



ВОДОСНАБЖЕНИЕ И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

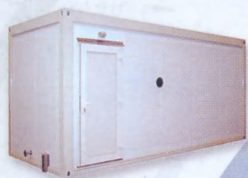
ООО КОМПАНИЯ «СТАНДАРТ ЭКОЛОГИЯ» — СЕРЕБРЯНЫЙ СПОНСОР «ЭКВАТЭК-2010»



Станция биологической очистки сточных вод
ККВШ-120-3600.911.X+Д
Предназначена для наружного
размещения до -40 °С



Станция биологической очистки сточных вод
КВН-120-3600.911.X+Д
Предназначена для размещения
в отапливаемом помещении



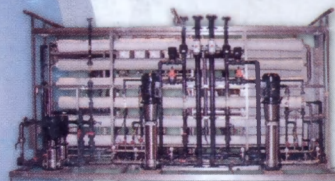
Установка биологической очистки сточных вод
ККВС-10-40.911.X+Д
Предназначена для наружного размещения до -55 °С



Установка биологической очистки сточных вод
КВН-45-105.911.X+Д
Предназначена для размещения
в отапливаемом помещении



Установка биологической очистки сточных вод
ККВ-45-105.911.X+Д
Предназначена для наружного размещения до -30 °С



Установка обратноосмотическая
производительность 45 м³/ч
Предназначена для размещения
в отапливаемом помещении

Станция биологической очистки сточных вод
ККВ-120-3600.911.X+Д
Предназначена для наружного размещения до -30 °С



Установка очистки нефтесодержащих
ливневых сточных вод **КВЛМ-1-15 л/с**
Предназначена для наружного размещения

КОМПАНИЯ
СТАНДАРТ ЭКОЛОГИЯ
ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

ОБСЛЕДОВАНИЕ | ПРОЕКТИРОВАНИЕ | ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПОСТАВКА | ШЕФМОНТАЖ | ПУСКОНАЛАДКА,
ГАРАНТИЙНОЕ И ПОСТГАРАНТИЙНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МОДУЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

119571, Москва, Ленинский проспект, д. 148, офис 121-122
Тел./факс: (495) 7866552, (495) 4344035 (многоканальный)
e-mail: info@steko.ru

www.steko.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Пономарева Л. С. Экономический механизм охраны вод от загрязнения (часть 1) 3
- Макухина О. В., Кондюрина Т. А., Фесенко Л. Н. Экспресс-метод прогнозирования загрязнения воды вблизи речных водозаборов в условиях аварийных сбросов 14

ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

- Косыгин А. В., Ханин В. Н., Государев К. И., Фомина И. В. Обнаружение скрытых утечек с использованием системы мониторинга водопроводной сети 22
- Пирумов Р. А., Филиповская Н. В., Зайцев А. П., Романова Н. Л., Симахин В. М. Метрологическое обеспечение измерений расхода и объема воды в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 28
- Каргапольцев В. П., Мицкевич А. А. Небалансы при учете воды: причины возникновения и способы снижения 33
- Свинцов А. П., Мукарзель С. А., Сученко В. Н., Глебов Е. А. Методика расчета площади проходного отверстия плоского клапана вентильной головки 40
- Белевцев А. Н., Жаворонкова В. И., Поворов А. А., Дудкин Е. В. Безреагентные станции обезжелезивания ЗАО «Хюксо» и опыт их эксплуатации 44
- Данилович Д. А., Козлов М. Н., Мойжес О. В., Николаев Ю. А., Казакова Е. А., Грачев В. А. Анаэробное окисление аммония для удаления азота из высококонцентрированных сточных вод 49
- Иванов А. С. Обеззараживание сточных вод ультрафиолетовым излучением 56
- Галкин С. М., Каньовский А. А. Новые решения для сбора, очистки и сброса ливневых сточных вод 59

ЗА РУБЕЖОМ

- Рожков А. Н., Кривошекова Н. А. Опыт использования биогаза для получения электроэнергии (на примере Индии) 66
- Рефераты статей, опубликованных в № 4 журнала 70

CONTENTS

PROTECTION OF HUMAN ENVIRONMENT

- Ponomareva L. S. Economical Mechanism of Water Protection Against Pollution (part 1) 3
- Makukhina O. V., Kondiurina T. A., Fesenko L. N. Express-Method of Prediction of Water Pollution near to River Water Intakes in Case of Emergency Discharge 14

PROBLEMS, PERSPECTIVES

- Kosygin A. B., Khanin V. N., Gosudarev K. I., Fomina I. V. Detection of Hidden Leaks Using the Monitoring System of Water Supply Network 22
- Pirumov R. A., Filipovskaya N. V., Zaytsev A. P., Romanova N. L., Simakhin V. M. Metrological Provision of Measurements of Water Flow Rate and Water Volume at the State Unitary Enterprise Vodokanal Sankt-Peterburga 28
- Kargapol'tsev V. P., Mitskevich A. A. Imbalances at Water Recording: Reasons for Emergence and Methods of Reduction 33
- Svintsov A. P., Mukarzel S. A., Suchenko V. N., Glebov E. A. Design Technique for Dimensioning a Pass Hole of the Flat Valve of a Faucet Head 40
- Belevtsev A. N., Zhavoronkova V. I., Povorov A. A., Dudkin E. V. Reagent-Free Deferrization Plants of the Hyxo Closed Company and Experience of Their Operation 44
- Danilovich D. A., Kozlov M. N., Moyzhes O. V., Nikolaev Yu. A., Kazakova E. A., Grachev V. A. Anaerobic Oxidation of Ammonium for Removal of Nitrogen from High-Concentrated Wastewater 49
- Ivanov A. S. Dizinfection of Wastewater with UV-irradiation 56
- Galkin S. M., Kaniovsky A. A. New Solutions for Collection, Treatment and Discharge of Storm Water 59

ABROAD

- Rozhkov A. N., Krivoshchekova N. A. Experience in the Use of Biogas for Power Generation (on the example of India) 66
- Abstracts of the Articles Published in Issue № 4 71

Экспресс-метод прогнозирования загрязнения воды вблизи речных водозаборов в условиях аварийных сбросов

Анализ экологического состояния водных объектов, расположенных на техногенно нагруженных территориях свидетельствует, что антропогенные нагрузки на поверхностные водоисточники достигли критического уровня. Техногенные аварии и катастрофы и следующее за ними быстрое развитие негативных процессов, носящих характер чрезвычайных ситуаций, приводят к серьезным экономическим и экологическим последствиям. Последняя экологическая катастрофа, связанная с загрязнением нитробензолом р. Сунгари в результате аварии на химическом предприятии в г. Цзилинь (Китай) в ноябре 2005 г., выявила уязвимость систем водоснабжения, использующих речные водозаборные сооружения, расположенные на территории бассейнов рек и притоков с высокой антропогенной нагрузкой [1].

Особенно опасны непрогнозируемые загрязнения малых рек, формирующих водный и гидрохимический режимы средних и крупных водотоков и определяющих их экологическую специфику. Системы локального мониторинга качества воды в малых реках в большинстве случаев отсутствуют. Гидравлическая связь малых рек с крупными водными объектами, являющимися источниками централизованного водоснабжения, обуславливает поступление в эти объекты специфических загрязняющих веществ.

Во многих случаях эти вещества не могут быть отнесены к обычно контролируемым сбросам промышленных предприятий (в частности, аварийным разливам нефти на поверхности земли, сельскохозяйственным сточным водам и др.). Опасность такого сброса вблизи водозаборов особенно велика в периоды максимального стока дождевых паводков.

Экологическая безопасность системы водоснабжения зависит не только от оперативности обнаружения аварийных сбросов, их качественной и количественной оценки, но и от прогнозирования дальнейшего развития событий с целью быстрого принятия организационно-управленческих решений по ликвидации последствий. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы раннего выявления ожидаемого уровня загрязнения в створе водозабора, момента прохождения пиковых концентраций загрязнений в реке от начала аварийного сброса.

Математическое моделирование динамики распространения загрязнений в малом водотоке в результате аварии имеет специфические особенности. Во-первых, источник загрязнения не является стационарным, т. е. аварийный сброс осуществляется в течение некоторого промежутка времени τ (в том числе мгновенный сброс),

¹ Макухина Ольга Викторовна, доцент, Новочеркасская государственная мелиоративная академия 346400, Россия, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Пушкинская, 111, тел.: (86352) 55-7-08

² Кондюрина Татьяна Александровна, доктор технических наук, профессор, Новочеркасская государственная мелиоративная академия
Тел.: (86352) 55-7-61

³ Фесенко Лев Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водное хозяйство предприятий и населенных мест», Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)
346428, Россия, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Просвещения, 132, тел.: (86352) 55-3-34,
e-mail: vhpinn@vh.srstu.novoch.ru

который может быть неоднократным, прерывистым во времени τ (n -кратным). При этом образуется так называемая «волна» загрязнения — некоторый объем речной воды, смешанной с аварийным выбросом, продвигающийся по течению и увеличивающийся в размерах в результате турбулентной диффузии. При этом концентрация загрязнения уменьшается со временем в результате разбавления, а в случае неконсервативного вещества — также и вследствие химико-биологических процессов, протекающих при взаимодействии его с речной водой. По мере продвижения области загрязнения наиболее напряженная экологическая обстановка в районе водозабора возникает в период прохождения пиковых концентраций загрязняющих веществ этой волны.

Во-вторых, как показывает практика, полная исходная информация о параметрах аварийных сбросов, имеющих стохастический по времени характер, отсутствует. Поэтому прогнозирование дальнейшего хода событий осуществляется приближенно, при неопределенности ситуации и минимуме исходных данных. В случае малого водотока следует учитывать его морфометрические и гидрологические особенности, прежде всего сравнительно небольшие поперечные размеры русла и, как следствие, незначительную протяженность вдоль водотока зоны начального смешения примесей с речной водой (зоны трехмерной диффузии).

Рассмотрим упрощенную одномерную математическую модель диффузионного процесса, адаптированную для случая малых равнинных водотоков. Модель позволяет производить оперативный расчет концентраций загрязняющих веществ в условиях аварийных сбросов (экспресс-метод). Для получения расчетной формулы построения эпюры загрязняющего вещества при прохождении волны аварийного сброса через створ представляется целесообразным принять за основу общее уравнение турбулентной диффузии [2], как наиболее точно описывающее распространение примесей в водотоке:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial U}{\partial z} \right) - K_n U, \quad (1)$$

где $U = U(x, y, z, t)$ — концентрация исследуемого компонента загрязнения, г/м³; x, y, z — пространственные координаты; t — время от нача-

ла аварии, с; D — коэффициент турбулентной диффузии в направлении соответствующей оси координат, м²/с; K_n — коэффициент неконсервативности, с⁻¹.

В общем случае уравнение (1) описывает изменение концентрации загрязняющего вещества по длине x , ширине y и глубине z реки с течением времени. Полная производная концентрации по времени равна:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} V_x + \frac{\partial U}{\partial y} V_y + \frac{\partial U}{\partial z} V_z,$$

где $V_x = dx/dt$, $V_y = dy/dt$, $V_z = dz/dt$ — компоненты (проекции) вектора скорости течения водотока по соответствующим координатным осям.

Для малого водотока, когда поперечной и вертикальной неоднородностью концентрации можно пренебречь, т. е. $\frac{\partial U}{\partial y} = \frac{\partial U}{\partial z} = 0$, уравнение (1) приводится к виду:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + V \frac{\partial U}{\partial x} - D_x \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + K_n U = 0, \quad (2)$$

где x — расстояние от места выпуска сточных вод (аварийного сброса) до исследуемого створа по течению реки, м; D_x — коэффициент турбулентной диффузии в продольном направлении, м²/с; V — средняя скорость течения водотока, м/с; $U = U(x, t)$ — концентрация исследуемого ингредиента загрязнения, г/м³.

Таким образом, задача упрощается и решается в условиях одномерной продольной диффузии. Величина коэффициента D_x , характеризующего интенсивность турбулентной диффузии, зависит от местных условий водотока и особенностей рассматриваемого участка диффузии, в частности от наличия циркуляции, морфологии русла и т. д. Наиболее точно коэффициент D_x определяется путем натурных измерений процесса смешения в конкретном водотоке (число Рейнольдса) или по эмпирическим зависимостям, приведенным в [3].

Коэффициент неконсервативности K_n (коэффициент скорости самоочищения или скорость деструкции) характеризует время, необходимое для распада веществ до определенного состояния, и может быть ориентировочно вычислен по формуле Г. В. Стритера [4]:

$$K_n = \frac{2,3}{\tau} \lg \frac{C_0}{C_\tau},$$

где τ — промежуток времени между измерениями концентрации вещества, или время добе-

гания воды между створами, ч, сут; C_0 и C_t – концентрация вещества соответственно в начальном и конечном (через время t) створах, г/м³.

В работе [5] описывается решение одномерного уравнения теплопроводности методами операционного исчисления, которое математически аналогично выражению (2). При помощи преобразования Лапласа было получено аналитическое решение дифференциального уравнения в частных производных (2) для краевых условий:

$$U(x; 0) = 0 \text{ или } U(x; 0) = U_\phi,$$

где U_ϕ – естественная (фоновая) концентрация ингредиента загрязнения выше створа выпуска сточных вод, г/м³.

$$U(0; t) = f(t),$$

где функция $f(t)$ характеризует распределение концентрации исследуемого вещества загрязнения в начальном створе и определяется особенностями аварийного сброса в водоток.

При резком аварийном выбросе загрязнений с последующим резким его прекращением спустя некоторое время τ , с постоянным в течение этого промежутка времени расходом сброса $g_{ст}$ и концентрацией загрязняющего вещества $U_{ст}$ методом операционного исчисления выражения (2) была получена формула, определяющая концентрацию вещества в волне загрязнения, проходящей створ (водозабор), расположенный на расстоянии x от места сброса, по истечении заданного времени t от начала аварии:

$$U(x, t) = U_{ст} e^{\frac{x(V - \sqrt{V^2 + 4D_x K_H})}{2D_x}} \times \left(\Phi \left[\frac{x - (t - \tau)\sqrt{V^2 + 4D_x K_H}}{\sqrt{2D_x}(t - \tau)} \right] - \Phi \left[\frac{x - t\sqrt{V^2 + 4D_x K_H}}{\sqrt{2D_x}t} \right] \right) + U_\phi e^{-K_H t}, \quad (3)$$

где $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{\xi^2}{2}} d\xi$ – функция Лапласа

(интеграл вероятностей), значения которой приведены в [5].

Если аварийный сброс вызвал значительное (свыше 10%) увеличение расхода водотока, то

следует провести корректировку средней скорости течения реки:

$$V = (Q + q_{ст})/\omega,$$

где Q – расход реки, м³/с; $q_{ст}$ – расход сточных вод, м³/с; ω – площадь поперечного сечения речного потока ниже места аварийного сброса, м².

Расчеты по формуле (3) можно производить на ПЭВМ с использованием, например, системы символьных (аналитических) математических преобразований Math Type 5. По полученной зависимости (3) с применением графического редактора формул математической компьютерной системы Maple 6 построены функции $U = U(x, t)$, которые наглядно демонстрируют динамику загрязнения реки в фиксированном контрольном створе на расстоянии x от сброса в любой момент времени t ($\tau < t$).

На рис. 1 показана схема движения волны загрязнения через последовательные створы, расположенные на расстоянии x_1, x_2, x_3 от места сброса, которая построена по результатам расчета концентраций по формуле (3). По графику можно определить: концентрацию $U(x, t)$ исследуемого ингредиента загрязнений в любой момент времени t ; t_{max} – ожидаемый по прогнозу момент прохождения пика загрязнения через створ x ; $t_{фр}$ – ожидаемое время добега фронты волны загрязнения к фиксируемому створу x ; $t_{хв}$ – ожидаемое время, когда хвостовая часть волны покинет створ x ; $\tau_x = t_{хв} - t_{фр}$ – промежуток времени, в течение которого пятно загрязнения проходит створ, т. е. время, по прошествии которого начнут соблюдаться условия $U_{фр} > U_\phi$ и $U_{фр} < U_{хв}$.

Если происходит n аварийных выбросов, примерно одинаковых по продолжительности τ и с равными временными интервалами между сбросами, также равными τ (так называемый «пульсирующий» сброс), то для ориентировочного прогноза концентрации загрязнения на расстоянии x от места аварии в любой момент

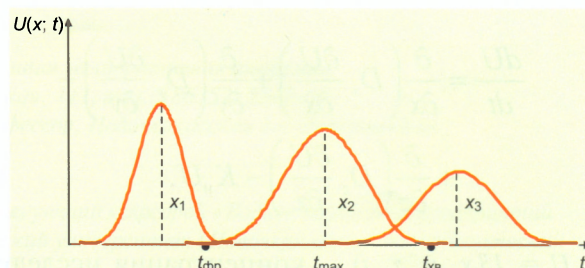


Рис. 1. Движение волны загрязнения вдоль водотока при однократном выбросе загрязнений

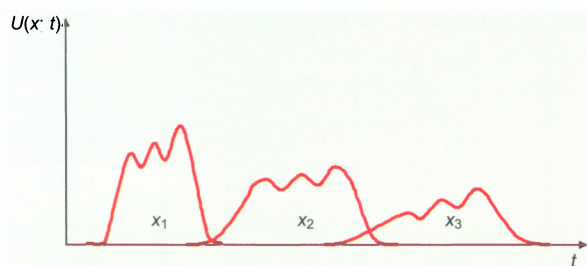


Рис. 2. Схема распределения загрязнений при трехкратном аварийном выбросе

времени $t > (2n - 1)\tau$ можно использовать формулу:

$$U(x, t) = U_{\text{ст}} e^{-\frac{x(V - \sqrt{V^2 + 4D_x K_n})}{2D_x}} \times \sum_{m=0}^k \left(0,5 - \Phi \left[\frac{x - (t - m\tau)\sqrt{V^2 + 4D_x K_n}}{\sqrt{2D_x(t - m\tau)}} \right] \right), \quad (4)$$

где $k = 2n - 1$, n — количество произведенных сбросов; m — переменная суммирования.

В качестве примера использования формулы (4) на рис. 2 приведена эпюра распределения концентраций загрязнений, проходящих через створы x_1 , x_2 , x_3 при трехкратном ($n = 3$) выбросе аварийных стоков.

К настоящему времени разработаны альтернативные, пригодные для автоматизации методы, достаточные для обеспечения предприятий-водопользователей относительно недорогими средствами автоматического мониторинга и контроля [6]. Экологический мониторинг на основе автоматических станций непрерывного действия является надежным способом получения информации о динамике изменения состояния источника в районе водозабора [7]. Тем не менее для подготовки и принятия управленческих и технологических решений в нештатных ситуациях необходимо время, и реально этим временем является только продолжительность продвижения волны загрязнений по водотоку от места аварии до водозабора.

Расположить средства автоматического мониторинга экологического состояния водотока последовательно по протяженности водного объекта не всегда представляется возможным. В этом случае на месте аварии для быстрого определения в реальном времени приближенной концентрации неорганических электролитов может служить измерение электропроводности поверхностных вод, являющееся одним из основных качественных методов определения суммарного

содержания ионов в воде. Концентрация растворенного вещества C , г/м³, определяется отношением измеренной удельной электропроводности χ , См·м⁻¹, к эквивалентной электропроводности λ , См·м²/г-экв.

Общая удельная электропроводность водного раствора электролитов может быть рассчитана по эквивалентным электропроводностям отдельных ионов:

$$\chi = \sum C_i \lambda_i.$$

Поскольку электропроводность является консервативной характеристикой и пропорциональна концентрации вещества в воде $U(x, t)$, к ней могут быть применены расчетные зависимости вида (3) или (4).

Полученные расчетные формулы сравнивались с результатами натурных исследований на р. Грушевке (Ростовская область), проведенных Гидрохимическим институтом г. Ростова-на-Дону [8]. Изучались процессы перемешивания речной воды и сбросных вод Главной канализационной насосной станции, а также проводились трассерные эксперименты, имитирующие ограниченный по времени аварийный сброс в реку. В каждом створе фиксировались шесть вертикалей на одинаковом расстоянии друг от друга и от берегов, в которых измерялись гидравлические характеристики русла, отбирались пробы воды для гидрохимического анализа и измерения электропроводности. Далее в течение 20 минут сбрасывались сточные воды, и спустя 1 час после начала сброса в створах повторно отбирались пробы.

Средние значения гидравлических характеристик р. Грушевки: $Q = 0,79$ м³/с; $V = 0,17$ м/с; $H = 0,42$ м; $B = 11$ м; $D_x = 2,63$ м²/с; $K_n = 1$ с⁻¹; сбрасываемых в реку сточных вод: $C_{\text{ст}} = 0,0287$ См·м⁻¹; $q_0 = 0,05$ м³/с; $\tau = 1200$ с; $C_0 = 0,0043$ См·м⁻¹ (C_0 , $C_{\text{ст}}$ — фоновая электропроводность соответственно в реке и в стоках; H , B — глубина и ширина реки). Коэффициент D_x рассчитан по формуле, приведенной в [3] для малых водотоков. Поскольку аналитическое решение выражения (3) получено для одномерной задачи распространения загрязнений вдоль водотока, в каждом створе определяли среднее арифметическое измеренных значений электропроводности и сравнивали его с вычисленным по формуле (3). В таблице приведены натурные данные, их средние значения в каждом створе, и вычисленные по формуле (3) значения удельной электропроводности водотока.

Сравнение натурных значений электропроводности с рассчитанными по формуле (3) сви-

Номер вертикали створа	Удельная электропроводность C , $\text{См}\cdot\text{м}^{-1}$, в створе реки при расстоянии до него x , м					
	–35	22,5	450	620	800	1000
1	0,0043	0,0048	0,0175	0,0169	0,0065	0,0039
2	0,0043	0,005	0,0183	0,0171	0,0065	0,0039
3	0,0043	0,0052	0,018	0,0172	0,0066	0,004
4	0,0043	0,0058	0,0189	0,0171	0,0065	0,004
5	0,0043	0,0061	0,0196	0,017	0,0065	0,004
6	0,0043	0,006	0,0179	0,017	0,0065	0,004
Среднее измеренное значение	0,0043	0,0054	0,0184	0,017	0,0065	0,004
Расчетное значение	—	0,0056	0,0194	0,0171	0,0068	0,0044

детельствует об удовлетворительных результатах прогнозных расчетов с помощью полученных зависимостей. Основными преимуществами предлагаемого метода являются относительная простота применения расчетных формул на практике, а также возможность оперативной оценки уровня загрязнения в случае аварийного сброса для любого участка реки с целью своевременного устранения последствий аварии.

Выводы

Неожиданность возникновения техногенных аварий и катастроф и последующее быстрое развитие негативных процессов вызывают необходимость оперативного обнаружения аварийных ситуаций, а также прогнозирования дальнейшего развития событий с целью быстрого принятия организационно-управленческих и технологических решений по ликвидации последствий.

На основе математического преобразования общего уравнения турбулентной диффузии и его решения методами операционного исчисления получены формулы, позволяющие определить: концентрацию загрязнения в створе водозабора в любой момент времени после аварийного сброса; ожидаемый по прогнозу момент прохождения пика загрязнения через створ; ожидаемое время добегающего фронта волны загрязнения к фиксированному створу; время, через которое хвостовая часть волны покинет створ.

При отсутствии средств автоматического мониторинга экологического состояния водотока, предупреждающих в реальном времени продвижение волны загрязнения к водозабору, в качестве оперативного определения исходных данных к расчету по предлагаемым формулам возможно использование результатов измерений удельной электропроводности загрязненного водотока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Махинов А. Н., Шевцов М. Н. Организация комплексного мониторинга водозаборных сооружений г. Хабаровска // Водоснабжение и сан. техника. 2007. № 6, ч. 2.
2. Вода России. Математическое моделирование в управлении водопользованием / Под науч. ред. А. М. Чернышева. — Екатеринбург: АКВПРЕСС, 2001.
3. Методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод использования для прогнозов трассерных экспериментов, имитирующих аварийные ситуации / Под ред. О. А. Клименко. — СПб: Гидрометеиздат, 1992.
4. Зенин А. А., Белоусова Н. В. Гидрохимический словарь. — Л.: Гидрометеиздат, 1988.
5. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. — М.: Наука, 1971.
6. Ходолкевич С. В. Основные требования к организации экологического мониторинга и технологического самоконтроля на предприятиях, переходящих на систему технологического нормирования // Бюллетень «Экологическая безопасность». 2002. № 1–2 (15–16).
7. Махнев П. П., Бекренев А. В., Бакланов В. С. и др. Система обеспечения безопасности водоснабжения на водопроводных станциях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и сан. техника. 2006. № 9, ч. 1.
8. Кондюрина Т. А. Результаты натурных исследований смешения и разбавления сточных вод речными (р. Грушевка): Тез. докл. науч.-практ. конф. «Мелиорация, эксплуатация, охрана природы и комплексное использование водных ресурсов». — Новочеркасск, 1998.