

# ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ КРУПНОГО ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА)

Ю. М. Зинюков

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 28 сентября 2009 г.

**Аннотация.** Оптимизация мониторинга природно-техногенных систем (ПТС) связывается с разработкой и внедрением новых методик конструирования моделей исследуемых систем, представляющих собой сложные объекты природно-техногенного происхождения. В данной статье рассматривается оригинальная методика организации и ведения мониторинга ПТС, разработанная автором на основе структурного моделирования сложных природно-техногенных взаимодействий, практически адаптированная при организации мониторинга ПТС «Животноводческий комплекс – геологическая среда». Предлагаемая методика опирается на целевое направление контроля, прогноза и управления состоянием ПТС.

**Ключевые слова:** природно-техногенная система, животноводческий комплекс, природная среда, модель, система мониторинга, подземные и поверхностные воды, загрязнение природной среды.

**Abstract.** The optimization of monitoring natural-technogenic systems (NTS) contacts to development and introduction of new techniques of designing of models of researched systems representing complex objects of a natural-technical origin. In given clause the original technique of organization and conducting monitoring NTS, developed by the author is examined on the basis of structural modeling of complex natural-technical interactions. The offered technique bases on a target direction of the control, forecast and management of a condition NTS.

**Key words:** natural-technogenic system, stock-raising complex, natural environment, model, system of monitoring, underground and superficial waters, contamination of natural environment

## Введение

К техногенным объектам сельскохозяйственного профиля, негативно воздействующих на окружающую среду, относятся крупные животноводческие комплексы, являющиеся источниками накопления большого количества навоза и сточных вод, которые в случае их неправильного хранения и переработки создают экологическую опасность для природной среды. Вопросы организации мониторинга данного рода природно-техногенных взаимодействий рассматриваются на примере животноводческого комплекса СХПК «Коллективист» Никифоровского района Тамбовской области.

Данный техногенный объект представляет собой крупный животноводческий комплекс по выращиванию и откорму свиней (максимальная проектная производительность откорма – 24 000 голов свиней в год) и функционирует с 1974 года.

Проектом не были предусмотрены природоохранные мероприятия современного уровня требований. В частности, на комплексе распространено бесподстилочное содержание животных с гидросмывом экскрементов. Пруды-накопители для жидкой фракции навоза расположены в пойме ручья – правого притока р. Польной Воронеж. В 1 км восточнее территории комплекса находится населенный пункт с. Степановка. В 1 км севернее навозонакопителей комплекса – х. Петр Есаулов.

В этой связи возникла необходимость дать геоэкологическую оценку территории животноводческого комплекса, выявить зону влияния этого предприятия на различные компоненты геологической среды, дать прогноз неблагоприятных воздействий комплекса на общую экологическую ситуацию.

Крупные животноводческие комплексы используют значительное количество воды. Особое значение при этом имеет способ удаления навоза – до половины расходуемой воды тратится на гидросмыв навоза из помещений комплекса. При нормах потребления воды в 25–60 л/сут на 1 голову [1, 2] на животноводческом комплексе совхоза «Коллективист» расходуется 40 л. Количество жидкого навоза, поступающего от свиноводческого комплекса, составляет ориентировочно 600 т/сут (около 220 тыс. т в год).

Животноводческий комплекс расположен на правом берегу реки Польной Воронеж (вторая надпойменная терраса). В 500 м севернее комплекса находятся его очистные сооружения – навозо-накопители.

*Геолого-гидрогеологические условия* исследуемой территории характеризуются развитием четвертичных (современный аллювиальный и верхнечетвертичный водоносные горизонты) и девонских (верхнефаменский) водоносных горизонтов. Водоносные горизонты разделены достаточно мощным водоупором, представленным неогеновыми глинами, местами с прослоями песка. Мощность водоупорных отложений до 40–45 м.

#### **Проблемы эксплуатации животноводческого комплекса**

Значительное поголовье комплекса определяет и масштабы отходов животноводства, а соответственно, и величину техногенной нагрузки на геологическую среду. Очагом потенциально активного техногенного воздействия является участок навозонакопителей. Годовая величина отходов, поступающих с комплекса в навозонакопители, составляет: навоза – 25543 т/год, жидких отходов – 12673 т/год. Всего отходов – 38216 т/год.

К неблагоприятным факторам, повышающим риск загрязнения, относится неглубокое залегание уровня грунтовых вод в районе комплекса и навозонакопителей. Глубина залегания, как правило, не превышает 5 м. Вторым фактором являются сами очистные сооружения, требующие проведения реконструктивных мероприятий.

Загрязнению оказалось подвержено правобережье долины р. Польной Воронеж. На исследуе-

мой территории выявлена зона нитратного загрязнения грунтовых вод площадью более 3 км<sup>2</sup>. Повышенные содержания нитратов отмечены в колодцах с. Степановка, расположенном в 1 км ниже по потоку грунтовых вод от свинокомплекса. Концентрации нитратов в подземных водах, эксплуатируемых местным населением с помощью колодцев, превышают ПДК (68–560 мг/дм<sup>3</sup>). Грунтовые воды характеризуются как гидрокарбонатно-нитратные кальциево-натриевые, солоноватые с минерализацией более 1 г/дм<sup>3</sup>.

В разбавленных сточных водах навозонакопителей содержится большое количество азота аммонийного (89–95 мг/дм<sup>3</sup>), фосфатов (31–37 мг/дм<sup>3</sup>), перманганатная окисляемость составляет – 45–88 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Характерно также повышенное содержание кремнекислоты (40–50 мг/дм<sup>3</sup>).

Нитратное загрязнение грунтовых вод связано с прямой инфильтрацией нитратов в горизонт, а также с окислением азота аммонийного по пути его миграции в грунтовом потоке от животноводческого комплекса в сторону с. Степановка и р. Польной Воронеж. В колодцах с. Степановка концентрации аммонийного азота очень низкие, что свидетельствует о его полной трансформации в окисленные формы азота нитратного в условиях хорошей аэрации верхней зоны гидрогеологического разреза.

Наблюдения за химическим составом реки Польной Воронеж позволяют сделать выводы, что загрязнение реки нитратами отсутствует. Это связано с процессами самоочищения реки. В ручье, протекающем через навозонакопители, концентрации загрязняющих компонентов в его верхнем течении достаточно велики. Минерализация составляет 2,9–3,1 г/дм<sup>3</sup>, концентрации нитратов – 164 мг/дм<sup>3</sup>, нитритов – 8,5 мг/дм<sup>3</sup>, азота аммонийного – 21 мг/дм<sup>3</sup>, фосфатов – 20,4 мг/дм<sup>3</sup>, сульфатов – 1789 мг/дм<sup>3</sup>, кальция – 564 мг/дм<sup>3</sup>.

Достаточно качественными на сегодняшний день остаются воды верхнедевонского водоносного горизонта, служащего основным эксплуатационным горизонтом. По химическому типу воды верхнедевонского горизонта гидрокарбонатные кальциевые, пресные (минерализация – 0,33 г/дм<sup>3</sup>).

Таким образом, в пределах исследуемой территории выявлен очаг нитратного загрязнения грунтовых вод (до 10–12 ПДК) на площади более 3 км<sup>2</sup> (животноводческий комплекс – с. Степановка). Очаг загрязнения представляет собой экологическую угрозу для частного водоснабжения с. Степановка (реально) и х. Петр Есаулов (потенциально),

а также для основного водотока района – реки Польной Воронеж. В случае технической неисправности водозаборных скважин, расположенных близ свинокомплекса, возможно проникновение нитратов по затрубному пространству в верхнедевонский водоносный горизонт.

### Организация мониторинга ПТС

В основе ведения мониторинга ПТС «Животноводческий комплекс «Коллективист» – природная среда» лежит ее структурная модель, конструируемая на начальном этапе организации мониторинга [3]. Стадия работ на исследуемом объекте отвечает стадии организации мониторинга. Ранее мониторинговые работы на объекте не проводились. Из наблюдательных пунктов имеются лишь две водозаборных скважины, на которых ранее были проведены разовые наблюдения. Рекомендуемая структура сети мониторинга базируется на авторской методике организации мониторинга ПТС [4].

**Техногенным объектом** является сельскохозяйственное предприятие. **Защищаемыми объек-**

**тами**, которые могут быть подвержены техногенному влиянию, являются: река Польной Воронеж, водозабор свинокомплекса, подземные воды участков с. Степановка и х. Петр Есаулов, используемые для частного водоснабжения местным населением с помощью колодцев. Защищаемые объекты определяют пространственные границы данной ПТС.

Следуя алгоритму организации и ведения мониторинга ПТС, проводим операцию по определению совокупности векторов мониторинга и их характеристике. Для исследуемой ПТС рекомендуются следующие векторы мониторинга (рис. 1–3):

- вектор мониторинга А1: комплекс → с. Степановка;
- вектор мониторинга А2: навозоаккумуляторы → с. Степановка;
- вектор мониторинга В: комплекс → река Польной Воронеж;
- вектор мониторинга С : навозоаккумуляторы → х. Петр Есаулов;
- вектор мониторинга D: комплекс → водозабор комплекса.

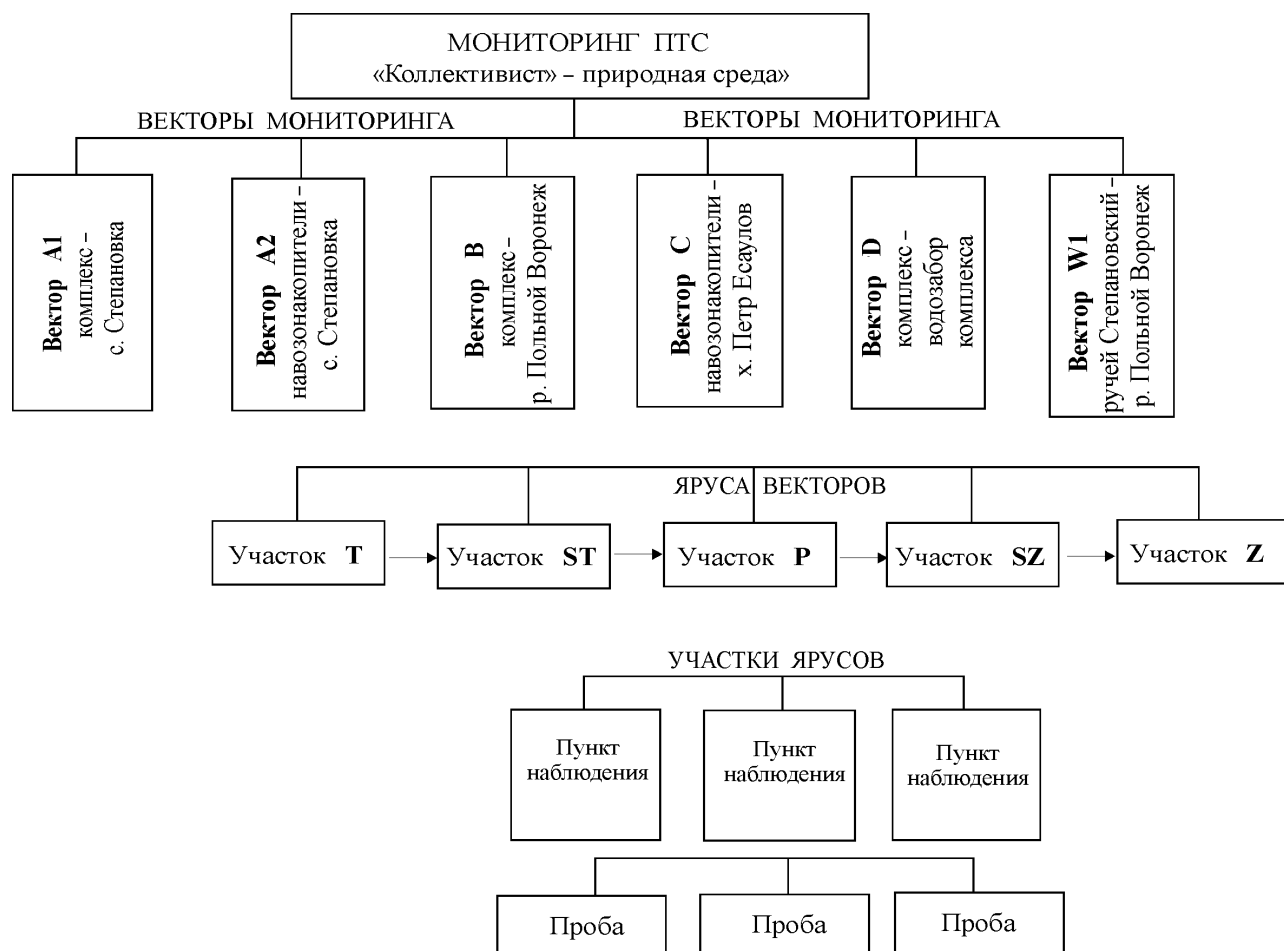


Рис. 1. Принципиальная модель структурной организации мониторинга ПТС «Комплекс "Коллективист" – природная среда»

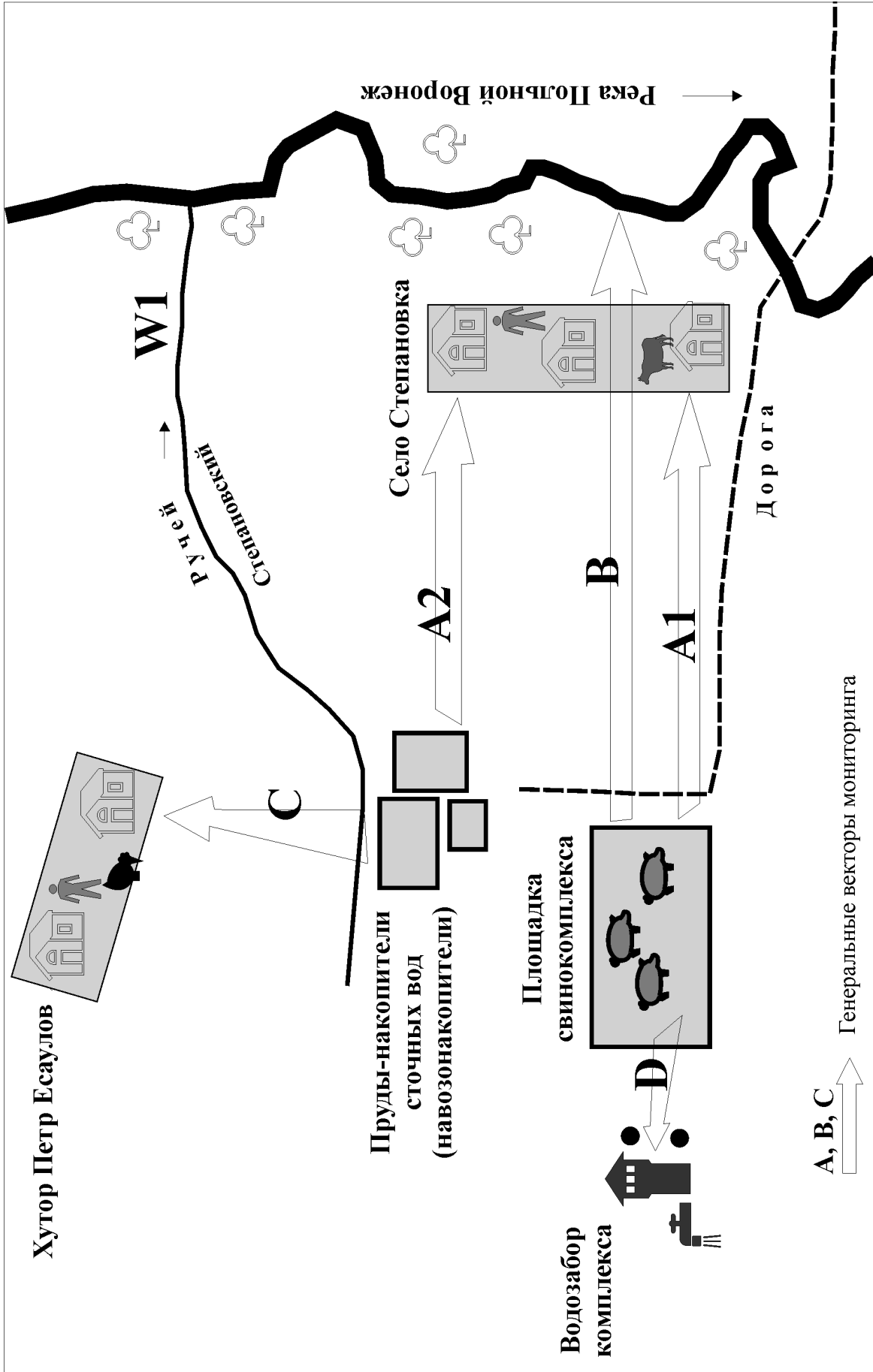


Рис. 2. Модель ПТС «Комплекс «Коллективист» – природная среда» в граничных объектах и генеральные векторы мониторинга

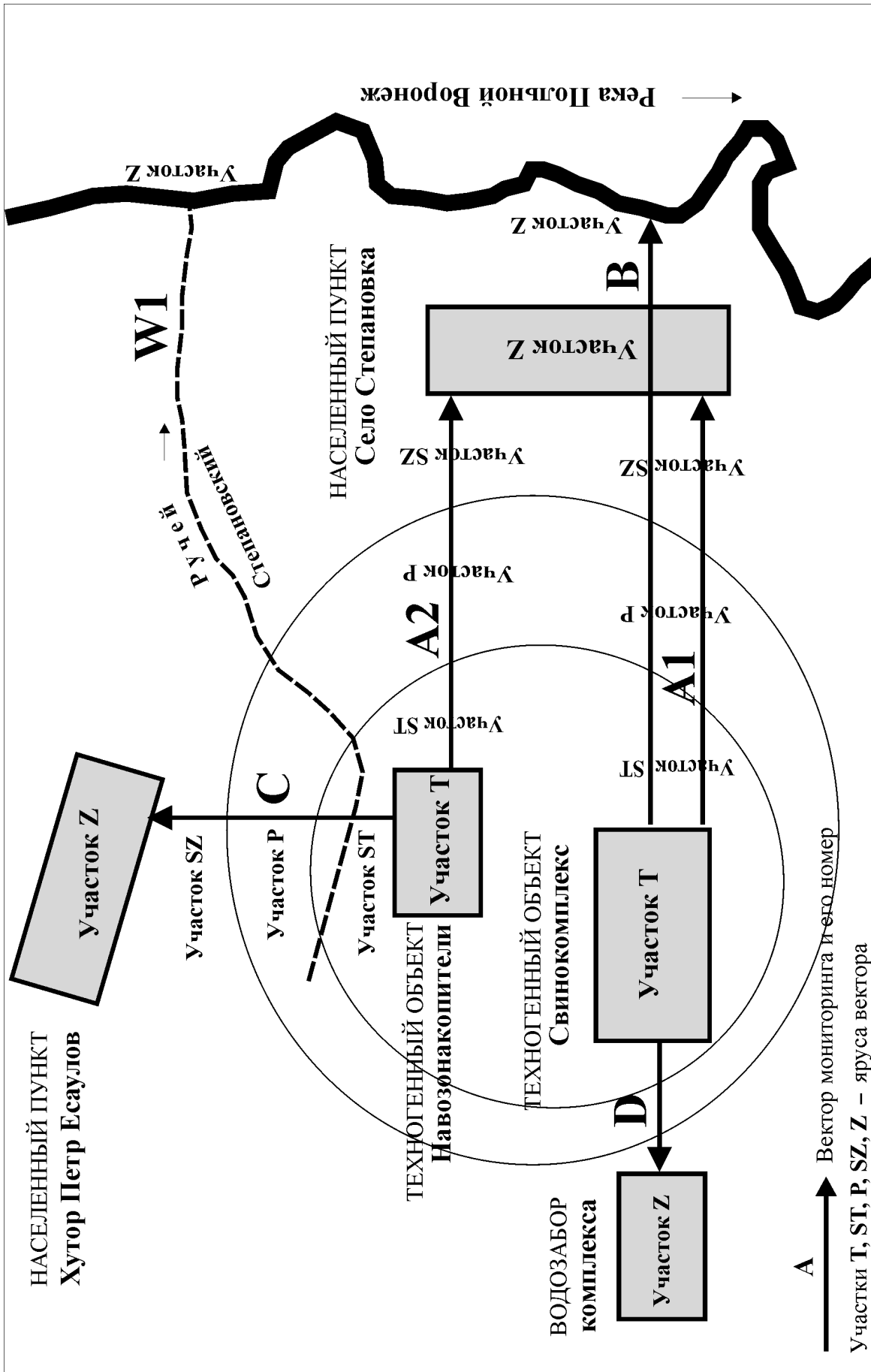


Рис. 3. Принципиальная схема структуры мониторинга ППС «Коллективист» – природная среда»

Таким образом, выделено пять генеральных линий мониторинга, по которым должен проводиться контроль (вектор В «Комплекс → река Польной Воронеж» совпадает по ориентировке с вектором А и может рассматриваться как вектор «А+В»). При этом, следует отметить, что наряду с основными линиями контроля могут иметь место и дополнительные, со своей ориентировкой, зависящей от решения специальных задач исследования. Однако равновесие системы будет оцениваться по генеральным векторам мониторинга.

С экологической точки зрения, основным направлением контроля является химический состав. В частности, наблюдения прошлых лет показали, что компонентами, превышающими нормативные значения, являются соединения азота (аммоний, нитраты), фосфаты, кремниеслота, показатели жесткости, окисляемости, минерализации, бактериологические показатели. Наибольшая площадь загрязнения выделяется в подземных водах по нитратам.

Таким образом, в качестве основных гомеостатических показателей для рассматриваемой ПТС должны выступать концентрации нитратов и аммония, микробиологические показатели (микробное число, коли-индекс), окисляемость, а также традиционные показатели минерализации, жесткости. Уровень гомеостатических концентраций должен соответствовать рекомендуемым нормативными документами, если не предусмотрены специальные условия.

### Характеристика векторов мониторинга

Характеристика основных направлений контроля – векторов мониторинга – приводится согласно рекомендуемому паспорту векторов мониторинга ПТС [4].

#### Вектор мониторинга А1

1. Наименование вектора – вектор А1.
2. Направленность вектора: комплекс → с. Степановка.
3. Протяженность вектора – 1,25 км.
4. Структура вектора. В пределах вектора в настоящий момент имеются наблюдательные пункты, отвечающие ярусам – SZ и Z. Факторы выделения границ – техногенный, геоморфологический, гидродинамический, литологический, геометрическая пропорциональность. Отсутствуют яруса Т, ST и P. Учитывая, что защищаются подземные воды населенного пункта, присутствие данных ярусов в векторе обязательно (минимально – ST и P).
5. Характеристика элементов векторной оси.

**Участок Т:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта в пределах контура площадки комплекса (центральная или восточная часть).

**Участок ST:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к территории комплекса с востока в 0,25 км.

**Участок P:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта на участке между комплексом с. Степановка – в 0,5–0,7 км восточнее комплекса.

**Участок SZ:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к с. Степановка с запада в 0,25 км.

**Участок Z:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта в пределах с. Степановка (южная и центральная части села).

6. Наблюдательные пункты (рис. 4).

Участок Z характеризуется наблюдательным пунктом № 2 (колодец), участок SZ – пунктом № 13 (колодец), которые могут обеспечить контроль уровня и химического состава подземных вод верхней зоны верхнечетвертичного горизонта.

На участках P, ST и T необходимо оборудование наблюдательных скважин (одна скважина на участок) для контроля уровня и химического состава подземных вод верхнечетвертичного горизонта.

7. Основной вид связи между элементами вектора – гидравлический, предопределен гидродинамикой потока подземных вод и проницаемостью пород; основное направление потока – от комплекса к с. Степановка.

Комплекс → подземные воды участка T, вид связи – инфильтрация техногенных отходов. Воды участка T → воды участка ST, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос. Воды участка ST → воды участка SZ, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос. Воды участка SZ → грунтовые воды в пределах села, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос и дренирование.

8. Вид нарушения устойчивости в пределах вектора: техногенное загрязнение подземных вод нитратами.

9. Основные факторы, выводящие систему из устойчивого состояния: наличие стоков, загрязненных аммонием, нитратами.

10. Концентрации загрязняющих компонентов (и общие физико-химические показатели) в структурных элементах вектора относительно ПДК.

Участок Т: нет данных.

Участок ST: нет данных.

Участок P: нет данных.

Участок SZ: колодец № 13 – нитраты – 10–12 ПДК, минерализация – 1,9 ПДК.

Участок Z: колодец № 2 – нитраты – 1,5 ПДК, минерализация – 1 ПДК.

11. Гомеостатические границы. Определяются нормативными документами (ГОСТ, СанПиН). На настоящий момент времени **вектор А1** по ярусам характеризуется:

ярус Z (защищаемый объект) – неустойчивое положение;

ярус SZ – неустойчивое положение.

12. Наблюдается миграция нитратов в сторону защищаемого объекта.

13. Прогнозные оценки ранее не выполнялись. На настоящий момент времени актуальным является прогноз миграции основного загрязняющего соединения – нитратов.

14. Рекомендуемые мероприятия: организация сети мониторинга и осуществление непрерывного контроля на наблюдательных пунктах, упорядочение технологического режима эксплуатации комплекса, исключение из водопользования колодцев, оборудованных на верхнечетвертичный горизонт с переходом на централизованное водоснабжение (наилучший вариант) или на колодцы с большей глубиной эксплуатации в пределах четвертичного горизонта (выбор глубины колодца должен определяться особенностью миграции нитратов по глубине).

Последующая характеристика векторов мониторинга приводится по упрощенной схеме.

#### **Вектор мониторинга А2**

Направленность вектора: навозонакопители → с. Степановка.

Протяженность вектора – 1,25 км.

Структура вектора. В пределах вектора в настоящий момент имеются наблюдательные пункты, отвечающие ярусам – Т и Z.

Основной вид связи между элементами вектора – гидравлический, предопределен гидродинамикой потока подземных вод и проницаемостью пород; основное направление потока – от навозонакопителей к с. Степановка.

Навозонакопители → подземные воды участка Т, вид связи – инфильтрация техногенных стоков. Воды участка Т → воды участка ST, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос. Воды участка ST → воды участка SZ, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос. Воды участка SZ → грунтовые воды в пределах села, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос и дренирование.

Вид нарушения устойчивости в пределах вектора: техногенное загрязнение подземных вод нитратами.

Основные факторы, выводящие систему из устойчивого состояния: наличие стоков загрязненных аммонием, нитратами.

Гомеостатические границы. На настоящий момент времени **вектор А2** по ярусам характеризуется:

ярус Z (защищаемый объект) – неустойчивое положение;

ярус SZ – неустойчивое положение.

Наблюдается миграция нитратов в сторону защищаемого объекта.

#### **Вектор мониторинга В**

Направленность вектора: комплекс → река Польной Воронеж.

Протяженность вектора – 1,5–1,7 км.

Структура вектора. В пределах вектора в настоящий момент имеются наблюдательные пункты, отвечающие ярусам – Z. Отсутствуют яруса Т, ST, SZ и Р. Учитывая, что р. Польной Воронеж – основной водоток района, присутствие данных ярусов в векторе обязательно.

Характеристика элементов векторной оси. **Участок Т:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта в пределах контура площадки комплекса.

**Участок ST:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к комплексу с востока в 0,25 км.

**Участок Р:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к с. Степановка с запада в 0,25 км.

**Участок SZ:** подземные воды современно-четвертичного горизонта на участке, примыкающем к р. Польной Воронеж с запада. **Участок Z:** воды р. Польной Воронеж (участок близ мостового перехода).

Основной вид связи между элементами вектора – гидравлический, предопределен гидродинамикой потока подземных вод и проницаемостью пород; основное направление потока – от комплекса к р. Польной Воронеж.

Комплекс → подземные воды участка Т, вид связи – инфильтрация техногенных стоков. Воды участка Т → воды участка ST, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос. Воды участка ST → воды участка SZ, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос. Воды участка SZ → воды реки, вид связи – естественное дренирование.

Вид нарушения устойчивости в пределах вектора: техногенное загрязнение подземных вод нитратами.

Гомеостатические границы. На настоящий момент времени **вектор В** по ярусам характеризуется:

ярус Z (защищаемый объект) – устойчивое положение;

ярус SZ – нет данных.

Наблюдается миграция нитратов в сторону защищаемого объекта.

Рекомендуемые мероприятия: организация сети мониторинга и осуществление непрерывного контроля на наблюдательных пунктах, упорядочение технологического режима эксплуатации комплекса (своевременная очистка накопителей жидкой фракции навоза для предотвращения их переполнения, сопровождающееся сбросом невыдержанной жидкой фракции в ручей, регулируемое разбавление и очищение сточных вод в прудах-накопителях, организация подстилочного содержания животных).

### **Вектор мониторинга С**

Направленность вектора: навозонакопители → х. Петр Есаулов.

Протяженность вектора – 1 км.

Структура вектора. В пределах вектора в настоящий момент имеются наблюдательные пункты, отвечающие лишь ярусу – Т. Отсутствуют яруса ST, P, SZ и Z. Учитывая, что защищаются подземные воды населенного пункта, присутствие данных ярусов в векторе обязательно (минимально – ST, SZ и Z).

Характеристика элементов векторной оси. **Участок Т:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта в пределах контура площадки навозонакопителей. **Участок ST:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к навозонакопителям с севера в 0,25 км. **Участок P:** воды верхнечетвертичного горизонта на участке между навозонакопителями и х. Петр Есаулов – в 0,5 км севернее навозонакопителей. **Участок SZ:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к х. Петр Есаулов, в 0,25 км южнее. **Участок Z:** подземные воды верхнечетвертичного горизонта в пределах х. Петр Есаулов (южная и юго-западная части хутора).

Основной вид связи между элементами вектора – гидравлический, предопределен преимущественно гидродисперсией и диффузией вещества подземных вод и проницаемостью пород.

Навозонакопители → подземные воды участка Т, вид связи – инфильтрация техногенных стоков. Воды участка Т → воды участка ST, вид связи – диффузионно-конвективный массоперенос. Воды участка ST → воды участка SZ, вид связи – диффузионный массоперенос. Воды участка SZ → грунтовые воды в пределах хутора, вид связи – диффузионный массоперенос и искусственное дренирование.

Гомеостатические границы. На настоящий момент времени **вектор С** по ярусам характеризуется:

ярус Z (защищаемый объект) – нет данных;

ярус SZ – нет данных.

Возможна миграция нитратов в сторону защищаемого объекта.

### **Вектор мониторинга D**

Направленность вектора: комплекс → водозабор комплекса.

Протяженность вектора – 0,15 км.

Структура вектора. В пределах вектора в настоящий момент имеются наблюдательные пункты, отвечающие лишь ярусу Z. Отсутствуют яруса Т, ST, P и SZ. Учитывая, что защищаются подземные воды основного эксплуатационного горизонта, присутствие данных ярусов в векторе обязательно (минимально – ST и SZ).

**Комментарий:** Данный вектор имеет сложную структуру и специфичен по отношению к другим векторам, так как его направленность имеет диагональный характер (преимущественно – вертикальное направление вектора); защищаемый объект – подземные воды верхнедевонского горизонта залегают на глубине 55 м.

Характеристика элементов векторной оси. **Участок Т:** подземные воды верхней зоны верхнечетвертичного горизонта в пределах контура площадки комплекса (центральная или западная часть). **Участок ST:** подземные воды средней зоны верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к западной границе комплекса. **Участок P:** подземные воды нижней зоны верхнечетвертичного горизонта на участке, примыкающем к водозабору с востока. **Участок SZ:** подземные воды верхнедевонского горизонта на участке, примыкающем к водозабору с востока. **Участок Z:** подземные воды верхнедевонского горизонта в пределах водозабора.

Наблюдательные пункты (рис. 4).

Участок Z характеризуется наблюдательными пунктами № 4 и 5 (водозаборные скважины), предназначенными для контроля химического состава подземных вод верхнедевонского горизонта.

Основной вид связи между элементами вектора – гидравлический; в случае наличия гидрогеологических окон в неогеновом водоупоре возможна миграция загрязнителей за счет искусственного дренирования (работа водозабора), диффузии и плотностного осаждения.

Комплекс → подземные воды участка Т, вид связи – инфильтрация техногенных отходов. Воды участка Т → воды участка ST, вид связи – диффузия



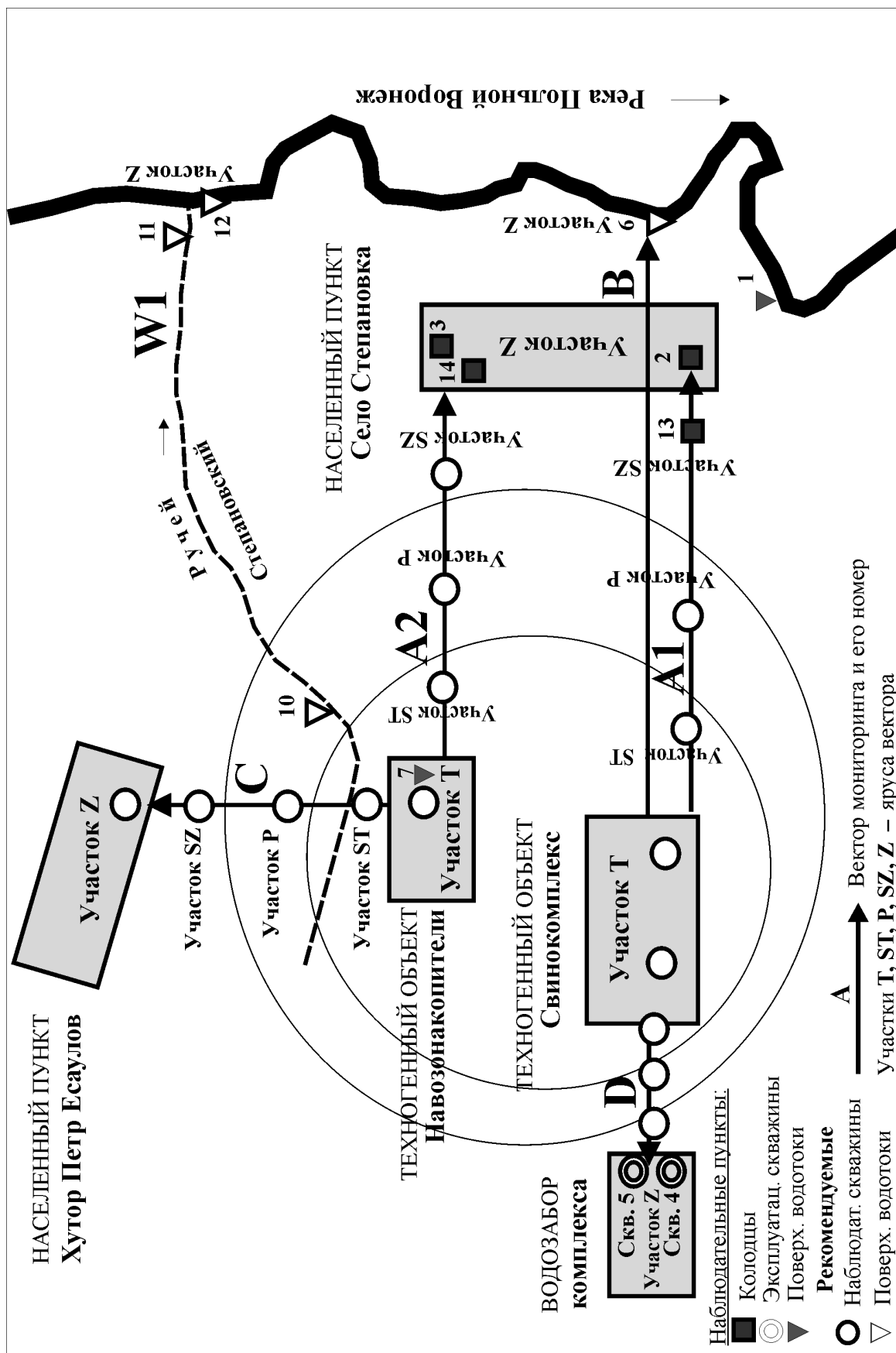


Рис. 4. Оптимизация модели ПТС «Коллективист» – природная среда» и структуры сети ее мониторинга

и искусственное подтягивание вод (дренирование). Воды участка ST → воды участка SZ, вид связи – диффузия и искусственное дренирование. Воды участка SZ → воды водозабора, вид связи – искусственное дренирование.

Вид нарушения устойчивости в пределах вектора: возможно техногенное загрязнение подземных вод нитратами.

Гомеостатические границы. На настоящий момент времени **вектор D** по ярусам характеризуется: ярус Z (защищаемый объект) – устойчивое положение;

ярус SZ – устойчивое положение (предположительно).

Рекомендуемые мероприятия: организация сети мониторинга и осуществление непрерывного контроля на наблюдательных пунктах, упорядочение технологического режима эксплуатации комплекса, строгое соблюдение правил технической эксплуатации водозаборных скважин (загрязнение не должно проникать по затрубному пространству скважин, режим водоотбора не должен существенно изменять гидродинамические условия в пределах площадки).

Данные вектора мониторинга выстроены по главнейшим элементам природной подсистемы ПТС – подземным водам. Наряду с подземными водами весьма важными элементами системы являются поверхностные воды, связанные с защищаемым объектом – р. Польной Воронеж. К таковому относятся воды ручья Степановский. Указанный водоток впадает в р. Польной Воронеж в 1,4 км северо-восточнее с. Степановка. В данном случае понятие «вектор» можно использовать с долей условности, тем не менее он будет также отражать целевое назначение контроля.

### **Вектор мониторинга W1**

#### **«руч. Степановский – р. Польной Воронеж»**

Вектор «ручей Степановский – р. Польной Воронеж» имеет важное значение в мониторинге в силу загрязнения вод ручья (верхнее течение, близ навозонакопителей) аммонием (10 ПДК), нитратами (4 ПДК), нитритами (3 ПДК), фосфатами (6 ПДК), сульфатами (4 ПДК), при минерализации 3 ПДК и высокой жесткости.

Таким образом, воды ручья Степановского могут выступать в качестве прямого загрязнителя реки Польной Воронеж и требуют постоянного контроля. Протяженность данного вектора оценивается протяженностью ручья от навозонакопителей до реки и составляет 2,5 км.

Контрольными пунктами являются т. н. 11 (приустьевая часть ручья), т. н. 10 (верхнее течение) и т. н. 12 (р. Польной Воронеж, участок ниже впадения ручья). Таким образом, данные пункты наблюдения можно рассматривать, согласно структурной характеристике вектора, следующим образом: т. н. 10 – участок ST, т. н. 11 – участок SZ, т. н. 12 – защищаемый участок Z. Форма связи – естественное дренирование.

В целом на сегодняшний момент исследуемая ПТС оценивается как неустойчивая по ярусам SZ и Z в пределах векторов мониторинга A1 и A2 и как вышедшая из равновесия по ярусу SZ (периодически) в пределах вектора W1 «руч. Степановский – р. Польной Воронеж». Такое положение требует проведения управленческих мероприятий, в частности исключения из водоснабжения загрязненных водопунктов (колодцев) в с. Степановка с переходом на централизованную подачу воды из девонских скважин или на колодцы большей глубины.

Помимо генеральных пунктов контроля в сеть мониторинга данной ПТС могут входить и вспомогательные наблюдательные пункты, предназначенные для оценки фонового (природного) состояния подземных вод, выявления площади и уровня загрязнения и т. д. Однако ядром в проведении мониторинга ПТС будет являться генеральная сеть наблюдений, функционирующая в пределах выбранных векторов мониторинга (рис. 4).

Нормальным функционированием системы будет являться устойчивость ее граничных элементов – защищаемых объектов. Оптимальным функционированием системы будет являться устойчивость ярусов SZ генеральных векторов мониторинга, особенно если их устойчивость прогнозируется на будущее.

Частоту контроля генеральных пунктов рекомендуется определить 4 раза в год (по сезонам года); по отдельным пунктам наблюдения, имеющим благоприятные характеристики или выраженную стабильность своего состояния, можно ограничиться 2 наблюдениями в год.

Наряду с собственно мониторинговыми работами рекомендуется проведение специальных исследований, позволяющих лучше понимать происходящие в системе процессы: изучение трансформаций азотных соединений и условий их миграции в подземных водах (окисление азота аммонийного до азота нитратного по пути миграции с потоком подземных вод в аэробной среде, процессы самоочищения в горизонте, миграция азотов по вертикали за счет диффузии); работы по оценке защитной способности реки Польной Воронеж и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бочаров В. Л.* Геоэкологическая оценка территории совхоза «Коллективист» Никифоровского района Тамбовской области / В. Л. Бочаров, Ю. М. Зинюков, Д. Н. Панков // Вопросы региональной экологии: Тез. докл. II Областной научно-технической конференции. – Тамбов, 1995. – С. 24–25.

2. *Зинюков Ю. М.* Экологические проблемы хранения отходов крупного животноводческого комплекса / Ю. М. Зинюков // Методы исследования, паспортизации и переработки отходов : Тез.

докл. II Межгосудар. научно-практической конференции. – Пенза, 1994. – Ч. 1. – С. 53–54.

3. *Зинюков Ю. М.* Методические основы конструирования и анализа структурно-иерархических моделей природно-технических экосистем / Ю. М. Зинюков // Вест. Воронеж. ун-та. Сер.: Геология. – 2001. – № 11. – С. 210–222.

4. *Зинюков Ю. М.* Методические основы организации мониторинга природно-технических экосистем на основе их структурно-иерархических моделей / Ю. М. Зинюков // Вест. Воронеж. ун-та. Сер.: Геология. – 2002. – № 13. – С. 235–242.

*Воронежский государственный университет  
Ю. М. Зинюков, доцент кафедры инженерной  
геологии, гидрогеологии и геоэкологии  
Тел. 8-908-134-77-39  
E-mail: zinukov@rambler.ru*

*Voronezh State University  
Yu. M. Zinyukov, associate professor, chair Engi-  
neering geology, hydrogeology and geoecology  
Tel. 8-908-134-77-39  
E-mail: zinukov@rambler.ru*