехранилище «Красное Знамя» - природная среда» конструировалась в соответствии с разработанной методикой моделирования ПТЭС [1]. Данная модель конструировалась впервые, так как до сегодняшнего дня мониторинговые работы на данном объекте не проводились. Данный объект представляет собой пример начальной стадии организации мониторинга природной среды для уже функционирующих объектов с измененными экологическими условиями.

В последние годы неуклонно возрастает уровень загрязнения природной среды нефтепродуктами, что связано в региональном плане с разработкой месторождений нефти и газа, в локальном – с ростом количества автозаправочных станций и нефтехранилищ [2-7 и др.]. К разряду такого рода объек-

тов относится и предприятие «Красное Знамя», представляющее собой крупное нефтехранилище государственного резерва.

Территория предприятия расположена в Левобережной части г. Воронежа, по ул. Димитрова и занимает площадь 48,45 га. Территория предприятия первой группы складирования эксплуатируется с 1938-1940 гг. Железнодорожная эстакада введена в действие с 1951 года. На первых этапах эксплуатации на предприятии осуществлялось хранение авиационного бензина, в том числе этилированного, и спирта-ректификата. Впоследствии и по настоящее время основная производственная задача предприятия состоит в приеме, хранении и периодической замене авиационного топлива. В последние годы предприятие принимает на хранение бензин марки А-76.

Хранение топлива осуществляется в стальных наземных резервуарах и подземных траншеях и казематах.

Для сбора и концентрации нефтепродуктов в результате возможных утечек, а также для локализации поверхностного стока существует испарительный бассейн и промканализация в металлических трубах. Стоки попадают в бассейн через очистные фильтры, расположенные в его южной части. Дно и борта бассейна покрыты асфальтом, который в настоящее время местами утратил свою целостность. Нормативными документами предприятия предусматривается естественная убыль нефтепродуктов, обусловленная их свойствами, метеоусловиями и несовершенством средств защиты. Источниками попадания нефтепродуктов в природную среду могут служить резервуарные группы, занимающие площадь около 13 га (30% территории), а также нефтеналивные эстакады длиной по 180 м каждая. В пределах эстакады по сливу топлива предшествующими работами установлено загрязнение геологической среды нефтепродуктами (почва, зона аэрации, грунтовые воды).

Таким образом, данная природно-техническая система (предприятие «Красное Знамя») была создана в связи с потребностью государства в хранении больших объемов жидкого топлива (в основном – авиационного) в городе с развитой авиационной инфраструктурой.

В непосредственной близости от рассматриваемой территории находится ряд промышленных предприятий: к югу – АТП №3 «Воронежавтотранс», АОЗТ «Воронежстальмост», базы пусконаладочного управления треста «Воронежводстрой»; к западу – АООТ «Дрожжи»; с севера – территория городского кладбища; с востока и юго-востока, на расстоянии соответственно 0,8 и 1 км располагаются площадки автозаправочной станции и АООТ «Воронежнефтепродукт».

На АООТ «Дрожжи» и АОЗТ «Воронежстальмост» имеются водозаборные скважины. Потенциальными источниками загрязнения геологической среды нефтепродуктами являются также длительно действующие площадки АЗС на выезде из города (трасса Москва – Ростов-на-Дону).

В геоморфологическом отношении исследуемая территория расположена на западном склоне водораздела рек Воронеж – Усмань, на второй надпойменной террасе реки Воронеж. В центральной части промплощадки предприятия отмечено понижение поверхности рельефа глубиной 2,0-2,5 м (абс.отм.109,3 м). В центре понижения расположен испарительный бассейн и фруктовый сад. Участки хранения нефтепродуктов находятся на возвышенной части рельефа (абс.отм.110-113,5м).

Геологическое строение территории характеризуется развитием верхнечетвертичных аллювиальных (преимущественно – песчаных) отложений мощностью 25-30 м, аллювиальных песчаных и гравийно-щебнистых отложений неогена мощностью

30 м, залегающих на плотных известковистых глинах и известняках девона.

Гидрогеологические условия (до глубины 65 м) характеризуются развитием подземных вод неоген-четвертичного водоносного комплекса.

Глубина залегания уровня подземных вод в пределах промплощадки зависит от поверхности рельефа. В центральной части (область понижения) глубина составляет – 12,6 м (абс.отм. 97,25 м), на остальных участках – 13,4 – 15,7 м (97,14 - 97,41 м).

Общее направление потока – с востока на запад, к долине реки Воронеж. Напорный градиент имеет низкие значения – 0,0008.

Неоген-четвертичный водоносный комплекс обладает вертикальной фильтрационной неоднородностью. В верхней его части для водовмещающих песков (преимущественно – средней крупности) значения коэффициента фильтрации – 4,8-6,4 м/сут; для крупных песков нижней части комплекса – до 29 м/сут.

Водоупором неоген-четвертичного водоносного комплекса являются плотные карбонатные глины девона, которые не всегда выдержаны, в этой связи – возможно наличие гидравлической взаимосвязи с девонскими горизонтами.

Проблемы эксплуатации нефтехранилища «Красное Знамя»

В результате многолетней эксплуатации предприятия - утечек и инфильтрации нефтепродуктов в грунтовую толщу, сложенную хорошо проницаемыми песками, - произошло существенное загрязнение геологической среды территории.

Предварительные исследования, проведенные в 1998 году ТОО «Геолог» и Воронежским отделением «РосГео» в 2003 году показали, что в почвенном слое по степени загрязненности нефтепродуктами выделяется сильно загрязненный участок (с превышением над фоном до 2500 раз) площадью 1500-2000 м², вытягивающийся вдоль сливо-наливных сооружений, и территория слабозагрязненная (с превышением над фоном в 2 раза).

В грунтах зоны аэрации фоновое значение содержания нефтепродуктов равно нулю, органолептические признаки загрязненности начинают проявляться при содержании нефтепродуктов 50 мг/кг. Нефтепродукты, загрязняющие подземные воды находятся в трех фазах: в виде чистого нефтепродукта мощностью 0,6 м на поверхности подземных вод, в виде пленок и эмульсий в верхней части горизонта подземных вод, в виде истинного раствора по всей мощности водоносного комплекса.

Район с признаками загрязнения подземных вод имеет повсеместное распространение в пределах территории предприятия. В пределах района, загрязненного нефтепродуктами выделяются участки (рис.1) с содержанием нефтепродуктов более 100 ПДК. Участок с распространением линзы чистого нефтепродукта выделен в пределах сливо-наливных сооружений.

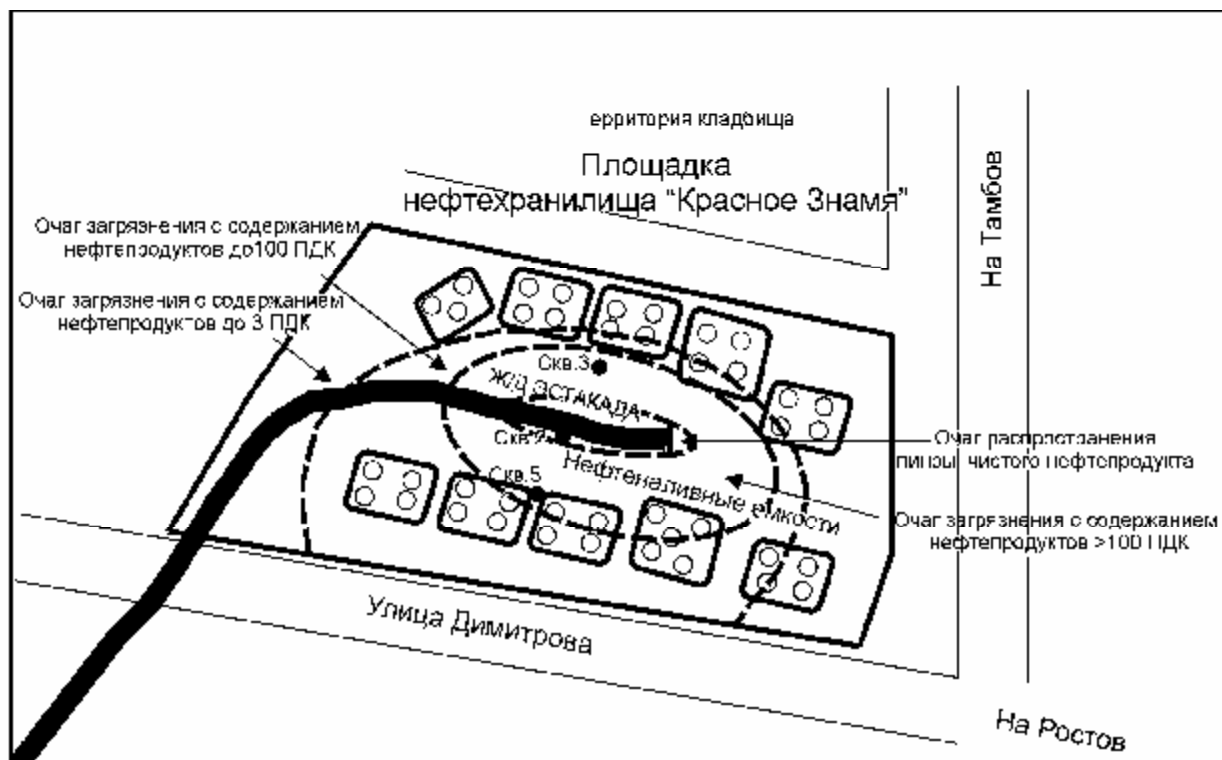


Рис. 1. Загрязнение нефтепродуктами подземных вод территории нефтехранилища «Красное Знамя»

Таким образом, эксплуатация предприятия привела к нарушению устойчивости геологической среды и появлению экологической проблемы, связанной с накоплением в грунтовой толще и особенно в подземных водах исследуемой территории нефтепродуктов. Данное загрязнение может представлять потенциальную опасность для подземных вод неоген-четвертичного комплекса участка водозабора АООТ «Дрожжи» и АОЗТ «Воронежстальмост», а также для устойчивости грунтовых оснований близ расположенного жилого и гаражного комплекса, так как адсорбция нефтепродуктов на поверхности песчаных частиц приводит к снижению прочностных характеристик грунтовой толщи [4]. Также потенциально подверженными загрязнению являются воды Воронежского водохранилища, дренирующего неоген-четвертичный водоносный комплекс.

Моделирование природно-технической экосистемы

В техническую подсистему моделируемой ПТЭС «нефтехранилище «Красное Знамя» - природная среда» вошли инженерные сооружения (техногенные объекты), которые подлежат контролю в силу их экологической опасности – хранилища топлива (стальные наземные резервуары и подземные траншеи и казематы), собиратели нефтепродуктов при возможных утечках и локализаторы поверхностного стока (испарительный бассейн и промканализация), нефтеналивные эстакады.

Из природных элементов, выполняющих производственную функцию, в соответствии с опре-

деленными нами критериями в систему вовлекаются:

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса, служащие для хозяйственного водоснабжения предприятия (участок в пределах территории предприятия);
- верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы р. Воронеж (по литологии - преимущественно пески) в качестве грунтовых оснований инженерных сооружений предприятия и вместилища подземных коммуникаций.

Дальнейшее вовлечение природных объектов производилось в реализации второй цели – экологической (для нас - основной), также в соответствии с разработанными критериями. Схема расположения промышленного предприятия и защищаемых объектов приведена на рис. 2.

1. По критериям подверженности природных объектов прямому техногенному воздействию (участок Т) в систему вовлечены:

- современные отложения (почвы) в пределах промплощадки;
- верхнечетвертичные аллювиальные отложения зоны аэрации и водонасыщения;
- подземные воды верхнечетвертичного водоносного горизонта в пределах контура промплощадки предприятия;
- подземные воды неогенового водоносного горизонта в пределах контура промплощадки, загрязненные в силу их тесной гидравлической связи с загрязненными верхнечетвертичными водами;

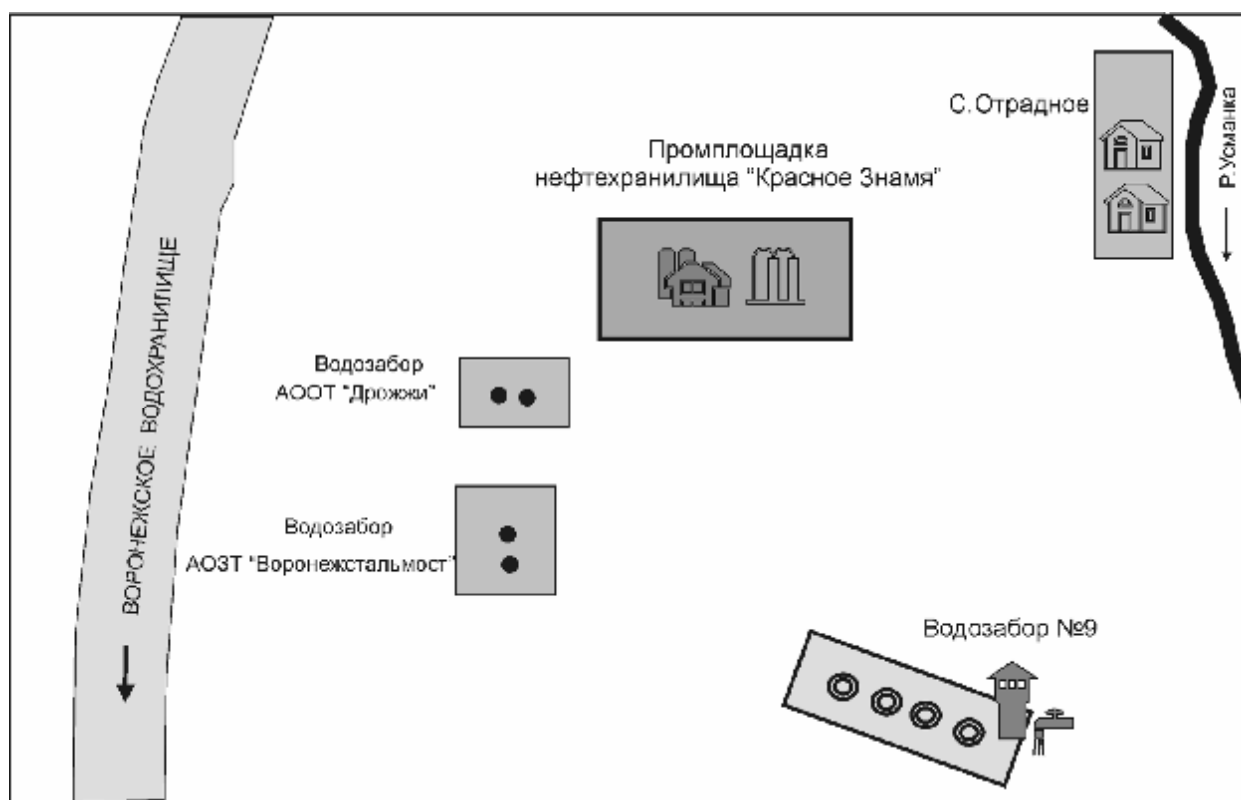


Рис. 2. Схема расположения предприятия «Красное Знамя» и защищаемых объектов

- подпочвенный воздух зоны аэрации в пределах промплощадки (его загрязненность нефтяными углеводородами позволяет судить о загрязнении подземных вод).

Данные объекты испытывают первоочередное техногенное влияние в силу их близкого залегания от земной поверхности. Таким образом, данные объекты сами становятся источником загрязнения для сопредельных природных сред.

2. По критериям подверженности природных объектов негативному воздействию со стороны смежных элементов природной подсистемы, испытывающих прямое техногенное влияние (участки ST), в систему вовлечены:

- подземные воды участка верхнечетвертичного горизонта, смежного с участком, расположенным в пределах контура промплощадки;
- подземные воды участка неогенового горизонта, смежного с участком, расположенным в пределах контура промплощадки;
- подземные воды участка верхнедевонского горизонта в пределах контура промплощадки;
- подпочвенный воздух участков зоны аэрации, примыкающих к территории промплощадки.

3. По критериям принадлежности природных объектов к собственно защищаемым объектам (участки Z) в систему вовлечены:

- Воронежское водохранилище – главный водный резервуар города;
- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке централизованного водозабора №9;

- подземные воды верхнедевонского водоносного горизонта (участок в пределах промплощадки предприятия «Красное Знамя»);

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке южной окраины с. Отрадное, используемые для частного водоснабжения с помощью колодцев;

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке ведомственного водозабора АООТ «Дрожжи»;

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке ведомственного водозабора АОЗТ «Воронежстальмост»;

- поверхностные воды р. Усманка на участке с. Отрадное.

Следует отметить, что число защищаемых элементов может изменяться в случае изменения существующей геоэкологической обстановки в районе исследования или же в случае корректировки целей наблюдения. Так, например, в число защищаемых объектов могут быть вовлечены и грунтовые основания в случае значительного изменения их физико-механических свойств, представляющих угрозу снижения их несущей способности и соответственно - устойчивости инженерных сооружений, или участки подземных вод, планируемые к перспективному водоснабжению, которые могут быть потенциально загрязненными и др.

4. По критериям отнесения природных объектов к смежным с защищаемыми объектами (участки SZ) в систему вовлечены:

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке, примыкающем к

водохранилищу в пределах вектора техногенного влияния;

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке, примыкающем к централизованному водозабору №9 в пределах вектора техногенного влияния;

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке, примыкающем к южной окраине с. Отрадное в пределах вектора техногенного влияния;

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке, примыкающем к ведомственному водозабору АООТ «Дрожжи»;

- подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса на участке, примыкающем к ведомственному водозабору АОЗТ «Воронежстальмост».

5. По критериям отнесения участков природной среды к переходным участкам (участки Р) в систему вовлекаются участки подземных вод, расположенные между участками ST и SZ.

6. По критериям отнесения природных объектов (изменившихся в результате техногенного воздействия) к объектам негативного влияния на само предприятие (обратное воздействие) в систему вовлекаются: верхнечетвертичные отложения, служащие основаниями зданий и инженерных сооружений предприятия (в случае снижения их несущей способности), подземные воды верхнечетвертичного горизонта, повышающие свой уровень и агрессивность в результате утечек и инфильтрации техногенных вод.

В свою очередь, в пределах указанных участков выделяются участки непосредственного контроля за состоянием геологических тел и водных объектов - «пункты наблюдения». В пределах пункта наблюдения выделяется минимальный объем того или иного компонента геологической (природной) среды, соответствующий понятию «проба» и являющийся предельным элементом изучаемой системы.

Модель состава ПТЭС «нефтехранилище «Красное Знамя» – природная (геологическая) среда» представлена на рис. 3. Дополнительно в систему включены атмосферные осадки, воздушная среда и биотические компоненты как факторы преобразования геологической среды исследуемой территории, а также технические системы контроля.

Следует отметить, что данная модель состава системы является открытой и, следуя принципу полноты модели [8], в систему может быть включен блок «все остальное». Другими словами, элементный состав системы может корректироваться вместе с расширением целей исследования или же напротив – их сужением. Основным же принципом моделирования является принцип минимальной достаточности и необходимости.

Связи и отношения элементов ПТЭС

Взаимосвязи между элементами системы определяют ее структуру и последующий механизм ее

функционирования. Согласно разработанной методике, связи и отношения установлены между техногенными и природными объектами, которые определяются самим фактом существования техногенного объекта, а также, что наиболее важно, между объектами природной среды (выделенных их частей).

В соответствии с разработанной методикой моделирования, связи между элементами системы анализируются по вектору наблюдения «техногенный объект → защищаемый объект» следующим образом.

Инженерные сооружения предприятия находятся в отношениях статического и динамического сонахождения с элементами природной среды. Статическим характером воздействия на грунтовую толщу отличается большинство зданий и вспомогательных корпусов предприятия. Динамическим характером воздействия на грунтовую толщу отличаются хранилища нефтепродуктов, резервуары которых заполняются разными объемами продукта в различное время. Это механическая нагрузка. Она показательна при оценке устойчивости сооружений и грунтовых оснований, что и определяет данные отношения как отношение «инженерное сооружение – основание» (механическое взаимодействие).

Вместе с механическим воздействием со стороны техногенного объекта существует и гидравлическое воздействие (утечки в зону аэрации, сложенную хорошо проницаемыми песками). Таким образом, можно констатировать, что между техническими сооружениями и грунтовой толщей существует направленная гидравлическая связь в форме инфильтрации техногенных утечек. В результате данной связи (прямое техногенное воздействие) изменяется количественный и качественный состав элементов геологической среды участка «Т». На этом участке зафиксированы наибольшие изменения гидрогеохимических условий.

Таким образом, связи между техногенным объектом и участком «Т» геологической среды оцениваются как механические и гидравлические в форме инфильтрации техногенных продуктов (прямое загрязнение). Элементы участка «Т» оказались подвержены первоочередному изменению (загрязнению) и, в свою очередь, становятся источником негативного воздействия на сопредельные участки геологической среды (участки «ST»).

Так, загрязненный неоген-четвертичный водоносный комплекс в пределах контура промплощадки оказывает негативное влияние на смежные с ним участки данного горизонта, расположенные вне контура прямой техногенной нагрузки. Между ними существует гидравлическая связь в форме конвективного массопереноса и гидродисперсии. А также – на верхнедевонский водоносный горизонт, расположенный непосредственно под неоген-четвертичным в пределах техногенного контура. Между ними существует вертикальная гидравлическая связь в форме диффузии и гравитационной диффе-

ренциации (плотностного осаждения). Данный вид связи ведет к загрязнению участков «ST» геологической среды исследуемой территории.

Таким образом, между участками «Т» и участками «ST» существует прямая гидравлическая связь в форме диффузионно-конвективного массопереноса.

Таким же образом выглядят связи и между участками «ST» и участками «Р», между участками «Р» и участками «SZ», что способствует миграции загрязняющих соединений в сторону защищаемых объектов. Между защищаемыми участками (участки «Z») и сопредельными с ними участками «SZ» существуют прямые гидравлические связи в форме естественного дренирования (водохранилище и р. Усманка дренируют воды неоген-четвертичного водоносного комплекса) и в форме искусственного дренирования за счет работы водозаборных сооружений, оборудованных на неоген-четвертичный и верхнедевонский водоносный комплексы, что может способствовать миграции и попаданию загрязняющих соединений в защищаемый объект. Структурные связи между основными элементами системы показаны на рис. 4,5.

Так выглядит логическая структура исследуемой системы (с учетом сложившихся геолого-гидрогеологических условий и характера техногенной нагрузки в пределах изучаемой территории), позволяющая понять механизм ее функционирования и, соответственно, осуществлять контроль за развитием процесса загрязнения с оценкой степени выхода системы из равновесного состояния.

Механизм функционирования ПТЭС «нефтехранилище «Красное Знамя» - природная среда»

Исследуемая система функционирует следующим образом. Для осуществления своей производственной деятельности предприятие использует природные ресурсы: подземную воду для питьевых и хозяйственных целей (централизованное водоснабжение и эксплуатационные скважины предприятия), грунтовую толщу в качестве оснований и вместилища инженерных сооружений.

Таким образом, в процессе функционирования природно-технической системы нефтехранилище «Красное Знамя» оказываются задействованы не только материально-технические и людские ресурсы (в данном случае рассматриваются отдельно от остальной природной составляющей), но и элементы природной среды – геологические тела, водные объекты.

В случае выхода системы из равновесного состояния, ее возврат в устойчивое равновесие, обеспечивающее нормальное функционирование системы (выполнение своей производственной функции) осуществляется системой административно-технического контроля и управления. Что позволяет данной промышленной системе успешно работать.

Конструируемая экспертом-исследователем природно-техническая экосистема «нефтехранилище «Красное Знамя» – природная среда» (в реализации экологической цели моделирования системы) функционирует следующим образом.

Предприятие, используя материально-технические, людские и природные ресурсы, осуществляет свою функцию – хранение нефтепродуктов. Уровень функционирования контролируется административно-техническим персоналом предприятия.

При этом происходит изменение природной обстановки. Состояние природной среды контролируется группой специалистов (экспертами-исследователями). В случае выхода системы из равновесия (реального или ожидаемого), исследователи ПТЭС предлагают соответствующие меры по ликвидации неблагоприятных изменений (возврату в устойчивое состояние) или их предотвращению. Административно-технический персонал предприятия (или государственные службы охраны окружающей среды, комитеты природных ресурсов) должны обеспечить реализацию экспертных рекомендаций. Контролирующие и управляющие блоки являются составной частью функционирующей системы.

Под влиянием техногенного объекта в первую очередь изменяется состояние природного элемента ПТЭС – участка «Т» (в основном за счет инфильтрации техногенных продуктов). Далее, благодаря прямой гидравлической связи данного элемента с элементом ПТЭС – участком «ST», происходит изменение последнего. Степень его изменения определяется целым комплексом факторов (техногенных, гидродинамических, физико-химических, литологических и др.). Далее, также благодаря гидравлической связи и гидродинамическим характеристикам потока, происходит (или не происходит) изменение смежных элементов ПТЭС - участков «Р», «SZ» и «Z». Степень их изменения также зависит от комплекса факторов.

Ход данного процесса, его направленность и характер подлежит постоянному контролю и оценке устойчивости ПТЭС специалистами, осуществляющими мониторинг данной ПТЭС по определенным критериям гомеостаза системы. В случае если защищаемые элементы природной среды – участки «Z», по своему состоянию отвечают требованиям экспертной модели устойчивости ПТЭС и прогнозные варианты не выходят за гомеостатические пределы – можно считать, что система функционирует нормально и прибегать к управляющим мероприятиям (помимо контроля и прогноза) нет необходимости. Если же какой-либо из элементов (определяется опытным или прогнозным путем) вышел из допустимого состояния (или этот выход ожидается в ближайшем будущем), то функционирование системы подвергается корректировке («ремонту») соответствующими службами (это могут быть производственные или надзорные органы) на основании рекомендаций экспертов по мониторингу.

Таким образом, функционирование модели ПТЭС осуществляется перманентной реализацией

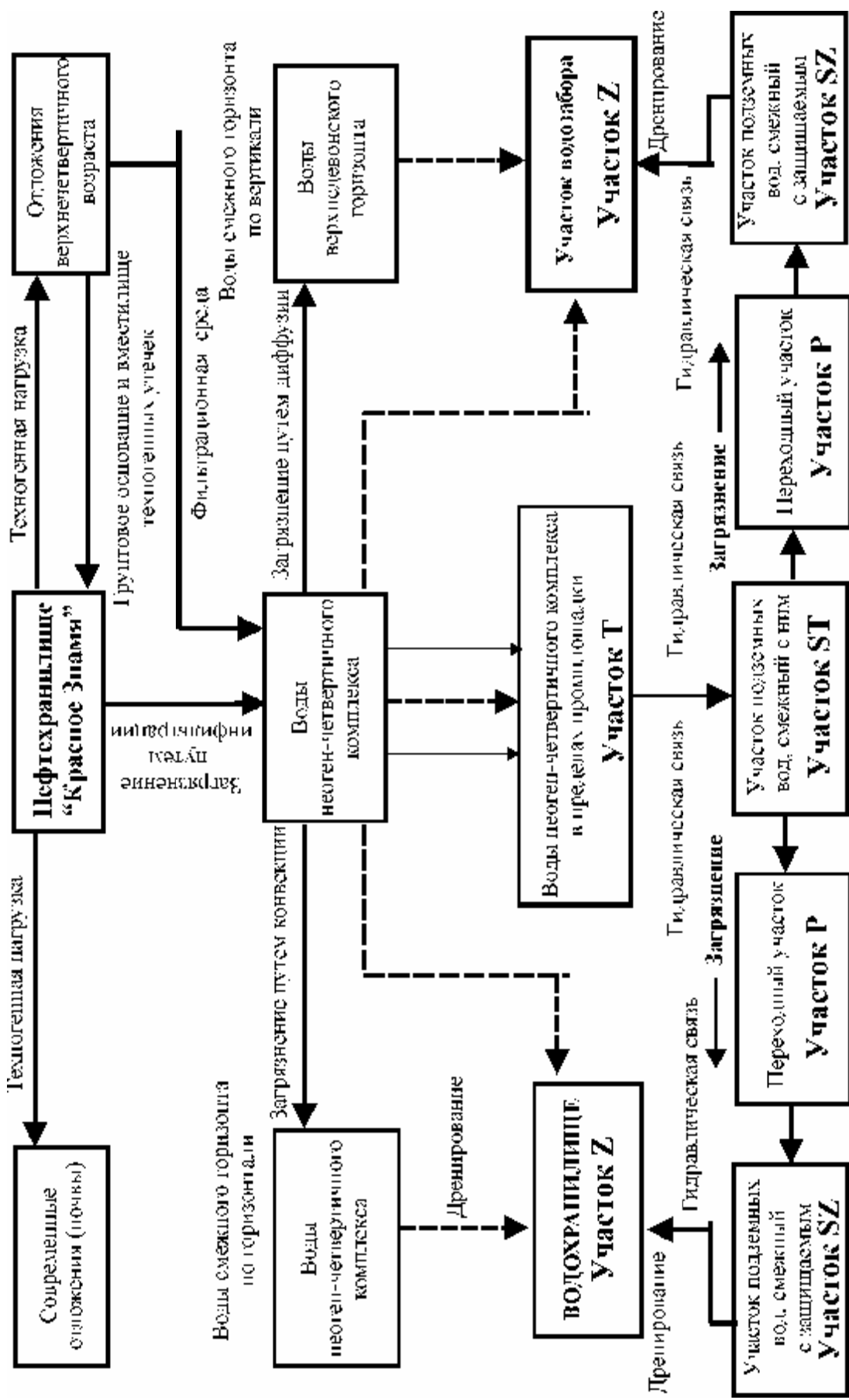


Рис. 4. Связи и отношения основных элементов ПТЭС «Красное Знамя» – природная среда (принципиальная схема)

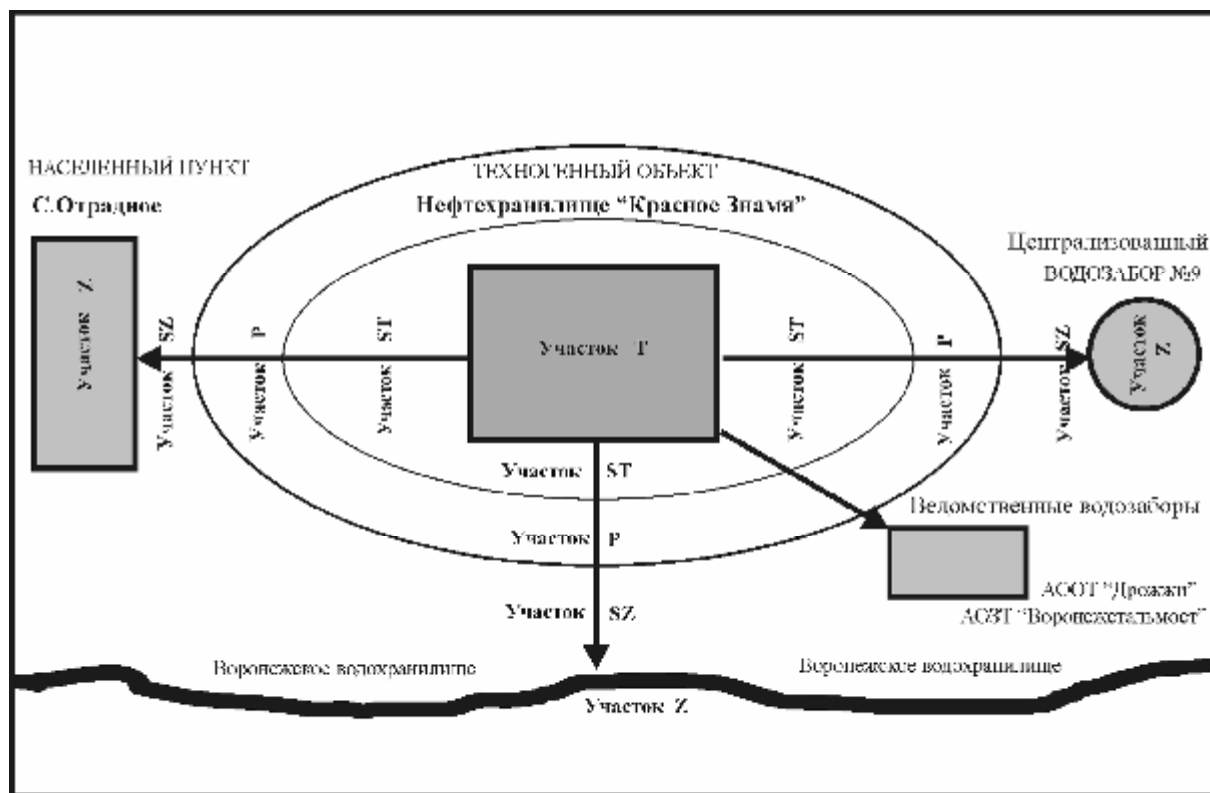


Рис. 5. Принципиальная схема структуры ПТЭС «нефтехранилище «Красное Знамя» – природная среда» (структурные оси мониторинга)

последовательных процедур мониторинга – контроля, анализа, прогноза, управления. Оптимизация данного процесса связывается с эффективной организацией мониторинга природно-технической экосистемы. Основой данной процедуры должна служить структурно-иерархическая модель исследуемой ПТЭС, позволяющая своевременно и рационально отслеживать изменения устойчивости системы.

Аналогичность формы представления механизма функционирования модели данной ПТЭС с моделью ПТЭС, охарактеризованной в работе [9] является свидетельством универсальности предлагаемого методического подхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинюков Ю.М. Методические основы конструирования и анализа структурно-иерархических моделей природно-технических экосистем // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. – 2001. - №11. – С.210-222.
2. Гоголь С.Б., Дадькин С.В. Опыт очистки геологической среды от нефтяного загрязнения на территории г.

- Брянска // Геологич. вестник центральных районов России. – 1999. - №1-2. – С. 74-78.
3. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. –М., 1998. –247 с.
4. Дашко Р.Э., Петров Н.С. Проблемы загрязнения и очистки подземных вод и грунтов от нефтяных углеводородов в Санкт-Петербургском регионе // Современные проблемы гидрогеологии. Пятое толстихинские чтения: Матер. науч.-метод. конф. – СПб., 1996. - С.132-134.
5. Дурнев Ю.Ф. Геоэкологические особенности площадок нефтебаз г.Воронежа // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. – 1997. - №4. – С.154-158.
6. Питьева К.Е. Гидрогеоэкологические исследования в районах нефтяных и газовых месторождений. – М., 1999. – 199 с.
7. Питьева К.Е. Аспекты использования газообразных сорбированных углеводородов в эколого-гидрогеологическом мониторинге // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. – 2000. -№ 5 (10). – С. 227-230.
8. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М., 1989. - 367 с.
9. Зинюков Ю.М. Структурно-иерархическая модель природно-технической экосистемы «ОАО «Минудобрения» - природная среда» // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. – 2001. - №12. – С.190-197.