

реакции системы на возмущение (в нашем случае – повышение УГВ в результате строительства водохранилища). Среди них наиболее важна активизация эрозийных процессов, в результате которых в аквальных комплексах происходит накопление вторичных донных отложений.

Изучение динамики единого парагенетического комплекса, характеризующегося взаимным влиянием водохранилища и ландшафтов прибрежной зоны, необходимо для правильного понимания хода ландшафтообразующих процессов, их влияния на морфологическую структуру ПТК, для прогнозирования неблагоприятных тенденций развития и выработки наиболее адекватного хозяйственного использования территории.

1. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения. М., 1973.
2. Кузьмина И. В., Островская Л. М. // Вопр. географии. Сб.114. Биогеографические аспекты природопользования. М., 1980. С.133.
3. Михайлов В. И., Губин В. Н. // Известия ВГО. 1987. Т.119. Вып.4. С.351.
4. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой / Под ред. В.М.Широкова. Мн., 1991.
5. Широков В. М. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1992. №1. С.54.
6. Он же // Там же. 1994. №2. С.44.
7. Динамика ландшафтов в зоне влияния Куйбышевского водохранилища. СПб., 1991.
8. Ландшафты Белоруссии / Под ред. Г.И.Марцинкевич, Н.К.Клициуновой. Мн., 1989.

УДК 910.1.911.2

Ю.Н.ЕМЕЛЬЯНОВ, А.Г.ГРИНЕВИЧ

ПРИНЦИПЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ В РЕЧНЫХ ПОТОКАХ

A number of model accidental cases has been worked on diagnostically on the rivers of Belarus. The principal possibilities of the reaction of the river-basins on accidental throws have been considered.

Одним из основных факторов снижения негативных последствий возможных аварийных сбросов загрязненных вод в реки (источники водоснабжения) является предварительная диагностическая проработка серии априорных модельных аварийных ситуаций. Основной целью таких модельных расчетов (диагностических оценок) является выяснение реакции речных систем на те или иные аварийные сбросы – длительность их распространения по реке, возможная скорость распространения, темпы затухания первоначальной максимальной концентрации.

Принципы таких расчетов заключаются в принятии серии гипотетических аварийных ситуаций и расчетов для фактических реальных речных систем, имеющих практическое значение с точки зрения либо вопросов водоснабжения населения, либо более общих экологических проблем тех или иных районов.

Основным методическим материалом для подобных расчетов являются существующие рекомендации по оперативному прогнозированию [1].

Основываясь на этих рекомендациях, на априорном уровне можно решить ряд практически значимых задач: оценить реальные (в основном информационные) возможности использования в оперативной практике существующей методики прогноза распространения аварийных загрязнений; на основе анализа реальных условий данного речного бассейна и принятых различных сценариев аварийного загрязнения проведение диагностических расчетов распространения аварийных загрязнений.

Как известно, основными параметрами, которые необходимо оценить, являются: время, через которое пик волны загрязнения достигнет данного створа реки; возможная максимальная концентрация основного загрязняющего вещества в различных створах по пути продвижения этой волны; время прохождения фронта и хвостовой части загрязненной массы воды. Следует отметить, что основная трудность расчета этих параметров в оперативном режиме заключается в том, что обычно отсутствует крайне необходимая информация о собственно аварийном сбросе.

Принципиальные возможности расчетов рассмотрены на примере части бассейна р. Днепр от границы с Россией и до места впадения р. Сож. Гидрометрическая изученность этого бассейна выглядит следующим образом: в 16 пунктах производятся измерения уровня, расходов и температуры воды, ледовых явлений; в 7 створах регистрируются только гидрохимические показатели речных вод; на 10 створах осуществляется полный контроль и за гидрометрическими (уровень, температура, расход воды, ледовые явления) и за гидрохимическими показателями, один створ – только уровенный и на двух ведутся уровенные и гидрохимические измерения.

Основными расчетными створами выбраны (исходя из измеряемых параметров, длины рядов и их значимости) следующие: р.Днепр – у городов Орша, Могилев, Жлобин, Речица; р.Березина – у Борисова, Бобруйска, Светлогорска; р.Свислочь – у Заславля и у поселков Королищевичи, Теребуты.

Необходимым этапом в обработке и подготовке исходной информации к расчетам разбавления загрязнений в речной воде является анализ взаимосвязи различных параметров, а также их изменчивости во времени и пространстве.

Анализ исходных расчетных параметров прежде всего заключается в определении степени взаимосвязей между расходом, скоростью течения воды, шириной и глубиной речного потока (при данном расходе воды), а также в изменении их от створа к створу. Так, например, были проанализированы изменения скорости течения в зависимости от величины среднемесячного расхода воды (на основе построения соответствующих корреляционных связей) для трех створов по р.Днепр (табл.1).

Таблица 1

Сопряженные данные по скоростям течения (м/с) и расходам воды в реке

Место измерений	Расход воды, м ³ /с							
	15	20	25	30	35	40	45	50
Смоленск	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,35
Орша	–	0,21	0,25	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40
Могилев	–	–	–	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43

Примечание: Данные по Смоленску дают возможность оценить значения необходимых параметров р.Днепр в створе на границе с Россией.

Средняя скорость, соответствующая конкретному расчетному створу, определяется линейным интерполированием между данными значениями. Так, например, средняя скорость течения в створе у Орши, соответствующая минимальному среднемесячному расходу воды 95%-й обеспеченности (20,8 м³/с) будет приблизительно равна 0,22 м/с.

При определении расчетного расхода воды по всем створам возможного прохождения загрязненных масс необходимо знать изменение расхода воды по длине реки. Проведен анализ этого изменения и корреляционной зависимости расходов воды по основным створам экспериментального бассейна в период межени (июнь(май) – март). Результаты этого анализа представлены в табл.2.

Наличие подобной системы уравнений позволяет переходить от расхода воды в ближайшем от аварийного сброса створе к расположенным ниже по течению реки пунктам, для которых необходимо осуществить соответствующие расчеты в том случае, если нет возможности быстро их измерить непосредственно в момент продвижения загрязненных масс воды. Точность таких оценок, естественно, будет снижаться от одного расчета к другому, так как происходит накопление ошибок. Избежать этого можно только путем контрольных измерений расходов воды и корректировки дальнейших расчетов.

Как показали специальные исследования [2,3], одним из основных факторов, влияющих на процесс разбавления загрязнений речными водами, является характеристика изменения расхода воды по длине реки. Отношение $Q_{нач}/Q_{кон}$ (где $Q_{нач}$ – расход воды в начале расчетного участка, $Q_{кон}$ – в конце участка) может рассматриваться как индекс способности речного потока к разбавлению загрязненных вод. В связи с этим рассмотрено изменение этого показателя вдоль реки с использованием расчетных минимальных среднесуточных летних расходов воды 95%-й обеспеченности (табл.3).

Характеристика корреляционной зависимости расходов воды по длине реки

Створ реки	Длина ряда	Средние		Линейное уравнение связи	Коэффициент корреляции	Ошибка коэффициента корреляции
		у	х			
У-Свислочь (Осиповичи)	70	22,8	23,1	$Y=1,10+10,94 X$	0,95	0,006
Х-Свислочь (Теребуты)						
У-Березина(Бобруйск)	70	97,6	22,8	$Y=21,4+3,34 X$	0,70	0,04
Х-Свислочь(Осиповичи)						
У-Березина(Борисов)	50	29,2	6,3	$Y=8,36+3,32 X$	0,66	0,053
Х-Березина(Бер.Липское)						
У-Березина(Бобруйск)	50	100,6	29,2	$Y=8,84+3,34 X$	0,94	0,01
Х-Березина(Борисов)						
У-Березина(Светлогорск)	50	111,8	100,6	$Y=1,27+1,10 X$	0,98	0,003
Х-Березина(Бобруйск)						
У-Березина(Речица)	50	269,8	111,8	$Y=-7,66+2,48 X$	0,92	0,016
Х-Березина(Светлогорск)						
У-Днепр(Могилев)	50	84,1	71,1	$Y=3,59+1,13 X$	0,98	0,001
Х-Днепр(Орша)						
У-Днепр(Жлобин)	50	131,2	84,1	$Y=17,3+1,35 X$	0,95	0,01
Х-Днепр (Могилев)						
У-Днепр(Речица)	50	263,7	131,2	$Y=73,5+1,45 X$	0,93	0,012
Х-Днепр(Жлобин)						
У-Днепр(Лоев)	50	386,3	250,6	$Y=-108,2+1,97 X$	0,93	0,011
Х-Днепр(Речица)						

Таблица 3

Изменение водности по длине рек Днепр и Березина

Площадь водосбора в створе. км ²	Приточность на расчетном участке	
	м ³ /с	% от расхода в верхнем створе
	<i>р.Днепр</i>	
14100		
18000	5,7	46,3
21000	8,2	45,8
30300	13,8	52,7
58200	62,0	155,0
102000	112,0	110,0
	<i>р.Березина</i>	
2000		
3000	2,16	52,2
4650	3,56	56,2
5690	1,94	19,7
7000	2,60	22,0
10000	5,30	36,8
12400	21,70	110,0
17500	7,50	31,6
20200	3,30	10,6
24500	7,60	22,0

При проведении расчетов разбавления загрязненных речных вод необходимо рассматриваемый участок речной сети разбить на однородные гидроморфологические участки, внутри которых гидравлические условия мало изменяются и допускается осреднение всех исходных параметров. Так, например, при

проведении опытных расчетов по р.Днепр было принято следующее предварительное разделение на однородные участки: от границы с Россией до места впадения р.Друть; от р.Друть до места впадения р.Березина; от р.Березина до места впадения р.Сож; от р.Сож до гидроствора Лоев.

Особенностью анализа и организации исходной информации в данном исследовании является то, что эта информация используется для проведения модельных расчетов с априорным заданием серии исходных аварийных ситуаций.

Исходная информация должна формироваться в виде трех групп данных:

1) характеристики речной сети, являющиеся постоянными для данного бассейна, т.е. не изменяющиеся ни во времени, ни в зависимости от характера аварийного сброса – тип реки, границы однородных гидроморфологических участков (в пределах которых допускается усреднение основных исходных расчетных параметров), расстояние между упорядоченными расчетными точками, коэффициенты шероховатости, извилистость и т.п. (по однородным участкам);

2) переменные характеристики водного потока, которые в основном и определяют процесс распространения загрязненных вод – скорость течения, температура, расходы воды, глубина и ширина водотока;

3) характеристики собственно аварийной ситуации: время, место и форма сброса, вид загрязняющего вещества (или нескольких веществ) и его концентрация в момент сброса в речную сеть.

Каждая группа данных имеет свои особенности. В зависимости от наличия информации и формы ее дальнейшего преобразования выделяются виды расчетных точек:

а) гидрометпосты, по которым имеются все или почти все исходные данные, необходимые для расчетов (расход воды, скорость течения и т.д.);

б) города (или другие пункты), для которых необходимо рассчитывать параметры аварийного загрязнения;

в) границы однородных гидроморфологических участков (обычно это места впадения притоков в основную реку).

Наиболее простым расчетным приемом является использование балансового уравнения, описывающего процесс разбавления консервативного загрязнения, поступающего в речной поток [4]:

$$S = \frac{Q_p S_p + Q_{c\bar{\sigma}} S_{c\bar{\sigma}} + Q_{\bar{\sigma}} S_{\bar{\sigma}}}{Q_p + Q_{c\bar{\sigma}} + Q_{\bar{\sigma}}}$$

где Q_p – расход воды в реке, $Q_{\bar{\sigma}}$ – величина боковой приточности на расчетном участке реки, $Q_{c\bar{\sigma}}$ – расход загрязненных вод, сбрасываемых в реки, S_p , $S_{c\bar{\sigma}}$, $S_{\bar{\sigma}}$ – концентрация загрязняющего вещества в речной воде, в сбросе сточных (или иных) вод и в воде притоков соответственно, S – результирующая концентрация вещества в расчетном створе.

При отсутствии подробной гидрометрической информации и при необходимости оперативного принятия решений в качестве оправдано использование таких простых приемов. Например, при движении аварийного сброса по р.Днепр в 1983 г. использование этого балансового соотношения позволило при весьма ограниченной исходной гидрометрической информации и в сжатые сроки оценить характер изменения величины минерализации вниз по реке и соответственно степень опасности ситуации для водопользователей.

Однако для диагностических расчетов целесообразно использовать более точную методику, утвержденную в качестве нормативного документа, но предусматривающую использование исключительно стандартной информации, измеряемой на стационарной гидрометрической сети, а не с помощью специализированных гидравлических и гидрохимических наблюдений.

С целью проведения многовариантных диагностических расчетов на примере экспериментального бассейна были приняты серии исходных данных. В расчетах распространения аварийных загрязнений в соответствии с указанными методическими рекомендациями использовались различные варианты следующих величин: расходы воды в реке в месте аварийного сброса (АС), место АС по реке и в створе, расход сточных вод и концентрация загрязняющих ве-

ществ, форма АС и его продолжительность, величина уклона русла и коэффициент шероховатости.

Было рассмотрено три пункта аварийных сбросов — в Смоленске, Орше и Борисове. Для каждой из этих точек анализировалась серия вариантов (всего 232).

Результирующая концентрация загрязняющего вещества выражается в долях от принятого ПДК, так как аварийную ситуацию рекомендуется отслеживать вплоть до створа, в котором величина концентрации вещества достигает значения ниже ПДК. Однако необходимо отметить, что должны быть разработаны специальные ПДК загрязняющих веществ для условий аварийных ситуаций, учитывающие кратковременный характер их воздействия на водные объекты.

Естественно, такие расчеты носят достаточно схематический характер. Реальное состояние окружающей среды в момент возникновения аварийной ситуации может существенно повлиять, в частности, на скорость процессов самоочищения, причем и в сторону ускорения, и в сторону замедления этого процесса. Например, суммарное воздействие некоторых элементов (цинк, медь, кобальт и т.д.) на гидробиологический режим речных вод может уменьшить их самоочищающую способность на 15–40%.

Существуют региональные классификации скоростей превращения сточных вод в зависимости от их происхождения [5]. Так, для хозяйственно-бытовых стоков можно принять коэффициент самоочищения при $t=20^\circ$ – 0,2 в 1/сут., а для стоков предприятий, содержащих токсичные вещества – менее 0,01 в 1/сут.

Во всех диагностических расчетах коэффициент самоочищения принимался равным нулю, так как это соответствует наименее благоприятным условиям протекания процесса, т.е. получаются более жесткие выводы о развитии аварийной ситуации.

Предварительные выводы (в рамках заданных значений параметров) относительно влияния некоторых исходных величин на конечные результаты расчетов по данной методике в основном сводятся к следующему.

Одной из наименее известных характеристик является форма аварийного сброса (эпюра во времени). Влияние этой эпюры на максимальную концентрацию загрязняющего вещества, как оказалось, заметно проявляется только на протяжении ближайших 100 км (от сброса), затем результаты различных вариантов мало отличаются друг от друга. Введение в расчеты значений коэффициента шероховатости в интервале от 0,03 до 0,05 (обычные для равнинных рек), также слабо повлияло на конечные значения максимальных концентраций вещества. В то же время включение в расчеты значений уклонов речного русла (методика предусматривает варианты расчетов как при наличии, так и при отсутствии информации об уклонах) заметно отражается на результатах расчетов. Значительно влияние и общей продолжительности аварийного сброса.

Балансовый метод во всех случаях дает большие значения максимальных концентраций (до 60%) по мере продвижения вниз по течению.

Исходя из результатов диагностических расчетов при различном сочетании входящих в формулы параметров, можно сделать некоторые выводы о подготовке исходной информации, необходимой для расчетов в оперативном режиме. Так, например, гидрографическое описание речных систем должно включать целый ряд параметров, которые могут способствовать уточнению расчетов распространения загрязнений. По крайней мере, для основных источников аварийного загрязнения вод, а также водозаборов, расположенных в зоне возможного влияния аварийных сбросов.

Следует отметить, что предварительный анализ расчетных формул и исходных данных, а также оценка взаимосвязи входящих в формулы переменных позволяют выяснить, что именно необходимо измерять в первую очередь в момент обнаружения аварийного загрязнения на данной реке. С учетом необходимости оперативного принятия решений в условиях аварийных ситуаций это имеет существенное практическое значение. На основе проведенного анализа предлагается следующая принципиальная схема подготовки исходной информации и проведения диагностических расчетов:

– определение для каждого календарного месяца минимального расхода расчетной обеспеченности в опорных створах на реке;

– оценка связи всех расчетных гидроморфологических параметров (V , H , ω , B) от расходов воды и формирование серии сопряженных таблиц (при наличии

информации – построение карт изменения скоростей течения по территории для нескольких фаз водного режима);

– оценка взаимосвязи расходов воды между соседними створами на реке (расчет соответствующих уравнений и коэффициентов корреляции);

– формирование серии исходных данных для диагностических оценок возможных параметров аварийных сбросов с учетом реального наличия в речном бассейне накопителей, шламохранилищ, складов ядовитых веществ и других потенциальных источников аварийных ситуаций (их объемы, состав, свойства вещества и т.п.);

– оценка диапазона колебаний всех входящих в расчетные формулы параметров;

– расчет характеристик аварийных загрязнений по утвержденной методике для всего диапазона исходных данных.

Целесообразно построение результирующих номограмм, упрощающих дальнейшее использование результатов расчетов.

1. Усовершенствованные методические рекомендации по оперативному прогнозированию распространения зон опасного аварийного загрязнения в водотоках и водоемах, а также уровней содержания в воде основных загрязняющих веществ. СПб., 1992.

2. Фадеев В.В., Клименко О.А., Тарасов М.Н., Семенов И.В. // Гидрохимические материалы. 1969. Т.50. С.134.

3. Фаустова Л.И. // Труды ГГИ. 1974. Вып.210. С.151.

4. Временные методические рекомендации по оперативному прогнозированию загрязненности рек. Л., 1981.

5. Казарян Б.Г. // Тр. Таллин. политехн. ин-та. 1971. Сер.А. №309. С.39.

УДК 631.432+504.53.06

Е.И. ГАЛАЙ

ВОЗДЕЙСТВИЕ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА СТРУКТУРУ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

The limit concentrations of the PAK and SCSW which do not destroy the structure and degradation of the soil are founded. The quantities of the mineralized waters which do not change the aquous properties of the soil are grounded.

Для повышения плодородия и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур в Беларуси необходимо изыскивать возможности использования имеющихся ресурсов и отходов производства в качестве источника минерального питания растений, создавать на их основе новые виды удобрений с высокой концентрацией питательных веществ. Так, при проведении геологоразведочных работ в республике выявлены значительные запасы подземных высокоминерализованных вод – полиметаллического водного концентрата (ПВК). Большое количество минерализованных сточных вод (рассолов глинисто-солевых шламов – РГСШ) образуется при производстве калийных удобрений в ПО "Беларускалий". Эти два вида минерализованных вод отличаются содержанием агрономически ценных макро- и микроэлементов, благодаря чему возможно их использование в сельском хозяйстве.

Однако в результате внесения засоленных вод в почву происходит либо разрушение ее структуры, либо увеличение количества водорочных агрегатов. В зависимости от структурных характеристик почвы изменяются ее фильтрационные и водные свойства, влагопроводность, испаряемость влаги и тепловой режим, а также подвижность элементов питания растений.

Целью данной работы является изучение влияния природных (ПВК) и техногенных (РГСШ) минерализованных вод на структуру и водные свойства почвы. Из анализа литературы [1–5] следует, что по мере увеличения солевой нагрузки происходит разрушение структуры почвы. Так, под воздействием длительного орошения черноземов, темно-каштановых почв их дисперсность возросла на 18–23%, увеличилась плотность [1]. Вследствие уплотнения почвы уменьшается ее капиллярная пористость и водоудерживающая способность, что способствует миграции солей, в том числе и в грунтовые воды. В связи с возможностью таких последствий целесообразно установить предельно допустимые концентрации ПВК и РГСШ, не вызывающие ухудшения структурного состояния