

# АОЗТ "Тяжпромавтоматика"



Утверждаю

Директор

Н.А.Кубышкин

2007 г.

## ГП "Кривбасшахтозакриття"

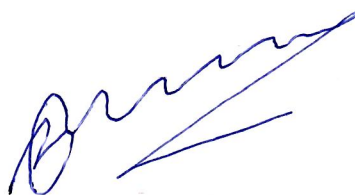
**"Оценка воздействия на окружающую среду и п. Широкое пруда-накопителя шахтных вод в б. Свистунова при аварийной ситуации с прорывом его дамбы"**

Заключительный отчет  
х.д. № 14пр-0710-07 от 18.07.07 г.

Харьков, 2007 г.

## Список исполнителей

Ответственный исполнитель,  
ведущий научный сотрудник,  
к.г.-м.н.



Львов Б.Д.

Ведущий инженер



Киптилая Е.А.

Ведущий инженер



Крапивник А.Б.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРУДА-НАКОПИТЕЛЯ ШАХТНЫХ ВОД В БАЛКЕ СВИСТУНОВА.....</b>	<b>8</b>
1.1. Основные показатели объекта.....	8
1.2. Уровненный режим и химический состав шахтных вод в пруду-накопителе.....	11
1.3. Вопросы устойчивости плотины пруда-накопителя в б. Свистунова.....	14
<b>2. ХАРАКТЕРИСТИКА АВАРИЙ НА НАКОПИТЕЛЯХ ПРОМСТОКОВ.....</b>	<b>17</b>
<b>3. ОБЩИЙ СЦЕНАРИЙ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРУДЕ-НАКОПИТЕЛЕ ШАХТНЫХ ВОД В Б. СВИСТУНОВА.....</b>	<b>20</b>
<b>4. ОСНОВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРУДА-НАКОПИТЕЛЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....</b>	<b>27</b>
<b>5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА РЕАЛЬНЫХ СЛОЖНЫХ РЕЛЬЕФАХ ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ.....</b>	<b>29</b>
5.1. Методика определения зон затопления на реальном рельефе пересеченной местности.....	29
5.2. Определение зон затопления в случае возникновения аварийной ситуации на пруде-накопителе.....	31
5.2.1. Результаты моделирования зоны затопления.....	31
5.2.2. Зона затопления в пределах п.г.т. Широкое.....	34
<b>6. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ЗОНЕ РАСТЕКАНИЯ ПОТОКА.....</b>	<b>36</b>
6.1. Методика оценки воздействия на водные объекты в зоне растекания потока.....	36
6.2. Моделирование качества воды р. Ингулец в условиях аварийной ситуации на пруду – накопителе в б. Свистунова.....	44
6.3. Характеристика реки Ингулец – приемника сточных вод при аварийной ситуации на пруде-накопителе.....	48
6.4. Характеристика качества воды в пруду-накопителе.....	51
6.5. Расчет времени распространения зон опасного аварийного загрязнения и качества воды р. Ингулец при аварийной ситуации на пруде-накопителе.....	51
<b>7. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕХНОГЕННУЮ СРЕДУ В ЗОНЕ РАСТЕКАНИЯ ПОТОКА.....</b>	<b>57</b>
<b>8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ.....</b>	<b>58</b>
8.1. Мероприятия по локализации последствий аварии.....	58
8.2. Мероприятия по ликвидации последствий аварии.....	59
8.3. Мониторинг окружающей природной среды.....	60
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>62</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>66</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Прогноз аварийной ситуации на пруде-накопителе шахтных вод в б. Свистунова выполнен АОЗТ «Тяжпромавтоматика» по заказу ГП «Шахтозакриття», согласно предписанию Криворожской региональной государственной экологической инспекции, а также службы МЧС.

Пруд-накопитель шахтных вод в б. Свистунова рассматривается как аварийно опасный объект [4], который, в случае возникновения на нем аварийной ситуации, может привести к значительному экологическому и экономическому ущербу.

Прогноз аварийной ситуации на пруде-накопителе шахтных вод в б. Свистунова включает оценку последствий прохождения волны разлива при прорыве плотины пруда-накопителя, в т.ч. оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) и п.г.т. Широкое.

Оценка воздействия пруда-накопителя шахтных вод в б. Свистунова на окружающую среду в случае возникновения аварийной ситуации выполнена при участии специалистов Украинского НИИ экологических проблем Министерства охраны окружающей природной среды Украины. Разработка сценариев аварийных ситуаций, возможных на пруде-накопителе шахтных вод в б. Свистунова, и определение опасных зон, образующихся в результате прорыва плотины, проведены АОЗТ «Тяжпромавтоматика».

Оценка воздействия пруда-накопителя шахтных вод в б. Свистунова на окружающую среду в случае возникновения аварийной ситуации разработана с учетом реального режима эксплуатации пруда-накопителя. При разработке сценариев аварийных ситуаций рассматривался наиболее неблагоприятный участок плотины, в результате разрушения которого будет причинен максимальный ущерб окружающей среде.

В разделе ОВОС приводятся: характеристики аварий и их сценарии; параметры опасных зон; оценка основных экологических последствий аварий;

рекомендации в части мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий.

В отличие от штатных ситуаций эксплуатации пруда-накопителя, когда прямое негативное воздействие гидротехническое сооружение оказывает на подземные воды, в случае аварии, связанной с прорывом плотины, воздействию будут подвержены, в первую очередь, поверхностные воды, почвы и объекты техногенной среды. Поэтому особое внимание при разработке ОВОС уделено расчету и детальной оценке границ зон затопления, а также оценке влияния аварии на п.г.т. Широкое и реку Ингулец.

В качестве исходной информации при разработке ОВОС были использованы результаты расчетов параметров прорана в теле плотины и предполагаемой трассы движения потока по прилегающей к пруду-накопителю шахтных вод местности при прорыве плотины пруда-накопителя, выполненных в 2002 г. специалистами ГАК «Укррудпром».

В процессе разработки раздела ОВОС были использованы материалы:

- обследования и паспортизации сооружений пруда-накопителя шахтных вод в балке Свистунова, ОАО «Укрводпроект», Киев, 2002 г.,
- отчета о НИР «Выдать заключение о состоянии дамбы пруда-накопителя шахтных вод в балке Свистунова по материалам подповерхностного зондирования сооружения», выполненных ГЦИУ «УкрВОДГЕО» (г. Киев) в 2005 г. [1];
- отчета о НИР «Расчет зоны возможного затопления при разрушении плотины пруда-накопителя в балке Свистунова (для отметок 84,7 м; 86,2 м; 88,3 м)», выполненной ГАК «Укррудпром» в 2002 г. [2];
- отчета о НИР «Прогноз аварийной ситуации на хвостохранилище ИнГОКа», выполненный ГПИ «Кривбасспроект» и АОЗТ «Тяжпромавтоматика» в 2003 г. [3];

- отчета о НИР «Прогноз аварийной ситуации на хвостохранилище ОАО «СевГОК», выполненной АОЗТ «Тяжпромавтоматика» в 2006 г. [4];
- отчета о НИР «Оценить на основе гидродинамического и гидрохимического моделирования зоны влияния и масштабы загрязнения подземных водоносных горизонтов фильтрационными водами из пруда-накопителя в б. Свистунова», выполненный АОЗТ «Тяжпромавтоматика» в 2006 г. [5];
- нормативно-методические и инструктивные документы по безопасности при эксплуатации хвостовых хозяйств;
- нормативно-методические и инструктивные документы по оперативному прогнозированию загрязненности рек;
- данные о гидрологическом и гидрохимическом режимах р. Ингулец (ведомственные, госкомгидромета и КРГЭИ);
- данные об уровненом режиме и химическом составе шахтных вод в пруду-накопителе;
- картографический материал, включающий зону предполагаемого затопления.

В ходе выполнения работ решены следующие задачи:

- сформирован общий сценарий аварийной ситуации, гипотетически возможной на пруде-накопителе шахтных вод в б. Свистунова;
- приняты параметры прорана, образующегося в теле плотины при ее прорыве;
- определена предполагаемая трасса движения потока излива по прилегающей к пруду-накопителю шахтных вод местности;
- определены объекты п.г.т. Широкое, попадающие в предполагаемую зону затопления;
- дана характеристика гидрологического и гидрохимического режимов р. Ингулец до поступления в нее потока излива (характеристика р. Ингулец – приемника сточных вод);

- сформирована математическая модель прогнозирования загрязненности реки при поступлении в нее высокоминерализованных шахтных вод;
- проведено моделирование качества воды р. Ингулец в условиях аварийной ситуации на пруде-накопителе шахтных вод;
- рассчитано время распространения зон опасного аварийного загрязнения воды р. Ингулец при аварийной ситуации на пруде-накопителе;
- разработаны мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварии.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРУДА-НАКОПИТЕЛЯ ШАХТНЫХ ВОД В БАЛКЕ СВИСТУНОВА

## 1.1. Основные показатели объекта.

Пруд-накопитель шахтных вод расположен в балке Свистунова (рис.1) и предназначен для аккумуляции излишков шахтных вод южной группы шахт Кривбасса в объеме до 12 млн. м<sup>3</sup>/год. Сработка пруда-накопителя производится в зимний период в р. Ингулец.

Пруд-накопитель построен в 1974 – 75 г.г. по проекту института "Укргипрпроводхоз". Проектный объем заполнения – 12,2 млн. м<sup>3</sup> при НПУ 88,5 м абс. Класс сооружения:- II (второй).

В состав гидротехнических сооружений входят: земляная плотина, пруд-накопитель (водохранилище), плавучая насосная станция с напорным трубопроводом (рис. 2). Площадь зеркала и объем водохранилища приведены ниже в таблице.

НПУ, м абс.	Площадь зеркала, га	Полный объем, млн. м <sup>3</sup>
81,0 (рекомендованный после ремонта)	72	2,5
88,5 (проектный)	216	12,2

Плотина земляная. Грунты основания: суглинки мощностью 8-9 м с прослоями песка, подстилаются толщей неоднородных песков, среди которых на глубине 10-18 м залегает 6-7 метровый слой известняков трещиноватых кавернозных.

Отметка гребня плотины 90,50 м абс. Максимальный напор 21 м. Строительная высота 25 м. Длина плотины по гребню 1800 м, ширина по гребню 6 - 12 м, ширина по подошве 150 м.

Материал тела плотины: суглинки и глины от желтовато до красновато-бурого цвета плотностью 1,60 - 1,65 г/см<sup>3</sup>.

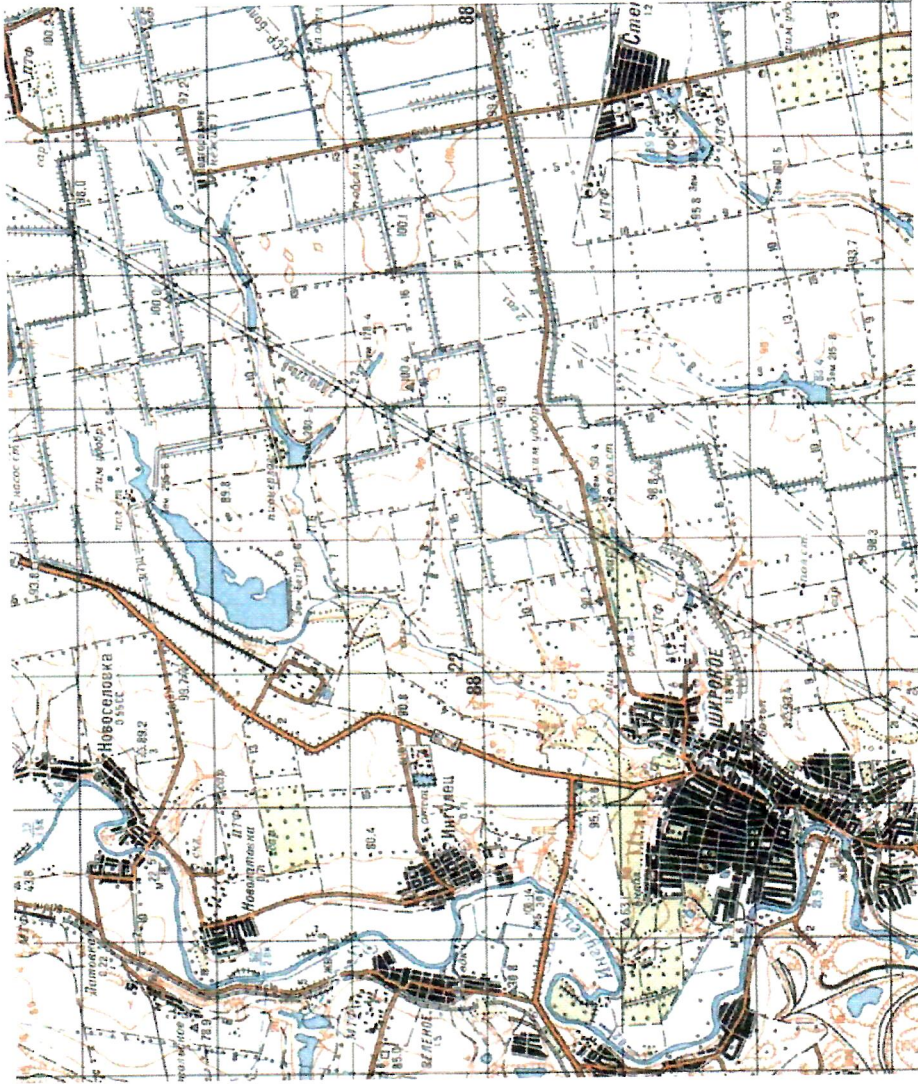


Рис. 1. Ситуационная карта района размещения пруда-накопителя в балке Свистунова



Заложение и тип крепления верхового откоса: 1:3, 1:3,5, крепление - горная масса  $d = 200\div 400$  мм  $t = 120$  см по слою щебня  $t = 30$  см, на отметке 80,00 м - берма шириной 4,0 м.

Противофильтрационные устройства: понур толщиной до 6 м, площадью 1,4 га и противофильтрационный экран по чаше пруда (двухслойный тюфяк из щебня  $d = 3\div 20$  мм,  $t = 20$ -см и  $d = 20\div 40$  мм,  $t = 30$  см) площадью 20,6 га.

По правому борту пруда-накопителя проходит водосбросной канал для сброса воды из расположенного выше пруда совхоза «Латовка».

## **1.2. Уровенный режим и химический состав шахтных вод в пруду-накопителе.**

Химический состав воды в пруду-накопителе принят по данным ГП "Кривбассшахтозакриття" (таблица 1.1).

Основная доля в шахтной воде приходится на хлориды и натрий, которые составляют более 95% всего количества веществ. Сульфаты имеют подчиненное значение (4,3%).

Химический состав сбрасываемых шахтных вод мало изменяется во времени, вода в пруду в многолетнем разрезе характеризуется небольшим ростом минерализации.

Уровни воды в пруду-накопителе поддерживаются на отм. 80 – 82 м. абс., и кратковременно повышаются до 84 – 86 м. абс. В таблице 1.2 даны объемы шахтных вод, которые подавались в пруд-накопитель с 1976 г. по 2000 г. (по материалам ГП "Кривбасспромводоснабжение").

Т.к. в первые годы эксплуатации пруда-накопителя произошло несколько серьезных аварийных потерь минерализованной воды в подземную гидросферу (в связи с разрушением глинистого экрана и образованием просадочных воронок в ложе пруда), рекомендуется поддерживать низкие (до 81-84 м. абс.) уровни воды в пруду.

Таблица 1.1 Химический состав воды пруда-накопителя в б. Свистунова

Вещество	Содержания, мг/л					ПДК, мг/л
	01.01.05	09.11.05				
1. Вода со сброса из магистрального трубопровода в пруд-накопитель						
Минерализация	33280	35558	-	-	-	1000
Хлориды	20355	20018	-	-	-	350
Сульфаты	1257	1286	-	-	-	500
2. Пруд-накопитель у плотины						
Минерализация	36985	36542	-	-	-	1000
Хлориды	21233	20670	-	-	-	350
Сульфаты	1350	1380	-	-	-	500
3. Пруд-накопитель у плотины						
	14.05.02	23.04.03				
Минерализация	29834	28771	-	-	-	1000
Хлориды	17096	16477	-	-	-	350
Сульфаты	1270	1126	-	-	-	500
Кальций	503	465	-	-	-	-
Магний	705	660	-	-	-	-
Натрий	9782	9479	-	-	-	200
Жесткость общая, мг-экв/л	83,1	77,5	-	-	-	10
4. Вода со сброса из магистрального трубопровода от пруда-накопителя в р. Ингулец						
	19.01.05	21.12.05	22.12.05	08.02.06	27.02.06	
Минерализация	37003	36840	-	38332	36808	1000
Сульфаты	1244	1234	1163	1335	1292	500
Хлориды	20224	19526	19836	19888	18984	350

Таблица 1.2 Объемы шахтных вод, подававшихся в пруд-накопитель  
(1976-2000 гг.)

Год	Объем воды, тыс. м <sup>3</sup>	Примечание
1976	12568	
1977	8446	
1978	-	Подачи не было
1979	726	
1980	2667	
1981	4366	
1982	5127	
1983	5665	
1984	4149	
1985	5942	
1986	4293	
1987	3578	
1988	-	Подачи не было
1989	500	
1990	-	Подачи не было
1991	-	Подачи не было
1992	-	Подачи не было
1993	3400	
1994	8000	
1995	2600	
1996	5000	
1997	2600	
1998	6400	
1999	6200	
На 30.09.2000	7500	
2001	9127	
2002	8682	

Увеличение напоров воды до проектных отметок нежелательно [1, 4], т.к. при этом возрастает объем инфильтрации и возникнет серьезная опасность разрушения глинистого экрана, суффозионных просадок грунта в основании насыпной плотины и разрушения грунтовой плотины.

### 1.3. Вопросы устойчивости плотины пруда-накопителя в б. Свистунова.

Состояние плотины пруда-накопителя изучено специалистами ОАО "Укрводпроект" в 2001 г. По трем скважинам определены физико-механические параметры грунтов тела плотины и ее основания.

По данным обследования 2001 г. состояние плотины хорошее. Верховой откос закреплен глыбово-щебнистой отсыпкой, высачиваний воды со стороны низового откоса нет.

В 2004 г. было проведено радиолокационное подповерхностное зондирование плотины пруда-накопителя с помощью специализированного георадиолокатора, на основании которого сформировано заключение о ее состоянии.

На основании анализа данных георадарных изысканий сделаны следующие выводы.

1. Георадарные изыскания не выявили существенных разуплотнений грунтов в теле плотины. Грунты в теле плотины являются однородными, причем однородность грунта в центральной части плотины выше, чем на краях.

2. Тело плотины является сухим до глубины 16-18м. Депрессионная кривая отмечается на глубине 15 – 20 м - на гребне плотины, увеличиваясь до глубины 25 и более метров по направлению низового откоса.

3. В среднем состояние грунта плотины до глубины примерно 16-18м характеризуется объемной влажностью в пределах 15%, что с учетом степени минерализации воды пруда накопителя, свидетельствует о том, что до указанной глубины грунт плотины является сухим. При этом наблюдаются локальные зоны повышенной влажности, где объемная влажность может

превышать среднюю величину на 5-10%. Выделенные зоны повышенной влажности не связаны с движением через тело плотины высокоминерализованных вод пруда накопителя. Это подтверждает и депрессионная кривая, которая проходит ниже основания плотины на глубинах 20-25 м, погружаясь в сторону низового откоса.

Конструкция плотины и отсутствие свободной воды в ее теле показывают, что сооружение в целом обладает необходимой устойчивостью. Это подтверждается и результатами специальных инженерно-геодезических наблюдений на плотине пруда-накопителя в б. Свистунова, выполненных отделом специальных маркшейдерско-геодезических исследований компании «УкрРУДПРОМ» в 2003-2004 годах.

Контроль за правильной эксплуатацией гидротехнических сооружений, систематические наблюдения за их состоянием, включающие наблюдения за горизонтальными смещениями и вертикальными осадками тела плотины пруда-накопителя ежемесячно осуществляются с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, состоящей из 29 поверхностных грунтовых реперов и трех глубинных плит-марок, расположенных на гребне, низовом откосе и в основании плотины.

Построенные графики ежемесячного изменения отметок реперов показывают, что за первое полугодие 2003 года величина осадок находится в пределах 0-9,5 мм в месяц при допустимых 10 мм в месяц. Суммарное оседание реперов за этот период от 0,4 до 6,5 мм.

Аналогично поведение деформаций тела плотины в 2004 году. Ежемесячные вертикальные деформации реперов находятся в пределах 0-2,5 мм. Суммарные оседания за год находятся в интервале 0,4-7,6 мм. Во втором полугодии наблюдается подъем отметок реперов, приходящийся на ноябрь месяц, при этом месячное повышение отметки не превышает 4,5-5,0 мм.

Таким образом, наблюдения за планово-высотными смещениями реперов на плотине пруда-накопителя показывают, что в течение 2003-2004 годов

аномальных изменений параметров плотины не выявлено и ее статическое состояние удовлетворительное.

В целом, плотина пруда-накопителя шахтных вод в настоящее время находится в удовлетворительном состоянии. Статическая и фильтрационная устойчивость сооружения стабильна. Осадки тела плотины не превышают допустимых пределов, свободная вода отсутствует, депрессионная кривая проходит ниже основания плотины на глубинах 20-25 м, погружаясь в пески и известняки.

В то же время, проведенные методом подповерхностного зондирования исследования показали наличие трещин или пустот под подошвой плотины в районе ПК69-ПК70 на глубинах 12-15 м от поверхности ложа накопителя.

Было отмечено, что чрезмерное развитие карстовых явлений под подошвой плотины может привести к нежелательным явлениям нарушения целостности плотины: возникновению просадок грунта в теле плотины, особенно на боковых склонах, развитию трещин, неравномерной осадке плотины с катастрофическими последствиями.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА АВАРИЙ НА НАКОПИТЕЛЯХ ПРОМСТОКОВ

Аварии на накопителях промстоков классифицируются следующим образом.

К авариям первой категории относятся:

1. Полное разрушение или местный прорыв напорного фронта ограждающих сооружений с вытеканием воды и части твердой фазы за пределы хранилища, повлекшие за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, нарушение жизнедеятельности людей или разрушение зданий и сооружений, имеющих народнохозяйственное значение (мосты, железные дороги, ЛЭП и т.д.).
2. Разрушение водозаборных или водосбросных сооружений накопителя, которое привело к переполнению емкости, переливу воды (пульпы) через гребень дамбы или необходимости сброса загрязненной воды из накопителя по аварийному водосбросу в поверхностные водоемы, водотоки хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения или на рельеф.
3. Выход из строя или проектного режима эксплуатации элемента сооружений (экрана, дренажа и т.д.), в результате которого произошло затопление и загрязнение территории и природных водоемов токсичными или вредными для здоровья людей и животных веществами выше предельно допустимых концентраций.
4. Потопление плавучих насосных станций и земснарядов, вызвавшее человеческие жертвы и последствия, указанные в п.2.

К авариям второй категории относятся:

1. Оползни низовых откосов и деформации дамб, возможные последствия которых представляют потенциальную опасность для

людей, народнохозяйственных объектов или окружающей природной среды.

2. Затопление машинных залов насосных станций оборотного водоснабжения и пульпонасосных станций, обрушение или разрыв пульповодов и водоводов. Эти аварии могут быть отнесены в зависимости от тяжести последствий либо к авариям первой, либо второй категории, либо к производственным неполадкам.

Наибольшую опасность представляют аварии, связанные с нарушением устойчивости подпорных сооружений и сопровождающиеся растеканием воды и части твердой фазы на значительных площадях.

Анализ аварий накопителей показывает, что примерно 50% их происходит вследствие перелива через гребень, 40% - от оползания откосов.

Вытекание потока воды и разжиженного грунта из накопителя может быть вызвано только нарушением устойчивости плотины и последующим ее разрушением. В результате в теле дамбы образуется все расширяющаяся брешь - проран, через который вместе с водой вытекает неконсолидированный слой отложений. Размыв прорана в глубину (обычно до границы слоя неконсолидированного и консолидированного грунта) происходит достаточно быстро, затем эта траншея постепенно увеличивается в ширину. Чем больше скорость потока и расход, тем больше размеры прорана при прочих равных условиях.

Достигнув подошвы откоса плотины, поток растекается по прилегающей к накопителю территории.

Движение на этом участке зависит от следующих факторов:

- особенностей местности (топографии, наличия русловой сети, вида грунта, наличия строений и т.п.);
- исходных параметров потока (скорости, расхода, живого сечения), которые он будет иметь у подошвы откоса.

В зависимости от характера рельефа местности, растекающийся поток может распространяться либо в условиях ограничения боковыми склонами долины, либо нестесненно. Движение потока по всей трассе имеет бурный, неравномерный и неустановившийся характер.

Территория, в пределах которой возможно движение потока воды и разжиженного грунта, рассматривается как зона затопления (опасная зона).

Размеры зоны затопления определяются максимальными значениями параметров потока.

Для зоны затопления необходимо предусматривать специальные мероприятия по защите окружающей среды.

### 3. ОБЩИЙ СЦЕНАРИЙ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРУДЕ-НАКОПИТЕЛЕ ШАХТНЫХ ВОД В Б. СВИСТУНОВА

Авария с разрушением дамбы на пруде-накопителе шахтных вод в б. Свистунова классифицируется как авария первой категории и возможна только при чрезвычайных обстоятельствах, а именно в случае:

- диверсии;
- стихийного бедствия (землетрясение силой выше расчетного или ливень, который приведет к переполнению накопителя и переливу воды через гребень дамбы);
- потери устойчивости подпорного сооружения в процессе его эксплуатации при нарушении рекомендованного уровня режима;
- стечения нескольких указанных выше обстоятельств.

Для сооружения второго класса капитальности, каким является пруд-накопитель шахтных вод в б. Свистунова, ежегодная вероятность превышения расчетных максимальных расходов ливневых вод равна  $P=0.02\%$  (СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик»). Следовательно, вероятность наступления события, соответствующего аварии первой категории на пруде-накопителе, не превысит  $0.02\%$ .

Створ плотины на ПК 27, соответствующий тальвегу балки, где плотина имеет максимальную высоту, рассматривается как наиболее потенциально опасный.

При разрушении плотины пруда-накопителя растекание произойдет по балке Широкая.

Расчет прорывной волны и зоны возможного затопления выполнен для отметок заполнения пруда-накопителя, равных: 84,7 м; 86,2 м; 88,3 м.

При этом, параметры сооружения, принятые в расчет в вышеуказанном створе, следующие:

- отметка гребня плотины - 90,5 м;
- отметка тальвега балки в основании плотины - 69,8 м;
- плотность грунта тела плотины - 1,6-1,65 т/м<sup>3</sup>;
- заложение верхового откоса 1:3,4;
- заложение низового откоса 1:4;
- объем пруда при отметке заполнения пруда-накопителя 84,7 м - 6,0 млн. м<sup>3</sup>;
- объем пруда при отметке заполнения пруда-накопителя 86,2 м - 8,0 млн. м<sup>3</sup>;
- объем пруда при отметке заполнения пруда-накопителя 88,3 м - 12,0 млн. м<sup>3</sup>.

При аварии из пруда-накопителя произойдет выток воды, объем которого соответствует отметке заполнения пруда-накопителя и указан в каждом случае расчета [2]. Гидрографы излива для расчетных отметок заполнения пруда-накопителя приведены в таблицах 3.1 - 3.3.

Время полного излива воды составляет для рассмотренных вариантов заполнения накопителя соответственно: 9,78 час; 8,48 час; 6,71 час.

Параметры потока для отметок заполнения пруда-накопителя, равных: 84,7 м; 86,2 м; 88,3 м, приведены в таблицах 3.4 - 3.6.

Предполагаемая зона движения потока по прилегающей к накопителю местности при прорыве его плотины представлена на рис. 3.

В зону движения потока попадает п.г.т. Широкое, расположенное на берегу р. Ингулец, и сама р. Ингулец от места впадения балки Широкой до устья реки.

Согласно проведенным расчетам [2], ширина потока на входе в п.г.т. Широкое (между створами №3 и №4) составит от 80 до 180 м.

Отметки потока при входе в п.г.т. Широкое составят  $60,0 \div 62,0$  м.

Таблица 3.1 Гидрограф излива для отметки заполнения пруда-накопителя 88,30 м

Отметка, м	Zt, м	n	U <sub>нер</sub> , м/с	Vt, м	Q <sub>м³/с</sub>	Q <sub>ср.</sub> , м³/с	W, м³	ΔW, м³	Δt, сек	T <sub>сум</sub> , час
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
88.30	18.5	2.107	1.600	0.00	0.00		11877510			
						49.25		680850	13823.1	3.84
88.00	18.2	2.107	1.600	1.72	147.76		11196660			
						282.08		1874700	6646.10	1.69
87.00	17.20	2.107	1.600	7.14	564.15		9321960			
						437.00		1569400	3591.31	6.68
86.00	16.20	2.107	1.600	12.10	874.00		7752560			
						982.29		1348200	1372.50	7.06
85.00	15.20	2.107	1.600	16.62	1090.58		6404360			
						1158.51		1173100	1012.59	7.35
84.00	14.20	2.107	1.600	20.70	1226.45		5231260			
						1259.93		1027300	815.363	7.57
83.00	13.20	2.107	1.600	24.35	1293.41		4203960			
						1298.00		886200	682.745	7.76
82.00	12.20	2.107	1.600	27.60	1302.58		3317760			
						1283.44		768900	599.091	7.93
81.00	11.20	2.107	1.600	30.46	1264.31		2548860			
						1226.29		664300	541.716	8.08
80.00	10.20	2.107	1.600	32.94	1188.27		1884560			
						1103.07		551400	499.877	8.22
79.00	9.20	2.107	1.600	32.94	1017.88		1333160			
						937.19		436000	465.218	8.35
78.00	8.20	2.107	1.600	32.94	856.51		897160			
						780.61		326200	417.877	8.46
77.00	7.20	2.107	1.600	32.94	704.71		570960			
						633.92		246600	389.011	8.57
76.00	6.20	2.107	1.600	32.94	563.12		324360			
						497.83		163700	328.830	8.66
75.00	5.20	2.107	1.600	32.94	432.53		160660			
						320.67		139900	436.277	8.78
73.00	3.20	2.107	1.600	32.94	208.80		20760			
						106.03		15160	142.974	8.82
70.00	0.20	2.107	1.600	32.94	3.26		5600			
						1.63		5600	3432.89	9.78
69.80	0.00	2.107	1.600	32.94	0.00		0			

Таблица 3.2 Гидрограф излива для отметки заполнения пруда-накопителя 86,20 м

Отметка, м	Zt, м	n	U <sub>нер</sub> , м/с	Vt, м	Q м <sup>3</sup> /с	Q <sub>ср.</sub> , м <sup>3</sup> /с	W, м <sup>3</sup>	ΔW, м <sup>3</sup>	Δt, сек	T <sub>сумм</sub> час
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
86,20	16,4	2,028	1,570	0,00	0,00		8066440			
						92,66		313880	3387,552	0,94
86,00	16,20	2,028	1,570	2,57	185,31		7752560			
						253,85		1348200	5311,075	2,42
85,00	15,20	2,028	1,570	4,91	322,38		6404360			
						369,87		1173100	3171,660	3,30
84,00	14,20	2,028	1,570	7,04	417,36		5231260			
						446,72		1027300	2299,653	3,94
83,00	13,20	2,028	1,570	8,96	476,08		4203960			
						490,06		886200	1808,339	4,44
82,00	12,20	2,028	1,570	10,68	504,05		3317760			
						505,23		768900	1521,873	4,86
81,00	11,20	2,028	1,570	12,20	506,42		2548860			
						497,23		664300	1336,005	5,23
80,00	10,20	2,028	1,570	13,53	488,04		1884560			
						470,72		551400	1171,403	5,56
79,00	9,20	2,028	1,570	14,67	453,40		1338160			
						430,03		436000	1013,880	5,84
78,00	8,20	2,028	1,570	15,64	406,67		897160			
						379,17		326200	860,298	6,08
77,00	7,20	2,028	1,570	16,44	351,68		570960			
						321,81		246600	766,287	6,29
76,00	6,20	2,028	1,570	17,08	291,95		324360			
						261,31		163700	626,448	6,47
75,00	5,20	2,028	1,570	17,57	230,68		160660			
						172,87		139900	809,291	6,69
73,00	3,20	2,028	1,570	19,66	115,05		20760			
						58,43		15160	259,446	6,76
70,00	0,20	2,028	1,570	19,66	1,81		5600			
69,80	0,00	2,028	1,570	19,66	0	0,91	0	5600	6179,886	8,48

Таблица 3.3 Гидрограф излива для отметки заполнения пруда-накопителя 84,70 м

Отметка, м	Zt, м	U	U <sub>нерв</sub> , м/с	Bt, м	Q, м <sup>3</sup> /с	Q <sub>ср.</sub> , м <sup>3</sup> /с	W, м <sup>3</sup>	ΔW, м <sup>3</sup>	Δt, сек	T <sub>сум.</sub> , час
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
84.70	14.90	2.131	1.500	0.00	0.00		6052430			
						106.24		821170	3864.656	1.07
84.00	14.20	2.131	1.500	3.59	212.48		5231260			
						260.36		1027300	3945.698	2.17
83.00	13.20	2.131	1.500	5.80	308.24		4203960			
						337.47		886200	2625.976	2.90
82.00	12.2	2.131	1.500	7.77	366.71		3317760			
						380.46		768900	2020.996	3.46
81.00	11.2	2.131	1.500	9.50	394.20		2548860			
					434.94	395.36		664300	1680.228	3.93
80.00	10.2	2.131	1.500	10.99	396.53		1884560			
						387.79		551400	1421.912	4.32
79.00	9.2	2.131	1.500	12.27	379.05		1333160			
						362.86		436000	1201.571	4.66
78.00	8.2	2.131	1.500	13.33	346.67		897160			
						325.24		326200	1002.941	4.93
77.00	7.2	2.131	1.500	14.20	303.82		570960			
						279.16		246600	883.362	5.18
76,00	6,2	2,131	1,500	14,89	254,50		324360			
						230.66		163700	709.713	5.38
75.00	5.2	2.131	1.500	15.75	206.81		160660			
						153.32		139900	912.442	5.63
73.00	3.2	2.131	1.500	15.75	99.84		20760			
						50.70		15160	299.020	5.71
70.00	0.2	2.131	1.500	15.75	1.56		5600			
						0.78		5600	3589.822	6.71
69,80	0	2,131	1,500	15,75	0,00		0			

Таблица 3.4 Параметры потока излива при заполнении пруда-накопителя до  
отм. 84,7 м

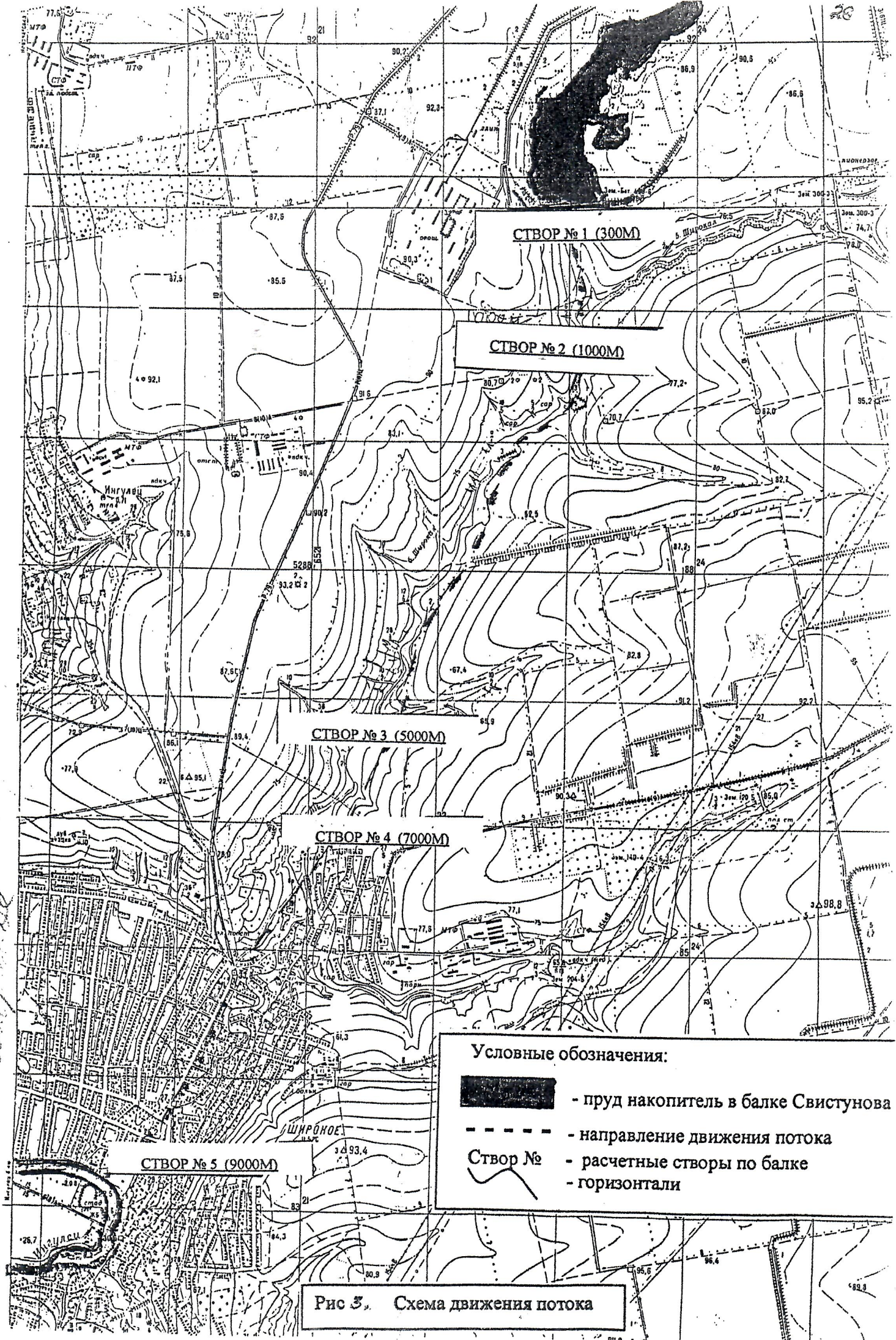
Параметры потока						
Номер створа	L (расстояние), м	$U_L$ (скорость), м/с	$B_L$ (ширина), м	$H_L$ (высота), м	Отметка затопления, м	P (давление), т/м <sup>2</sup>
1	300	2.17	28.68	8.68	69.0	0.37
2	1000	2.00	38.47	7.99	66.0	0.34
3	5000	1.70	65.12	6.79	62.0	0.29
4	7000	1.62	74.10	6.49	62.0	0.28
5	9000	1.57	81.95	6.25		0.27

Таблица 3.5 Параметры потока излива при заполнении пруда-накопителя до  
отм. 86,2 м

Параметры потока						
Номер створа	L (расстояние), м	$U_L$ (скорость), м/с	$B_L$ (ширина), м	$H_L$ (высота), м	Отметка затопления, м	P(давление) т/м <sup>2</sup>
1	300	2.25	36.29	9.13	70.0	0.39
2	1000	2.07	48.91	8.39	67.0	0.36
3	5000	1.75	83.32	7.10	62.0	0.30
4	7000	1.67	94.93	6.78	62.0	0.29
5	9000	1.61	105.09	6.53	-	0.28

Таблица 3.6 Параметры потока излива при заполнении пруда-накопителя до  
отм. 88,3 м

Параметры потока						
Номер створа	L (расстояние), м	$U_L$ (скорость), м/с	$B_L$ (ширина), м	$H_L$ (высота), м	Отметка затопления, м	P (давление), т/м <sup>2</sup>
1	300	2.73	61.58	9.95	70.0	0.47
2	1000	2.51	83.32	9.13	67.0	0.43
3	5000	2.12	142.70	7.71	63.0	0.36
4	7000	2.02	162.76	7.36	62.0	0.35
5	9000	1.95	180.33	7.08	-	0.33



СТВОР № 1 (300М)

СТВОР № 2 (1000М)

СТВОР № 3 (5000М)

СТВОР № 4 (7000М)

СТВОР № 5 (9000М)

Условные обозначения:



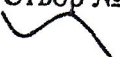

-  - пруд накопитель в балке Свистунова
-  - направление движения потока
- Створ №  - расчетные створы по балке
-  - горизонтали

Рис 3. Схема движения потока

#### 4. ОСНОВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРУДА-НАКОПИТЕЛЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В отличие от штатных ситуаций эксплуатации пруда-накопителя шахтных вод, когда прямое негативное воздействие сооружение оказывает на подземные воды, в случае аварии, связанной с прорывом плотины, воздействию подвержены, в первую очередь, поверхностные воды, почвы, объекты техногенной среды.

Волна излива практически не окажет влияния на состояние грунтовых вод в зоне ее растекания. Большие скорости потока обуславливают быстрое «стекание» субстанции с прилегающей территории. И только в местах естественных и искусственных замкнутых понижений рельефа часть субстанции задержится. Время ее пребывания в локальных понижениях будет определяться характеристиками понижений, временем года, литологическим составом подстилающих пород, оперативными мерами по сбору и утилизации субстанции и другими факторами.

Именно в местах «стояния» излившейся субстанции наиболее вероятно поступление загрязненных вод потока растекания на зеркало первого от поверхности водоносного горизонта.

Расчеты, выполненные для объекта-аналога (хвостохранилище Восточного ГОКа), показывают, что просачивание загрязнений на зеркало грунтовых вод возможно на участках аллювиальных отложений поймы, в непосредственной близости от накопителя расчетное время поступления загрязняющих веществ на поверхность грунтовых вод достаточно велико и, учитывая оперативные меры по ликвидации загрязнений, просачивание жидкости из образовавшихся в понижениях рельефа мочажин и луж, маловероятно.

Взаимодействие излившейся субстанции с грунтами зоны аэрации происходит в процессе ее инфильтрации. Негативное воздействие на почвы зоны предполагаемого затопления обусловлено переносом ее макро и

микрокомпонентов, наиболее опасными из которых при контакте с почвами являются: сульфаты, нитраты, натрий. При попадании указанных элементов в почву, возможно ее загрязнение, засоление, окислительная деструкция.

Кроме изменений в органическом веществе почв возможны изменения их гранулометрического состава. Характерным проявлением этого процесса является снижение тонкодисперсной части грунтов. Указанные изменения приводят к ухудшению качества гумуса и таких показателей почв, как пористость, воздухо- и водопроницаемость.

Субстанция, излившаяся из пруда-накопителя, пройдет через п.г.т. Широкое, и поступит в р. Ингулец.

При этом, в поселке в опасную зону попадет значительное количество объектов техногенной среды: жилые и нежилые строения, мосты, автодороги. Многим из них может быть причинен значительный ущерб.

В результате поступления шахтных вод в р. Ингулец, состав воды в реке будет трансформирован, качество речной воды значительно ухудшится на всем ее протяжении, вплоть до устья.

Ситуация при аварии с прорывом плотины накопителя шахтных вод в б. Свистунова будет отчасти схожа с регламентом сброса излишков шахтных вод Кривбасса в р. Ингулец. Отличия будут состоять, в основном, в расходах и продолжительности прохождения по реке волны излива.

Таким образом, основными объектами негативного воздействия аварийной ситуации на накопителе шахтных вод в б. Свистунова будут: объекты техногенной среды на территории поселка, попадающие в зону затопления, и поверхностные воды в зоне растекания аварийного потока.

В этой связи, для формирования оценки воздействия на окружающую среду аварии, гипотетически возможной на накопителе шахтных вод в б. Свистунова, необходимо определить зону затопления территории вследствие движения по ней потока излива и зону растекания потока по реке, а также дать прогноз изменения химического состава воды в р. Ингулец при попадании в нее излившихся шахтных вод.

## **5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА РЕАЛЬНЫХ СЛОЖНЫХ РЕЛЬЕФАХ ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ**

В настоящее время не существует математических методов для определения зон затопления на реальных сложных рельефах пересеченной местности. Единственным способом количественного решения таких задач является применение математико-картографических моделей.

Математико-картографические модели основаны на представлении реального рельефа некоторой его электронно-цифровой моделью с определением правил выполнения математических операций на этой модели.

Инструментальным средством для создания цифровой модели рельефа являются программные продукты ГИС – географических информационных систем, наиболее известным из которых считается ArcViewGIS. Средствами количественного пространственного анализа и математических операций измерения на цифровой модели рельефа могут служить модули ArcView GIS – Spatial Analyst и 3D Analyst.

### **5.1. Методика определения зон затопления на реальном рельефе пересеченной местности.**

Цифровая модель рельефа – это средство цифрового представления реальной земной поверхности в виде трехмерных данных - как совокупности высотных отметок в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот или нерегулярной треугольной сети (TIN). Используя цифровую модель высот в качестве входа, средства сетевого гидрологического анализа (GRID) позволяют количественно описать физические характеристики поверхности земли.

Средства сетевого гидрологического анализа дают возможность сформировать на изучаемой территории систему водосборов, а затем количественно выразить характеристики этой системы. Это позволяет определить для любой точки сети пути стекания воды вниз. Водоразделы и сети

водотоков, созданные по цифровой модели рельефа с помощью GRID, являются первичными входными элементами для большинства гидрологических моделей поверхности.

Гидрологические модели поверхности можно использовать для определения:

- высоты, продолжительности и интенсивности паводков;
- зон затопления по заданным объемам воды, поступившей на поверхность земли, либо по заданным уровням воды в водном потоке или водоеме.

Суть метода сетевого гидрологического анализа состоит в следующем:

- вначале определяют какие и сколько ячеек дают сток в данную ячейку. Эта информация используется для определения границ водосбора и сети водотоков, показывающих направление потока из каждой ячейки;
- затем рассчитывают сток, накопленный в каждой ячейке с учетом всех вышерасположенных ячеек, отдающих свой сток в данную ячейку. Ячейки с «большим стоком» являются участками концентрированного стока и идентифицируют русло стока. Ячейки с «нулевым стоком» являются местными возвышенностями и идентифицируют водоразделы.

Почти во всех гидрологических моделях поверхности ключевым требованием является определение границ водоразделов.

Используя алгебру GRID, границы водоразделов можно объединить с информацией о количественных характеристиках потоков или объемов воды, поступающей на водосбор, например, при ливнях, весеннем таянии снегов или в условиях прорыва дамб гидротехнических сооружений.

Сформированная таким образом объединенная математико-картографическую модель территории может быть использована для прогнозирования зон затопления при возникновении аварийной ситуации с прорывом плотины на гидротехнических сооружениях.

## **5.2. Определение зон затопления в случае возникновения аварийной ситуации на пруде-накопителе.**

Задача определения зон затопления в случае возникновения аварийной ситуации на пруде-накопителе включает несколько этапов:

1. Прежде всего, необходимо определить территорию, которая может быть затоплена потоком, движущимся по склонам местности, прилегающей к пруду-накопителю.
2. Затем определяются зоны затопления территории вдоль реки Ингулец, связанные с движением вниз по течению всего объема жидкой фазы, излившейся из пруда-накопителя.

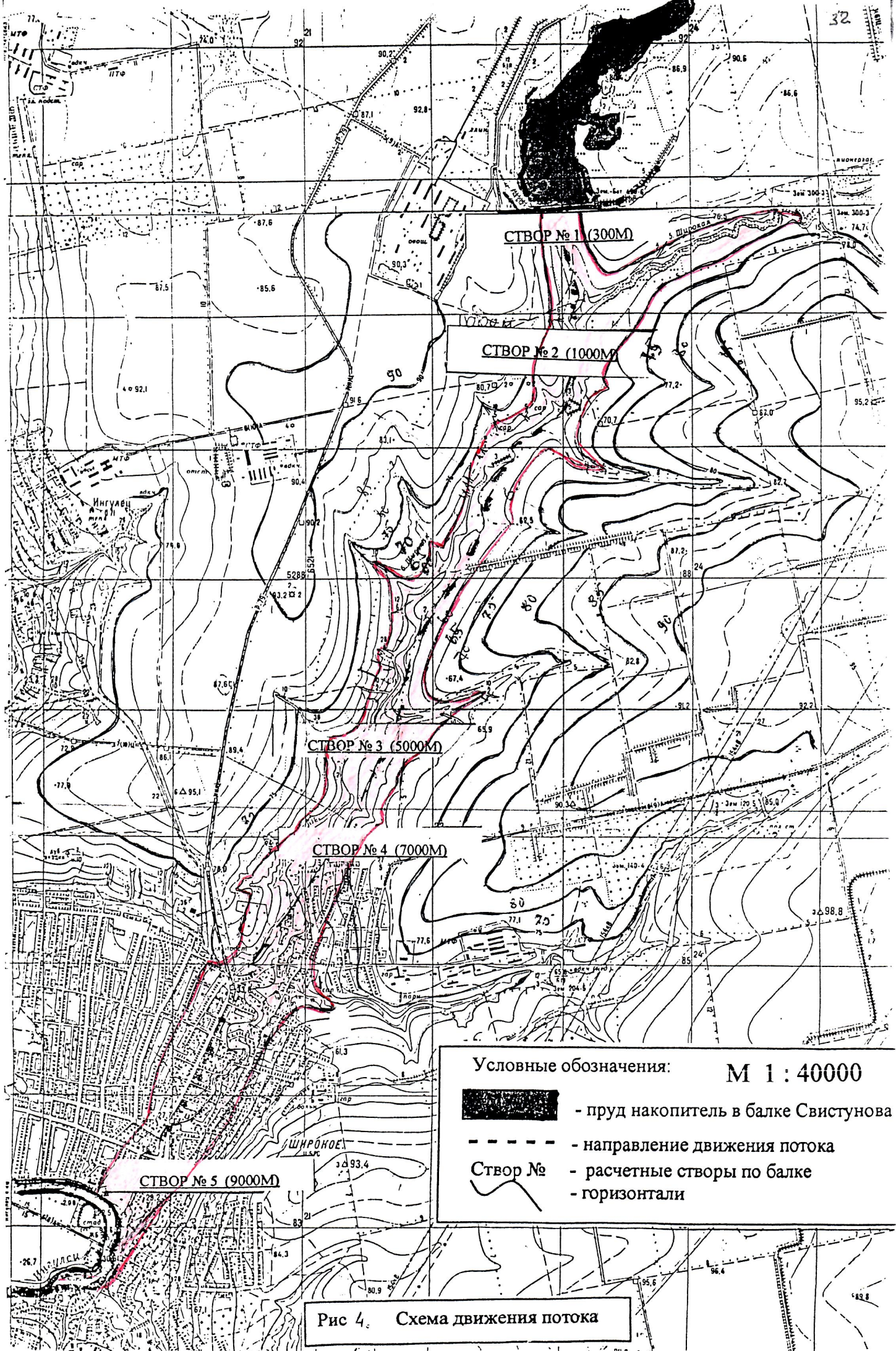
Решение перечисленных выше задач проводилось при гипотетическом предположении возможности разрушения плотины пруда-накопителя с последующим вытеканием из него объема шахтной воды, оцененного в [2], и приведенного в таблицах 3.1 – 3.3.

### **5.2.1. Результаты моделирования зоны затопления.**

Исходные расчетные данные, необходимые для определения зон затопления по выше изложенной методике, взяты из отчета ГАК «Укррудпром» [2]. К ним относятся следующие характеристики прорана и потока излива: ометка плоскости предельного размыва; напор в момент прохождения максимального расхода; отметка горизонта воды при прохождении максимального расхода; полная удельная энергия при максимальном расходе.

При определении зоны затопления территории до впадения потока в реку выделены 5 расчетных створов (рис. 3). Створ № 5 – устьевой, характеризует участок впадения потока излива в р. Ингулец.

Зона затопления территории потоком, движущимся по склонам местности, прилегающей к пруду-накопителю, приведена на рис. 4.



Условные обозначения:

М 1 : 40000



- пруд накопитель в балке Свистунова



- направление движения потока

Створ №

- расчетные створы по балке



- горизонтالي

Рис 4. Схема движения потока

СХЕМА  
бассейна р. Ингулец

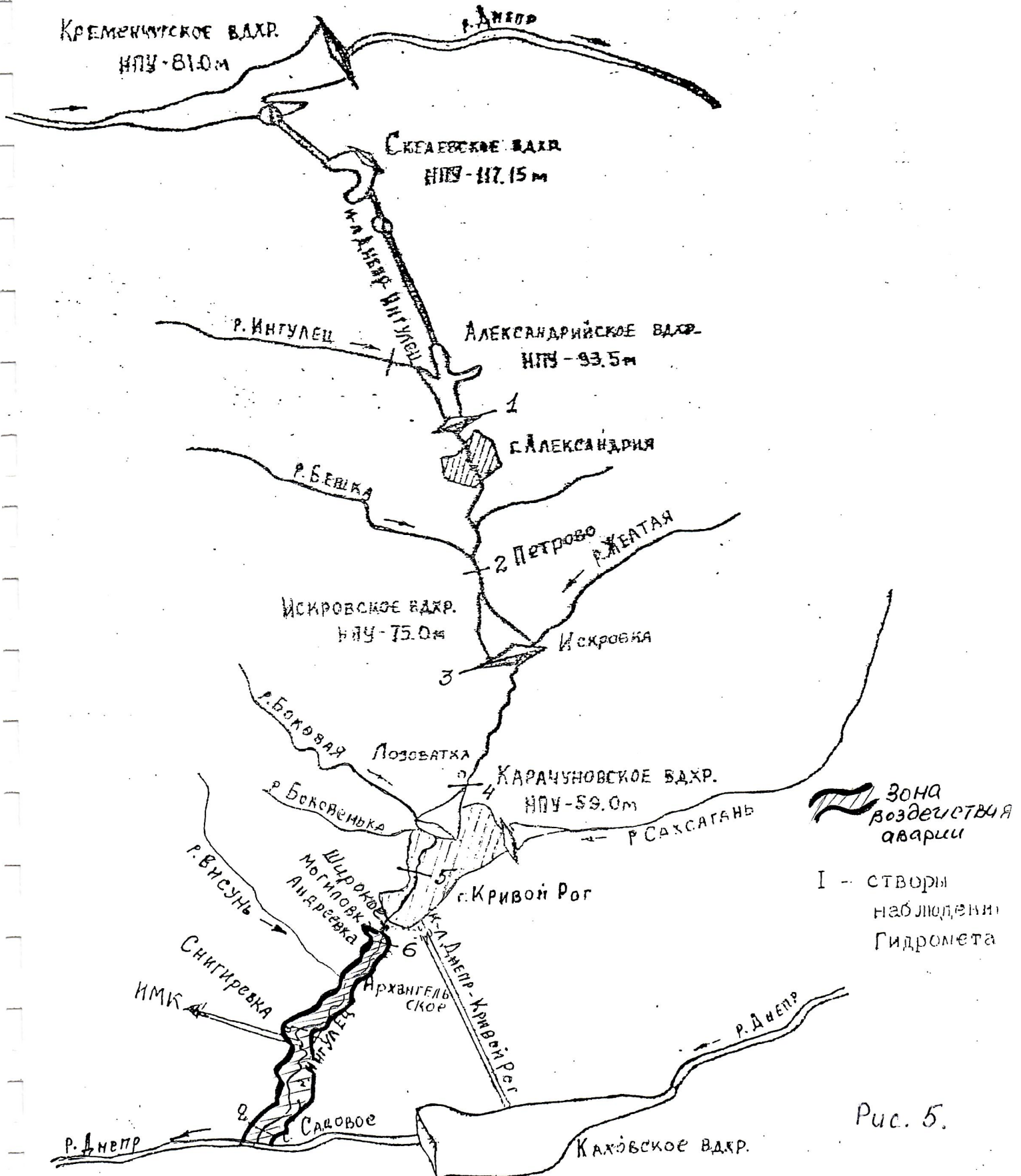


Рис. 5.

Максимальных размеров она достигает в пределах п.г.т. Широкое. В дальнейшем размеры зоны затопления будут уменьшаться за счет стекания излившихся масс вниз по течению реки.

Зона затопления, формирующаяся в долине реки Ингулец (зона растекания), показана на рис. 5.

### 5.2.2. Зона затопления в пределах п.г.т. Широкое.

Между створами №4 и №5 зоны затопления территории потоком, движущимся по склонам местности, прилегающей к пруду-накопителю в б. Свистунова, расположен п.г.т. Широкое.

Зона затопления п.г.т. Широкое показана на генплане поселка (рис. 6).

Поток шахтных вод движется вдоль ручья в б. Широкая.

Высота волны излива в пределах поселка варьирует в диапазоне 6-7 м. Отметки тальвега б. Широкая на территории поселка изменяются от 50 до 27 м, уменьшаясь по направлению к руслу реки. Отметки затапливаемой селитебной территории, прилегающей к ручью, соответственно изменяются от 60 м при входе в поселок до 36 – 27 м в пойме реки.

Площадь затапливаемой селитебной территории значительна и составляет около 40 га.

Поток ограничен справа улицами Молодежная, Советская, слева – улицами Дальневосточная, Кооперативная, Свердлова, пер. Колодезный.

В опасную зону попадают улицы Ширшова, Ленина, Базарная, Колхозная, переулки Ленинский, 3-й Ленина, 4-й Ленина.

Ориентировочное количество строений, в основном жилого фонда, попадающих в зону затопления, оценивается в 820 единиц.

## 6. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ЗОНЕ РАСТЕКАНИЯ ПОТОКА

### 6.1. Методика оценки воздействия на водные объекты в зоне растекания потока.

Оценка качества воды р. Ингулец при аварии на плотине прудонакопителя выполняется на основе прогнозирования методами математического моделирования максимальных концентраций загрязняющих веществ и времени прохождения зоны высокозагрязненных масс воды через контрольные створы.

Прогнозы составляют для выделенных конкретных контрольных створов, расположенных ниже аварийно опасных объектов. К таким створам, в первую очередь, относят створы гарантированного в течение года полного смешения речных и сточных вод и ближайшие створы водопользования, расположенные на участках существенного влияния сточных вод на качество речной воды.

К основным характеристикам зоны высокого загрязнения речной воды относятся:

- время достижения центром зоны высокого загрязнения контрольного створа реки,  $T_c$ ;
- время достижения фронтом  $T_f$  и хвостовой частью  $T_x$  зоны загрязнения контрольного створа реки;
- время перемещения части зоны загрязненных масс воды с максимальной концентрацией вещества до контрольного створа,  $T_m$ ;
- время прохождения через контрольный створ зоны высокозагрязненных масс воды, создающих опасную ситуацию,  $T_p$ ;
- максимальная концентрация основного загрязняющего вещества в контрольном створе при прохождении через него опасно загрязненных водных масс,  $S_{max}$ .

Значение  $T_{ц}$  рассчитывают по формуле:

$$T_{ц} = T_0/2 + L_x/V, \quad (6.1)$$

где:  $T_0$  - время, в течение которого происходил аварийный излив, с;

$L_x$  - длина участка реки по фарватеру между местом аварийного излива и контрольным створом, м;

$V$  - средняя или максимальная скорость течения на участке реки длиной  $L_x$ , м/с.

Средняя или максимальная скорость течения на участке реки рассчитывается по формуле:

$$V = (V_n + V_k) / 2, \quad (6.2)$$

где:  $V_n$  и  $V_k$  – соответственно, средняя или максимальная скорость течения в начале и в конце рассматриваемого участка реки, м/с.

При резко отличающимся по морфометрическим характеристикам участкам реки,  $T_{ц}$  определяют как сумму времени перемещения центра зоны загрязненных масс воды на каждом из этих участков:

$$T_{ц} = T_0 / 2 + L_1 / V_1 + L_2 / V_2 + \dots + L_n / V_n, \quad (6.3)$$

где:  $L_1, L_2 \dots L_n$  - длина выделенных участков реки, м;

$V_1, V_2 \dots V_n$  - скорость течения на участках.

Для зимних условий при наличии ледяного покрова:

$$T_{ц} = 1.43 T_{ц} \quad (6.4)$$

При аварийном изливе сточных вод на первых километрах участка реки ниже сброса будет наблюдаться повышение скорости течения речной воды. Увеличение скорости течения воды в створе сброса сточных вод оценивают по формулам:

$$V_{CH} = (Q + q_1) / F_1, \quad (6.5)$$

$$V_{CM} = (Q + q_2) / F_2, \quad (6.6)$$

$$КУ = [(VCM - VCH) / VCH] 100\%, \quad (6.7)$$

где:  $VCH$ ,  $VCM$  - средняя скорость течения речной воды до начала и в момент максимального аварийного разлива сточных вод, м/с;

$Q$  - расход воды в реке выше сброса сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$q_1$ ,  $q_2$  - расходы сточных вод до начала и в период аварийного разлива, м<sup>3</sup>/с;

$F_1$ ,  $F_2$  - площадь поперечного сечения речного потока в створе разлива сточных вод до и в момент аварийного сброса, м<sup>2</sup>;

$КУ$  - коэффициент увеличения скорости течения речной воды, %.

При определении времени достижения контрольного створа фронтом,  $T_f$ , и хвостовой частью,  $T_x$ , зоны высокого загрязнения воды, предварительно устанавливают эпюру сброса загрязняющих веществ. Вид эпюры выпуска загрязняющих веществ при аварийном поступлении в реку сточных вод зависит от условий аварийного разлива и обычно принимается в виде прямоугольника, равнобедренного треугольника, прямоугольного треугольника.

При сбросе загрязняющих веществ по эпюре в виде прямоугольника или при невыясненной эпюре сброса,  $T_f$  и  $T_x$  рассчитывают по формулам:

при  $T_c \leq T_n$

$$T_f = T_c - 0.5 T_o (1 + Z_1 - 2C_{п}Z_1 / C_{max}); \quad (6.8)$$

$$T_x = T_c + 0.5 T_o (1 + Z_1 - 2C_{п}Z_1 / C_{max}); \quad (6.9)$$

при  $T_c > T_n$

$$T_f = T_c - 0.5 T_o (1 + Z_1) [(C_{max} - C_{п}) / C_{max}]; \quad (6.10)$$

$$T_x = T_c + 0.5 T_o (1 + Z_1) [(C_{max} - C_{п}) / C_{max}] \quad (6.11)$$

При сбросе сточных вод по эпюре в виде прямоугольного треугольника:

$$T_f = T_m - [T_o K_s (C_{max} - C_{п}) (1 + 0.5 Z_2)] / [C_{max} (K_s + 1)]; \quad (6.12)$$

$$T_x = T_m + [ T_o (C_{max} - C_{п}) (1+0.5Z_2) ] / [ C_{max} (K_s+1) ]; \quad (6.13)$$

$$\text{где } T_n = ( V_2 T_o^2 ) / 100D_x, \quad (6.14)$$

$C_{max}$  - максимальная концентрация загрязняющего вещества в контрольном створе при аварийном изливе сточных вод, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{п}$  - предельная концентрация загрязняющего вещества, характеризующая наиболее высокий уровень загрязнения водных масс в контрольном створе реки, мг/дм<sup>3</sup>;

$T_m$  - время перемещения части зоны загрязненной воды с максимальной концентрацией вещества через контрольный створ реки, с;

$D_x$  - средневзвешенное значение коэффициента продольной дисперсии, м<sup>2</sup>/с.

Предельная концентрация загрязняющего вещества устанавливается на основании лабораторных или натуральных наблюдений за самоочищением воды на рассматриваемом участке реки. Чаще всего, за значение  $C_{п}$  принимают статистически обеспеченную нижнюю доверительную границу средней концентрации вещества за рассматриваемый период, рассчитанную по результатам гидрохимических наблюдений на незагрязненном или слабозагрязненном участке реки ниже контрольного створа.

Безразмерные коэффициенты  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $K_s$  определяются по формулам:

$$Z_1 = 10.02 \sqrt{D_x T_{ц}} / V T_o; \quad (6.15)$$

$$Z_2 = 10.02 \sqrt{D_x T_m} / V T_o; \quad (6.16)$$

$$K_s = Z_2 / (1.063 + 0.568 Z_2); \quad (6.17)$$

$$D_x = 43000 H V C^{-2.63}, \quad (6.18)$$

где:  $H$  - средневзвешенное значение глубины водотока на участке,  
выделенном для прогнозных расчетов, м;

$C$  - коэффициент Шези, вычисляется по формулам Шези,

Н.Н.Павловского и другим известным в гидравлике методам.

Значения  $T_m$  определяются по формуле:

$$T_m = T_c - T_0 / K_3, \quad (6.19)$$

где:  $K_3$  - безразмерный коэффициент, определяемый по уравнениям:

$$\text{при } \sqrt{DxT_c} / (VT_0) = 0.05 \div 0.275$$

$$K_3 = 3.62 - 45.64[\sqrt{DxT_c} / (VT_0) - 0.2035]^2 \quad (6.20)$$

$$\text{при } \sqrt{DxT_c} / (VT_0) \geq 0.275$$

$$K_3 = 0.965VT_0 / \sqrt{DxT_c} - 0.117 \quad (6.21)$$

Время добегания речной воды  $T_c$  от места разлива сточных вод до контрольного створа определяют по формуле:

$$T_c = (T_c - T_0) / 86400, \quad (6.22)$$

Время  $T_m$  рассчитывают только при аварийном сбросе сточных вод по эпюре в виде прямоугольного треугольника.

Время прохождения через контрольный створ высокозагрязненных масс воды, создающих опасную ситуацию,  $T_p$ , равно:

$$T_p = T_x - T_f \quad (6.23)$$

При  $C_p / C_{max} = 0.750 \div 0.995$  величины  $T_f$ ,  $T_x$  и  $T_p$ , рассчитанные по формулам (6.10) - (6.13) и (6.23), будут определены с некоторой погрешностью. Поэтому, в указанном диапазоне отношений  $C_p$  и  $C_{max}$ , полученные результаты необходимо скорректировать введением поправки  $S_m$ :

$$S_m = (C_p / C_{max}) / [12.8 - 12.7 (C_p / C_{max})] \quad (6.24)$$

Поправка  $S_m$  учитывается следующим образом:

$$T_p = T_p (1 + S_m), \quad (6.25)$$

$$T_f = T_f - 0.5T_p S_m, \quad (6.26)$$

$$T_x = T_x + 0.5T_{пСм} \quad (6.27)$$

Если аварийный излив сточных вод происходит длительное время, т.е.  $T_0 \geq L_x / V$ , то:

$$T_{ф} = [L_x - 5.01 \sqrt{D_x T_c} (C_{max} - 2C_{п}) / C_{max}] / V, \quad (6.28)$$

$$T_x = [L_x + 5.01 \sqrt{D_x T_c} (C_{max} - 2C_{п}) / C_{max}] / V, \quad (6.29)$$

Максимальные концентрации загрязняющих веществ  $C_{max}$  в контрольном створе при прохождении через него зоны высокозагрязненных масс воды определяют по формуле:

$$C_{max} = C_s K_n K_x K_p, \quad (6.30)$$

где:  $C_s$  - концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, мг/дм<sup>3</sup>;

$K_n$  - безразмерный коэффициент неконсервативности загрязняющего вещества;

$K_x$  - безразмерный коэффициент продольной дисперсии вещества в водном потоке;

$K_p$  - безразмерный коэффициент поперечной дисперсии вещества в водном потоке.

Расчеты по формуле (6.30) выполняют при условии, что  $C_{max} \geq C_{п}$ .

$$K_n = \exp(-K_c T_c), \quad (6.31)$$

где:  $K_c$  - коэффициент скорости самоочищения загрязняющего вещества, 1/сут.

Если загрязняющее вещество, содержащееся в сточных водах, консервативно, или отсутствуют данные о его неконсервативности, принимается, что  $K_c = 0$ .

Параметр  $K_x = 1$ , если при выпуске загрязняющего вещества по эпюре в виде прямоугольника или по неизвестной эпюре выполняется хотя бы одно из следующих условий:

$$T_0 \geq L_x / V; \quad (6.32)$$

$$L_p / V \leq T_n, \quad (6.33)$$

где:  $L_p$  - длина речного участка, где происходит полное распластывание волны повышенного водного стока за счет аварийного излива сточных вод, м.

В случае, когда вода ниже излива не выходит на пойму, параметр  $L_p$  определяют по формуле Крицкого-Менкеля

$$L_p = 0.5(Q_2 - Q_1) [ (WcI_0) / (Q_1 Q_2 K_{ш}) ], \quad (6.34)$$

где:  $Q_1, Q_2$  - соответственно, расход речной воды в створе выпуска сточных вод до начала и в период максимального расхода сбрасываемых сточных вод,  $m^3/c$ ;

$Wc$  - объем сброшенных сточных вод,  $m^3$ ;

$I_0$  - уклон дна речного русла;

$K_{ш}$  - коэффициент шероховатости русла.

При выпуске сточных вод по эюре в виде прямоугольного треугольника  $K_x = 1$  при условии, что:

$$\sqrt{D_x T_c} / V T_0 \leq 0.05 \quad (6.35)$$

Если условия (5.32), (5.33) не соблюдаются, то коэффициент  $K_x$  определяют по формуле:

$$K_x = 3.14 / (1 + K_1 Z_1), \quad (6.36)$$

где:  $K_1$  - безразмерный коэффициент, определяемый при  $Z_1 < 3.14$  по уравнению:

$$K_1 = 0.701 \exp (1.086 / Z_1) \quad (6.37)$$

При  $Z_1 \geq 3.14$   $K_1 = 1$ .

Если не соблюдено условие (5.35),  $K_x$  вычисляют по формуле:

$$K_x = 3.14 / (1 + K_2 Z_2), \quad (6.38)$$

где:  $K_2$  - безразмерный коэффициент. Определяется по уравнению:

$$\lg K_2 = 0.485 - 0.57 \lg Z_2 \quad (6.39)$$

Безразмерный коэффициент поперечной дисперсии,  $K_p$ , определяется следующим образом:

- в случае выпуска сточных вод с берега реки:

$$\text{при } L_x < L_c = B^2 V / D_y [ 0.25 - 0.18 ( l_n / B )^2 ], \quad (6.40)$$

$$K_{\Pi} = 2 [ \Phi ( l_n / \sqrt{2D_y T_c} ) - \Phi \{ (2B - l_n) / \sqrt{2D_y T_c} \} + \Phi \{ (2B + l_n) / \sqrt{2D_y T_c} \} ] \quad (6.41)$$

$$\text{при } L_x \geq L_c \quad K_{\Pi} = q / ( Q + q ) \quad (6.42)$$

в случае выпуска сточных вод в середину реки:

$$\text{при } L_x < L_c = B^2 V / 4D_y [ 0.062 - 0.18 ( l_n / B )^2 ], \quad (6.43)$$

$$K_{\Pi} = 2 [ \Phi ( l_n / 2 \sqrt{2D_y T_c} ) - \Phi \{ (2B - l_n) / 2 \sqrt{2D_y T_c} \} + \Phi \{ (2B + l_n) / 2 \sqrt{2D_y T_c} \} ], \quad (6.44)$$

где:  $L_c$  – расстояние по фарватеру реки от места сброса сточных вод до створа полного их смешения с речными, м;

$D_y$  – средневзвешенное значение коэффициента поперечной дисперсии,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$l_n$  – начальная ширина загрязненной струи в речном потоке, м;

$q$  – расход сточных вод в период, когда масса  $qC_s = G_{\max}$ ;

$Q$  – средневзвешенное значение расхода речной воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\Phi(x)$  – интеграл вероятности;

$T_c$  – время добегания речной воды до контрольного створа, с.

$$\Phi(x) = 1 / \sqrt{2\pi} \int_0^x e^{-t^2/2} dt \quad (6.45)$$

$$l_n = q / (VH), \quad (6.46)$$

$$D_y = 0.72 V H K_{\Pi}^2 / C, \quad (6.47)$$

где:  $K_{\Pi}$  – коэффициент извилистости участка реки;

$C$  – коэффициент Шези.

## 6.2. Моделирование качества воды р. Ингулец в условиях аварийной ситуации на пруду – накопителе в б. Свистунова.

Для расчета качества воды реки Ингулец в условиях аварийной ситуации на пруде-накопителе шахтных вод в б. Свистунова собраны гидрологические и гидрохимические показатели, на основании которых сформирована характеристика реки Ингулец – приемника сточных вод.

Состав расчетных условий для прогноза качества воды включает следующие первичные исходные данные.

1. Площади водосборов реки до расчетных створов.
2. Протяженность расчетных участков.
3. Коэффициент извилистости реки.
4. Среднюю глубину реки на участке.
5. Коэффициент шероховатости русла.
6. Среднюю ширину реки на участке.
7. Среднюю скорость течения.
8. Расход воды водотока.
9. Вид водопользования на участке реки.
10. Предельно допустимые концентрации лимитирующих показателей качества воды.
11. Коэффициенты неконсервативности веществ в речной воде.
12. Расположение створов (пунктов) наблюдений за качеством воды на гидрографической сети в условиях аварийной ситуации.
13. Фоновое качество речной воды.

Статистические параметры речного стока р. Ингулец у п.г.т. Широкое следующие:

- коэффициент вариации годового стока  $C_v = 0.77$ ;
- коэффициент асимметрии годового стока  $C_s = 1.40$ .

Расчетные расходы воды определены для маловодного года 95%-ной обеспеченности как среднемесячные расходы месяца минимальной водности (табл. 6.1). Месяцем минимальной водности является июль со стоком, равным 1.3% от годового стока маловодного года.

Таблица 6.1. Гидрологические параметры стока р. Ингулец в расчетных створах.

№ контрольного створа и его местоположение	Расстояние от устья, км	Площадь водосбор а, км <sup>2</sup>	Расход воды, м <sup>3</sup> /с		Средняя в сечении скорость течения, м/с	Средняя в сечении глубина, м	Средняя в сечении ширина, м
			Средне-годовой 95%-ой обеспеченности	Минимальный средне-месячный года 95%-ой обеспеченности			
Фс – фоновый створ у п.г.т.Широкое	278	9160	10.5	1.05	0.18	0.80	7.29
Кс 1 – контрольный створ у п.г.т.Широкое	277.5	9170	10.5	1.05	0.18	0.80	7.29
Кс 2 – контрольный створ у с.Могиловка	266	9280	11.2	1.75	0.18	0.82	11.9
Кс 3 – контрольный створ у с.Архангельское (Бороздка)	213	9550	11.6	1.81	0.18	0.82	12.3
Кс 4 – контрольный створ у с.Ново-Дмитриевка	198	9820	11.9	1.86	0.18	0.83	12.4
Кс 5 – контрольный створ у с.Давыдов Брод	164	10200	12.3	1.92	0.18	0.90	11.9
Кс 6 – контрольный створ у с.Калининское	120	10700	13.0	2.03	0.18	1.00	11.3
Кс 7 – контрольный створ у пгт.Снигиревка	96	13400	16.2	2.53	0.18	1.20	11.7
Кс 8 – контрольный створ у с.Федоровка	34	13700	16.6	2.59	0.18	1.21	11.9
Кс 9 – контрольный створ - устье р.Ингулец	0	13700	16.6	2.59	0.18	1.21	11.9

Расчетные фоновые концентрации химических веществ определяются для входного створа водного объекта. Они являются количественной характеристикой содержания веществ в этом створе при наиболее неблагоприятных ситуациях, обусловленных как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды водного объекта, так и влиянием всех источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа.

Порядок проведения расчетов  $C_{\text{ф}}$  приведен во «Временных методических указаниях по проведению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков», Л., Гидрометеиздат, 1983, 52 с.

За фоновую концентрацию вещества ( $C_{\text{ф}}$ ) принимается статистически обоснованная верхняя доверительная граница возможных средних значений концентраций этого вещества в створе выше выпуска сточных вод.

Фоновая концентрация химического вещества рассчитывается для конкретных створов водотоков и считается статистически обоснованной, если она определена с доверительной вероятностью  $P=0.95$ .

Формула для определения  $C_{\text{ф}}$  имеет следующий вид:

$$C_{\text{ф}} = C_s + S_c \times T_{\text{st}} / \sqrt{n} , \quad (6.48)$$

где  $C_s$  - средняя концентрация вещества в рассматриваемой градации;

$S_c$  - среднее квадратическое отклонение концентрации;

$T_{\text{st}}$  - коэффициент Стьюдента при  $P=0.95$ ;

$n$  - число данных в градации.

Средняя концентрация вещества в рассматриваемой градации  $C_s$  определяется по формуле:

$$C_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{\text{ф},i} , \quad (6.49)$$

где  $C_{\text{ф},i}$  -  $i$ -тое значение концентрации вещества в градации;

$n$  - количество элементов выборки.

Среднее квадратическое отклонение концентрации  $S_c$  определяется по формуле:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_{\phi,i} - c_s)^2}{n-1}} \quad (6.50)$$

где  $c_{\phi,i}$  -  $i$ -тое значение концентрации вещества в градации;  $c_s$  - средняя концентрация вещества в градации;  $n$  - количество элементов выборки.

Расчетные параметры стока получены с использованием справочных материалов, а гидрохимические характеристики – по данным специализированных лабораторий ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и ОАО «ИнГок».

Для расчета фоновых концентраций веществ в воде р. Ингулец использованы данные химических анализов воды за 2002 – 2005 г.г.

Фоновые показатели качества воды р.Ингулец, рассчитанные по приведенной выше методике, приведены в (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Расчетная концентрация веществ в фоновом створе р.Ингулец.

№ п/п	Показатель качества воды	Минимальная концентрация вещества, мг/л	Средняя концентрация вещества, мг/л	Расчетная фоновая концентрация вещества, мг/л	Среднее квадратическое отклонение
1	<b>Сухой остаток</b>	1603	1853	<b>1992</b>	312.2
2	<b>Хлориды</b>	402.4	582.3	<b>762.0</b>	501.4
3	<b>Сульфаты</b>	652.3	723.8	<b>764.7</b>	100.4

Приведенные фоновые значения показателей качества воды р. Ингулец использованы в качестве расчетных для составления прогнозных характеристик показателей качества воды по длине реки в условиях аварийной ситуации на накопителе шахтных вод в б. Свистунова.

Прогноз изменения качества воды в р. Ингулец при возможной аварийной ситуации на пруду – накопителе в балке Свистунова выполнен для веществ, имеющих наиболее высокие концентрации по отношению к фоновым и предельно допустимым концентрациям. К ним отнесены: сухой остаток, хлориды, сульфаты.

### **6.3. Характеристика реки Ингулец – приемника сточных вод при аварийной ситуации на пруде-накопителе.**

Гидрологические показатели р. Ингулец и расчетные условия для прогноза изменения качества речного стока в условиях аварийного загрязнения определены в соответствии с существующими методами (таблица 6.1).

Среднегодовой расход р. Ингулец у Кривого Рога составляет 7.91 м<sup>3</sup>/с.

Воды р. Ингулец используются для водоснабжения населения, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения, орошения, рыбного хозяйства, в целях рекреации.

В нижнем бьефе Карачуновского водохранилища р. Ингулец принимает сточные воды ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ОАО «ЮГОК», ОАО «ИнГОК», др.

В среднем и нижнем течении р. Ингулец водопользователями являются населенные пункты и сельскохозяйственные объекты Николаевской области, расположенные вблизи реки. Наиболее крупный водопотребитель – Ингулецкая мелиоративная система (ИМС), головная насосная станция которой размещена возле г. Снегиревка. ИМС подает воду из Ингульца на орошение сельхозугодий, а также в Октябрьское водохранилище, используемое для водоснабжения г. Николаев.

Качество воды р. Ингулец формируется под влиянием естественных и антропогенных факторов. Контроль качества воды осуществляется органами Госкомгидромета, Министерства охраны окружающей природной среды Украины, МОЗ, ответственными предприятиями Минпромполитики, отдельными предприятиями - водопользователями.

#### **Характеристика химсостава воды в р. Ингулец.**

*Минерализация и главные ионы.* Анализ среднемесячных данных о качестве воды р. Ингулец показал, что наиболее высокая минерализация воды

около 2267 мг/л наблюдалась в октябре, а среднегодовая была на уровне 1954 мг/л.

Ниже г. Кривого Рога минерализация увеличивается до 2174 мг/л за счет сброса сточных вод. Основными анионами, повышающими минерализацию речной воды, являются сульфаты и особенно хлориды. В районе г. Кривого Рога содержание сульфатов составляло 749 мг/л, хлоридов – 292 мг/л. Ниже концентрация сульфатов снижается до 704 мг/л за счет разбавления сточными водами, в которых концентрация сульфатов составляла 627 мг/л, концентрация хлоридов возрастает до 531 мг/л, т.е. увеличивается в 1.8 раза по сравнению с фоновой.

Довольно значительно выражены сезонные колебания минерализации, хлоридов и сульфатов, которые определяются поступлением высокоминерализованных вод техногенного происхождения, а также условиями питания реки.

*Биогенные вещества.* Среднегодовое содержание азота аммонийного в реке ниже г. Кривого Рога увеличивается с 0.24 до 0.36 мг/л, т.е. приращение составляет 0.12 мг/л. Максимальная концентрация достигает 0.74 мг/л, наблюдалась в зимний период в феврале.

Аналогичная тенденция сохранилась и для нитратов. Концентрация в районе г. Кривого Рога составляла 3.33 мг/л, ниже – 9.07 мг/л.

По содержанию нитритов рыбохозяйственная норма превышает в 3.4 раза. Максимальные значения нитритов достигают 0.37 мг/л, превышая в 4.6 раза рыбохозяйственную ПДК, но не выходят за предел культурно-бытовой нормы.

Среднее за год содержание общего фосфора в верхнем створе р. Ингулец не превышало 0.51 мг/л. Максимальное содержание общего фосфора достигало 0.84 мг/л.

Концентрация железа общего увеличивается по течению реки. Среднее за год содержание железа составляло 0.45 мг/л с максимальным значением 0.71 мг/л в мае.

*Органические вещества.* Содержание легкоокисляемых органических веществ, определяемых по показателю БПК<sub>5</sub>, в воде р. Ингулец колебалось в пределах 3.5- 4.3 мгО<sub>2</sub>/л. Существенного увеличения содержания легкоокисляемых органических веществ на рассматриваемом участке реки не прослеживалось. Такая же ситуация наблюдалась и в отношении показателя ХПК, характеризующего содержание в воде трудноокисляемых органических веществ.

Среди органических загрязняющих веществ наиболее значительные концентрации характерны для нефтепродуктов. Среднее содержание нефтепродуктов составляло 0.28 мг/л, увеличиваясь вниз по течению до 0.35 мг/л. Наибольшее значение 0.37 мг/л отмечено в марте. Во внутригодовом разрезе колебание содержания в воде нефтепродуктов незначительное.

Концентрация фенолов в воде реки не превышала ПДК культурно-бытового водопользования и была меньше 0.001 мг/л.

*Металлы.* Вода р. Ингулец анализировалась на содержание меди, марганца, шестивалентного хрома.

Содержание меди колебалось в среднем от 0.0028 – 0.0040 мг/л. Максимальная концентрация достигала 0.0113 мг/л в августе, что значительно ниже ПДК культурно-бытового водопользования..

Среднее содержание хрома не превышало 0.03 мг/л.

Марганец в большей степени относится к биогенным элементам и в незагрязненных речных водах его содержание обычно колеблется в пределах 1-160 мкг/л. В воде р. Ингулец средняя концентрация марганца составляла менее 0.05 мг/л, а максимальная достигала 0.053 мг/л. Существенного влияния сбросов сточных вод на содержание марганца в р. Ингулец не прослеживалось.

#### **6.4. Характеристика качества воды в пруду-накопителе.**

Систематический контроль за качеством воды в пруду-накопителе выполняет специализированная производственно – экологическая лаборатория.

Анализ результатов анализов проб воды в пруду-накопителе показывает, что в условиях аварийной ситуации *приведет к загрязнению ее вод и затруднит либо сделает временно невозможной работу водозаборов, расположенных в зоне влияния аварии.*

К показателям качества воды, превышающим установленные нормативы, относятся: сухой остаток; взвешенные вещества; сульфаты; хлориды; аммоний солевой; нитриты; нитраты; железо общее; нефтепродукты; БПК; ХПК и др.

Результаты анализов воды в пруду-накопителе приведены в таблице 1.1.

*Поступление потока, образовавшегося в результате прорыва плотины пруда-накопителя, в реку, приведет к загрязнению ее вод и затруднит либо сделает временно невозможной работу водозаборов, расположенных в зоне влияния аварии.*

#### **6.5. Расчет времени распространения зон опасного аварийного загрязнения и качества воды р. Ингулец при аварийной ситуации на пруде-накопителе.**

В основу расчета параметров зон опасного аварийного загрязнения и максимальных концентраций веществ в контрольных створах р. Ингулец положена математическая модель процессов формирования качества воды в водном объекте в условиях аварийной ситуации, рассмотренная в разделе 6.1.

Для оценки влияния поступления в реку сточных вод в результате возможного аварийного сброса их из пруда-накопителя в б. Свистунова на качество воды р. Ингулец рассмотрен участок реки общей протяженностью 278 км от п.г.т. Широкое до устья. На нем выделено девять контрольных створов, начиная от места аварийного сброса сточных вод в р. Ингулец (см. табл.6.1).

Прогнозирование качества воды по длине реки в условиях возможного аварийного сброса сточных вод выполнено для хлоридов, сульфатов и сухого остатка.

Рассмотрено три вариантные схемы возможных аварийных ситуаций на пруду – накопителе в б. Свистунова:

- аварийный прорыв плотины пруда - накопителя при отметке нормального подпорного уровня (НПУ) 88.30 м;
- аварийный прорыв плотины пруда - накопителя при отметке нормального подпорного уровня (НПУ) 86.20 м;
- аварийный прорыв плотины пруда - накопителя при отметке нормального подпорного уровня (НПУ) 84.70 м;

Варианты различаются между собой расходом сточных вод и длительностью аварийного разлива сточных вод.

Характеристики аварийного сброса, получены из работы «Расчет зоны возможного затопления при разрушении плотины пруда – накопителя в балке Свистунова (для отметок 84.7; 86.2; 88.3 м), приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Расчетные характеристики аварийного сброса сточных вод из пруда – накопителя в б. Свистунова

Объем аварийного сброса, м <sup>3</sup>	Максимальный сброс сточных вод, м <sup>3</sup> /с	Средний расход сточных вод, м <sup>3</sup> /с	Время аварийного опорожнения емкости, час
<b>НПУ = 88.30 м.</b>			
11877510	1302.58	726.94	9.78
<b>НПУ = 86.20 м.</b>			
8066440	506.42	316.72	8.48
<b>НПУ = 84.70 м.</b>			
6052430	434.94	251.57	6.71

Моделирование качества воды в р. Ингулец проведено для средних расходов сточных вод.

Анализом полученных результатов установлено, что *длительность аварийного сброса сточных вод не оказывает существенного влияния на процесс формирования максимальных концентраций веществ в водном объекте. От нее зависит только время прохождения зоны высокозагрязненных водных масс через контрольные створы реки.*

Результаты моделирования качества воды в р. Ингулец в условиях возможных аварийных ситуаций на пруду – накопителе в б. Свистунова приведены в табл. 6.4.

В них же приведены промежутки времени, через которые фронт и хвост зоны загрязненных водных масс будут достигать контрольных створов, время прохождения в часах загрязненных водных масс через контрольные створы и ожидаемая максимальная концентрация веществ в них.

Эти характеристики могут служить ориентиром для принятия оперативных мер, направленных на локализацию и ликвидацию последствий экстремального загрязнения поверхностных вод в условиях аварийных ситуаций на пруду – накопителе в б. Свистунова.

Максимальные концентрации веществ в р. Ингулец в условиях аварийных ситуаций на пруду – накопителе, приведенные в табл. 6.5, могут наблюдаться в условиях летнего периода маловодного года 95%-й обеспеченности.

В более многоводные годы, в связи с большими расходами сточных вод и небольшой разбавляющей способностью р.Ингулец в летний период, концентрация загрязняющих веществ в условиях аварийной ситуации по длине реки практически не изменятся.

Таблица 6.4. Прогнозные характеристики зоны высокозагрязненных водных масс в контрольных створах р. Ингулец при аварийной ситуации на пруду - накопителе

№ контрольного створа реки	Расстояние от места аварийного сброса воды до контрольного створа реки, км	Промежуток времени, через который фронт зоны загрязненных водных масс достигнет контрольного створа реки, сутки	Промежуток времени, через который хвост зоны загрязненных водных масс достигнет контрольного створа реки, сутки	Время прохождения зоны высокозагрязненных водных масс через контрольный створ водного объекта, час	Максимальная концентрация вещества в контрольном створе водного объекта, мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
<b>Нормальный подпорный уровень 88.30 м.</b>					
<b>1. Сухой остаток</b>					
1	0.50	0.001	0.473	11.328	36253
2	12.00	0.704	1.247	13.036	362221
3	65.00	4.036	4.731	16.682	36218
4	80.00	4.985	5.710	17.407	36218
5	114.00	7.139	7.929	18.973	36216
6	158.00	9.931	10.795	20.738	36214
7	182.00	11.455	12.358	21.656	36209
8	244.00	15.398	16.388	23.761	36202
9	278.00	17.563	18.596	24.793	36199
<b>2. Хлориды</b>					
1	0.50	0.001	0.473	11.328	19805
2	12.00	0.704	1.247	13.036	19787
3	65.00	4.036	4.731	16.682	19785
4	80.00	4.985	5.710	17.407	19785
5	114.00	7.139	7.929	18.973	19784
6	158.00	9.931	10.795	20.738	19782
7	182.00	11.455	12.358	21.656	19780
8	244.00	15.398	16.388	23.761	19776
9	278.00	17.563	18.596	24.793	19775
<b>3. Сульфаты</b>					
1	0.50	0.001	0.473	11.328	1258
2	12.00	0.704	1.247	13.036	1257
3	65.00	4.036	4.731	16.682	1257
4	80.00	4.985	5.710	17.407	1257
5	114.00	7.139	7.929	18.973	1257
6	158.00	9.931	10.795	20.738	1257
7	182.00	11.455	12.358	21.656	1257
8	244.00	15.398	16.388	23.761	1257
9	278.00	17.563	18.596	24.793	1257

№ контрольного створа реки	Расстояние от места аварийного сброса воды до контрольного створа реки, км	Промежуток времени, через который фронт зоны загрязненных водных масс достигнет контрольного створа реки, сутки	Промежуток времени, через который хвост зоны загрязненных водных масс достигнет контрольного створа реки, сутки	Время прохождения зоны загрязненных водных масс через контрольный створ водного объекта, час	Максимальная концентрация вещества в контрольном створе водного объекта, мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
<b>Нормальный подпорный уровень 86.20 м.</b>					
<b>1. Сухой остаток</b>					
1	0.50	0.001	0.417	9.980	36189
2	12.00	0.705	1.192	11.689	36116
3	65.00	4.036	4.676	15.359	36108
4	80.00	4.986	5.656	16.085	36107
5	114.00	7.138	7.876	17.714	36103
6	158.00	9.930	10.742	19.482	36097
7	182.00	11.454	12.304	20.400	36088
8	244.00	15.397	16.335	22.506	36072
9	278.00	17.562	18.543	23.538	36066
<b>2. Хлориды</b>					
1	0.50	0.001	0.417	9.980	19769
2	12.00	0.705	1.192	11.689	19728
3	65.00	4.036	4.676	15.359	19724
4	80.00	4.986	5.656	16.085	19723
5	114.00	7.138	7.876	17.714	19721
6	158.00	9.930	10.742	19.482	19718
7	182.00	11.454	12.304	20.400	19713
8	244.00	15.397	16.335	22.506	19703
9	278.00	17.562	18.543	23.538	19700
<b>3. Сульфаты</b>					
1	0.50	0.001	0.417	9.980	1257
2	12.00	0.705	1.192	11.689	1255
3	65.00	4.036	4.676	15.359	1255
4	80.00	4.986	5.656	16.085	1255
5	114.00	7.138	7.876	17.714	1255
6	158.00	9.930	10.742	19.482	1255
7	182.00	11.454	12.304	20.400	1255
8	244.00	15.397	16.335	22.506	1255
9	278.00	17.562	18.543	23.538	1255

№ контрольного створа реки	Расстояние от места аварийного сброса воды до контрольного створа реки, км	Промежуток времени, через который фронт зоны загрязненных водных масс достигнет контрольного створа реки, сутки	Промежуток времени, через который хвост зоны загрязненных водных масс достигнет контрольного створа реки, сутки	Время прохождения зоны высозагрязненных водных масс через контрольный створ водного объекта, час	Максимальная концентрация вещества в контрольном створе водного объекта, мг/дм <sup>3</sup>
<b>Нормальный подпорный уровень 84.70 м.</b>					
<b>1. Сухой остаток</b>					
1	0.50	0.004	0.340	8.071	36160
2	12.00	0.706	1.117	9.855	36068
3	65.00	4.035	4.604	13.663	36058
4	80.00	4.983	5.585	14.437	36057
5	114.00	7.137	7.803	16.003	36052
6	158.00	9.929	10.670	17.774	36044
7	182.00	11.453	12.232	18.693	36033
8	244.00	15.396	16.262	20.801	36012
9	278.00	17.560	18.470	21.834	36005
<b>2. Хлориды</b>					
1	0.50	0.004	0.340	8.071	19753
2	12.00	0.706	1.117	9.855	19701
3	65.00	4.035	4.604	13.663	19696
4	80.00	4.983	5.585	14.437	19695
5	114.00	7.137	7.803	16.003	19692
6	158.00	9.929	10.670	17.774	19688
7	182.00	11.453	12.232	18.693	19682
8	244.00	15.396	16.262	20.801	19670
9	278.00	17.560	18.470	21.834	19666
<b>3. Сульфаты</b>					
1	0.50	0.004	0.340	8.071	1256
2	12.00	0.706	1.117	9.855	1255
3	65.00	4.035	4.604	13.663	1255
4	80.00	4.983	5.585	14.437	1254
5	114.00	7.137	7.803	16.003	1254
6	158.00	9.929	10.670	17.774	1254
7	182.00	11.453	12.232	18.693	1254
8	244.00	15.396	16.262	20.801	1254
9	278.00	17.560	18.470	21.834	1254

## 7. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕХНОГЕННУЮ СРЕДУ В ЗОНЕ РАСТЕКАНИЯ ПОТОКА

Оценка воздействия на техногенную среду при аварийном разливе из пруда-накопителя шахтных вод в б. Свистунова включает определение основных объектов техногенной среды, попадающих в зону затопления.

Согласно выполненным прогнозам, в зону риска могут попасть объекты техногенной среды, расположенные в:

- п.г.т. Широкое в районе балки Широкая;
- в пойме реки Ингулец, в ее среднем и нижнем течении. Могут выйти из строя водозаборные сооружения, расположенные на значительном протяжении реки Ингулец.

Оценка объектов техногенной среды, попадающих в опасную зону, выполнена для п.г.т. Широкое (см. раздел 5.2.2).

## 8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ

Анализ движения волны излива по рельефу местности от прорана до впадения в реку Ингулец и далее вниз по течению реки - позволил сформировать рекомендации по защитным мероприятиям (мероприятиям по локализации и ликвидации последствий аварии).

Показателем ликвидации аварии можно считать соответствие качества воды в р. Ингулец предаварийному.

Для предотвращения возможности возникновения аварий на пруде-накопителе в б. Свистунова конструктивными решениями обеспечивается требуемая устойчивость плотины сооружения.

Контроль состояния плотины пруда-накопителя реализуется с использованием контрольно-измерительной аппаратуры: пьезометров, поверхностных и глубинных марок, марок горизонтального смещения. Указанная аппаратура позволяет контролировать положения уровней кривой депрессии в теле плотины, садку и смещение тела плотины, а также ее основания.

В целях предотвращения аварии на пруду-накопителе организована и ведется физическая охрана объекта.

### 8.1. Мероприятия по локализации последствий аварии.

В случае, если авария на плотине пруда-накопителя произошла, необходимо выполнить следующие действия:

- своевременно оповестить об опасности население, проживающее в зоне предполагаемого затопления;
- оповестить администрации Днепропетровской, Николаевской и Херсонской областей для:

- оповещения водопотребителей и временного прекращения водопользования в в зоне влияния аварии (от с. Андреевка до г. Снегиревка и ниже до устья р. Ингулец);
- организации работ по обеспечению водоснабжения населения, проживающего в зоне влияния аварии, из альтернативных источников, если таковые есть, или привозной водой;
- организации наблюдений за состоянием мостовых конструкций и гидротехнических сооружений, расположенных в зоне влияния аварии;
- организации эвакуации населения из опасных зон (в случае необходимости);
- организации работ по выносу объектов техногенной среды из опасных зон (в случае необходимости и если это возможно).

## **8.2. Мероприятия по ликвидации последствий аварии.**

Комплекс мероприятий по ликвидации последствий аварии включает:

- осушение скоплений излившихся вод, оставшихся в локальных понижениях рельефа (в течение первых суток после аварии);
- вывоз сточных вод с локальных пониженных загрязненных участков в пруд-накопитель;
- организацию наблюдений за качеством воды в колодцах в районе зоны затопления;
- промывку русла р. Ингулец специальными попусками из Карачуновского водохранилища (по аналогии с промывкой русла реки после регламентного сброса излишков шахтных вод Кривбасса);
- организацию наблюдений за качеством воды в створах п.г.т. Широкое, с. Андреевка, ГНС ИМС, с. Архангельское. Показателем завершения

или ликвидации аварии на хвостохранилище ИнГОК можно считать соответствие качества воды в р. Ингулец предаварийному.

### 8.3. Мониторинг окружающей природной среды.

Согласно приведенным выше оценкам воздействия на окружающую среду, контроль ее состояния следует проводить по следующим ее компонентам:

- в зоне затопления объектами наблюдений будут подземные воды и объекты техногенной среды;
- в зоне влияния аварии - воды р. Ингулец в среднем и нижнем течении (от п.г.т. Широкое до с. Архангельское).

Мониторинг подземной гидросферы будет проводиться в зоне пруда-накопителя на базе существующей гидрорежимной сети; в зоне затопления – на базе существующих колодцев.

Контроль состава подземных вод следует проводить по группе индикаторных показателей (минерализация; сульфаты; нитраты; хлориды).

Мониторинг поверхностных вод должен включать контроль качества воды в среднем и нижнем течении р. Ингулец. Контрольные створы следует расположить в п.г.т. Широкое, с. Андреевка, у ГНС ИМС (г. Снегиревка), в с. Архангельское.

Наблюдения за состоянием поверхностных вод в зоне влияния аварии целесообразно проводить:

- ежедневно в течение первых двух недель от начала разлива;
- не реже 1 раза в неделю в третью – пятую неделю от начала разлива;
- далее – не реже двух раз в месяц в течение последующих двух месяцев.

Наблюдения в системе мониторинга будут выполняться:

- в зоне пруда-накопителя - силами служб ГП «Шахтозакриття»;
- в зоне затопления - силами служб МЧС;

- в зоне влияния аварии:
  - в створе с. Андреевка – силами Криворожской государственной экологической инспекции и государственного управления экологии и природных ресурсов в Николаевской области;
  - в створе ГНС ИМС – силами государственного управления экологии и природных ресурсов в Николаевской области;
  - в створе с. Архангельское – силами государственного управления экологии и природных ресурсов в Херсонской области.

В контроле качества поверхностных и подземных вод принимают участие службы МОЗ Украины.

Службами МОЗ Украины по результатам контроля выдается разрешение на возобновление водопользования в зоне влияния аварии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разделе ОВОС рассмотрены аварийные ситуации, наиболее характерные для подобного рода накопителей промышленных отходов и представляющие наибольшую опасность для окружающей среды. Это аварии, связанные с нарушением устойчивости подпорных сооружений, и сопровождающиеся растеканием сточной воды на значительных площадях.

Авария с разрушением плотины на пруду-накопителе шахтных вод в б. Свистунова классифицируется как авария первой категории и возможна только при чрезвычайных обстоятельствах, а именно в случае: диверсии; стихийного бедствия, стечения нескольких обстоятельств. Вероятность наступления события, соответствующего аварии первой категории на пруду-накопителе шахтных вод в б. Свистунова, менее 0.02%.

Наиболее неблагоприятным участком плотины, в результате разрушения которого будет причинен максимальный ущерб, является створ плотины на ПК 27, соответствующий тальвегу балки, где плотина имеет максимальную высоту.

Аварийный процесс можно разделить на два этапа. На первом происходит разрушение тела плотины, на втором - движение потока по прилегающей к пруду-накопителю местности.

Характеристики потока излива и параметры зоны предполагаемого затопления рассчитаны для трех независимых вариантов заполнения пруда-накопителя (для отметок 84.7; 86.2; 88.3 м).

Согласно выполненным расчетам, время излива при размыве плотины пруда-накопителя составит 6,7-9,8 часа, в зависимости от варианта заполнения хвостохранилища. За это время изольется, в зависимости от расчетного варианта, от 6 до 12 млн.м<sup>3</sup> субстанции.

После завершения движения по внешнему откосу сооружения, поток направится по прилегающей к пруду-накопителю территории. Как следует из проведенных расчетов, при прорыве плотины поток направится по понижениям рельефа (б. Широкой) к руслу р. Ингулец, и далее будет двигаться водным

путем, образуя более обширную, в сравнении с зоной затопления, зону воздействия на окружающую среду.

В месте впадения поток раздваивается: основная часть его направляется вниз по руслу реки к с. Андреевка, меньшая – подтапливает пойму реки в районе п.г.т. Широкое.

В зоне затопления объектами прямого воздействия будут поверхностные воды, частично строения п.г.т. Широкое, которые могут быть повреждены в результате разлива воды из пруда-накопителя.

Зона воздействия на окружающую среду пруда-накопителя в б. Свистунова при прорыве его плотины включает зону затопления, а также значимые для региона водные и техногенные объекты, такие, как: река Ингулец от п.г.т. Широкое до устья; водозаборы различного назначения, расположенные в бассейне р. Ингулец ниже с.Андреевка; гидротехнические объекты, расположенные по течению реки Ингулец ниже с.Андреевка; объекты техногенной среды, расположенные в пойме реки от места впадения потока и ниже; и др.

В среднем и нижнем течении Ингульца водопотребителями являются населенные пункты и сельскохозяйственные объекты Николаевской области, расположенные вблизи реки. Наиболее крупный водопотребитель – Ингулецкая мелиоративная система (ИМС), головная насосная станция которой (ГНС) размещена возле г. Снегиревка. ИМС подает воду из Ингульца на орошение сельхозугодий, а также в Октябрьское водохранилище, используемое для водоснабжения г. Николаев.

Поступление потока, образовавшегося в результате прорыва плотины пруда-накопителя в б. Свистунова, в реку Ингулец приведет к загрязнению вод реки в ее среднем и нижнем течении. Все выше перечисленное затруднит либо сделает временно невозможной работу водозаборов, расположенных в зоне влияния аварии.

Поскольку ключевым объектом негативного воздействия является р. Ингулец, экологические последствия аварии оценивались по уровню влияния на состояние речной воды.

Моделирование процесса загрязнения р. Ингулец позволило определить динамику перемещения загрязнений с аварийным изливом и ожидаемую максимальную концентрацию загрязняющих веществ в речной воде.

Результаты моделирования показывают, что длительность аварийного сброса сточных вод не влияет на процесс формирования максимальных концентраций веществ в водных объектах. Значения максимальных концентраций веществ и максимальных величин показателей качества воды (сухой остаток, БПК<sub>5</sub>, ХПК) постепенно снижаются от створа сброса аварийных сточных вод к устью реки, значительно превышая практически во всех контрольных створах как санитарно-гигиенические нормативы, так и рыбохозяйственные.

Время прохождения зоны высокозагрязненных водных масс через контрольные створы реки зависит от длительности аварийного сброса сточных вод и практически завершается к концу 18 суток от начала аварийного сброса в реку сточных вод пруда-накопителя. По истечении этого времени, в зависимости от состояния русла реки и качества речной воды, рассматривается вопрос о необходимости промывки р. Ингулец.

С целью локализации и ликвидации последствий аварии в случае ее возникновения на пруде-накопителе шахтных вод в б. Свистунова предполагается выполнить комплекс мероприятий организационного, защитного и охранного характера. Основными из числа рекомендованных защитных мероприятий являются мероприятия, связанные с организацией пуска Карачуновского гидроузла для промывки русла р. Ингулец после прохождения аварийного сброса.

Остаточные воздействия после реализации мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии предположительно будут состоять в наличии

разрушенных объектов техногенной среды по трассе растекания потока излива и в загрязнении поверхностных вод в зоне растекания потока (р. Ингулец).

Основные ущербы в результате аварии на пруде-накопителе в б. Свистунова будут связаны с нарушениями в работе водохозяйственной системы бассейна р. Ингулец и организацией временных схем альтернативного водоснабжения населения, промышленности, сельского хозяйства региона. Вероятно, потребуются затраты на восстановление объектов техногенной среды.

Необратимым может быть воздействие аварии на состояние водной экосистемы р. Ингулец в ее среднем и нижнем течении. Авария может привести к массовой гибели рыбы в результате отравления вредными веществами, нарушению мест ее нагула и нереста при размыве русла, ухудшению количественных и качественных характеристик кормовой базы.

Таким образом, можно утверждать, что прорыв плотины пруда-накопителя шахтных вод в б. Свистунова приведет к тяжелым экологическим и экономическим последствиям.

Одновременно отметим, что при соблюдении рекомендованного режима наполнения пруда-накопителя, его эксплуатация не приведет к возникновению аварии на основных сооружениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о НИР «Выдать заключение о состоянии дамбы пруда-накопителя шахтных вод в балке Свистунова по материалам подповерхностного зондирования сооружения», ГЦИУ «УкрВОДГЕО», Харьков, 2005 г.
2. Отчет о НИР «Расчет зоны возможного затопления при разрушении плотины пруда-накопителя в балке Свистунова (для отметок 84,7 м; 86,2 м; 88,3 м)», ГАК «Укррудпром», Кривой Рог, 2002 г.
3. Отчет о НИР «Прогноз аварийной ситуации на хвостохранилище ИнГОКа», ГПИ «Кривбасспроект» и АОЗТ «Тяжпромавтоматика», 2003 г.
4. Отчет о НИР «Оценить на основе гидродинамического и гидрохимического моделирования зоны влияния и масштабы загрязнения подземных водоносных горизонтов фильтрационными водами из пруда-накопителя в б. Свистунова», АОЗТ «Тяжпромавтоматика», Харьков, 2006 г.
5. Материалы обследования и паспортизации сооружений пруда-накопителя шахтных вод в балке Свистунова, ОАО «Укрводпроект», Киев, 2002 г.
6. Каниболоцкий А.А. Динамика размыва плотины хвостохранилища переливающимся потоком воды. Труды института ВИОГЕМ. Осушение месторождений, рудничная гидрогеология, специальные горные работы, гидротехника. с.93 – 98. 1980.
7. Большаков В.А., Константинов Ю.М. и др. Справочник по гидравлике. Головное издательство издательского объединения «Вища школа». Киев, 1984. 344 с.
8. Леви И.И. Динамика русловых потоков. Госэнергоиздат. Л., 1957. 252 с.
9. Водный кодекс Украины.

10. Закон України про охорону навколишнього природного середовища, 1991 г.
11. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения возвратными водами, 1999г.
12. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения, СанПиН № 4630-88.
13. ГОСТ 17.1.1.01 – 77 "Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения".
14. Пособие для органов по регулированию использования и охране вод по выявлению источников аварийных сбросов загрязняющих веществ и экстремально высокого загрязнения водных объектов. М., Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, ДСП, 1985г.
15. Инструкция по оперативному обследованию водных объектов при возникновении экстремальных ситуаций. М. Государственный комитет СССР по охране природы (проект).
16. Методические указания по организации и проведению наблюдений и контроля за загрязнением поверхностных вод суши в системе Общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязнением объектов окружающей среды. Гидрометеоиздат, Л., 1977.
17. ДБН А.2.2-1-2003. Состав и содержание материалов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании и строительстве предприятий, зданий и сооружений. Киев, 2003 г.
18. Пособие по выявлению источников загрязнения водных объектов. Харьков, ВНИИВО, 1988 г.
19. Усовершенствованные методические рекомендации по оперативному прогнозированию распространения зон опасного аварийного загрязнения в водотоках и водоемах, а также уровней содержания в воде основных загрязняющих веществ. С.-П., Гидрометеоиздат, 1992 г.

20. Исследование функционирования и математическое моделирование водохозяйственных объектов и систем в условиях катастроф и стихийных бедствий. б. научн.тр., вып.4, ДСП, НПО САНИИРИ, Ташкент, 1988.
21. Правила безопасности при эксплуатации хвостовых, шламовых и гидроотвальных хозяйств. Разработаны НИИ ВИОГЕМ и Госгортехнадзором России. Утверждены Госгортехнадзором России. Постановление № 43 от 05.11.1996. Срок ведения в действие с 1997 г.
22. Про об'єкти підвищеної небезпеки. Закон України від 18 січня 2001 року № 2245 - Ш.
23. Про заходи щодо підвищення рівня захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Указ Пре-зидента України від 9 лютого 2001 року № 80/2001.
24. Временные методические рекомендации по оперативному прогнозированию загрязненности рек. -Л., Гидрометеиздат, 1981. - 104 с.