

*Попов В.М., канд. техн. наук, проректор, НУГЗУ,
Ромин А.В., канд. техн. наук, ИО нач. фак., НУГЗУ,
Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доц., ХНАМГ*

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗОН ВЫСОКОЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ ЛЬДА И ЧИСЛА ДНЕЙ ПОСЛЕ ЛЕДОСТАВА

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

Проведены исследования влияния состояния льда и числа дней после ледостава на время достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа реки для различных скоростей ее течения

Ключевые слова: прогностический расчет, коэффициент шероховатости, коэффициент продольной дисперсии, ледовый покров

Постановка проблемы. На сегодняшний день в Украине по-прежнему напряженной остается ситуация с экологическим благополучием водных объектов из-за постоянно возникающих аварийных сбросов предприятий, приводящих в ряде случаев к возникновению чрезвычайных ситуаций (ЧС) группы 10431 – ЧС, обусловленные наличием в поверхностных водах вредных (загрязняющих) веществ выше предельно допустимых концентраций (ПДК) [1]. В последнее время на Украине наблюдение за состоянием загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям проводилось на 127 реках. В результате данных наблюдений в 15 % проб было обнаружено значительное превышение ПДК вредных (загрязняющих) веществ [2]. Для принятия оперативных мер по нормализации состояния водных объектов после аварийных сбросов и недопущения использования загрязненной воды в народно-хозяйственных целях проводятся соответствующие прогностические расчеты. Поскольку на характер распространения зон высокозагрязненных вод в зимний период оказывает влияние состояние льда и количество дней после ледостава, актуальной является задача учета данных факторов при осуществлении прогностических расчетов.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах и методиках, касающихся затронутых вопросов [3-5,7], принимаются во внимание сезонные особенности состояния рек, для чего вводятся поправочные коэффициенты на наличие льда в зимний период. При этом, не всегда учитывается как количество дней после ледостава, так и состояние льда, который может быть как гладким, так и состоять из торосов и шуги. В данной статье авторы представляют результаты прогностических расчетов с учетом данных особенностей.

Постановка задачи и ее решение. Задача исследований заключалась в проведении прогностических расчетов, позволяющих исследовать влияние состояния льда и числа дней после ледостава на время достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа реки для различных скоростей ее течения. Расчеты были проведены в следующей последовательности.

1. Рассчитывался коэффициент зимних особенностей реки [6]:

$$n_{зим} = n_{ш} \cdot \left(1 + \left(\frac{n_{л}}{n_{ш}}\right)^{1,5}\right)^{0,67}, \quad (1)$$

где: $n_{ш}$ - коэффициент шероховатости для открытых русел (определяется с помощью специальной таблицы по М.Ф. Срибному); $n_{л}$ - коэффициент шероховатости нижней поверхности льда

2 Определялся коэффициент Шези [6]:

а) при наличии ледового покрова:

$$c = \frac{1}{n_{зим}} (0,5 \cdot H)^Y, \quad 1/\text{м}^2 \cdot \text{с}, \quad (2)$$

где H - средняя глубина реки, м, а коэффициент Y рассчитывается по формуле

$$Y = \begin{cases} 1,5 \cdot \sqrt{n_{зим}} & \text{при } 0,5 \cdot H \leq 1 \text{ м,} \\ 1,3 \cdot \sqrt{n_{зим}} & \text{при } 0,5 \cdot H > 1 \text{ м;} \end{cases} \quad (3)$$

б) при отсутствии ледового покрова

$$c = \frac{H^{2,5 \cdot \sqrt{n_{uu}} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{H} (\sqrt{n_{uu}} - 0,1)}}{n_{uu}}. \quad (4)$$

3. Рассчитывался коэффициент продольной дисперсии ($\text{м}^2/\text{с}$) [6]

$$D_x = \begin{cases} 43000 \cdot H \cdot v_{\text{теч}} \cdot c^{-2,63} & \text{при } B > 70 \text{ м,} \\ 1,809 \cdot H \cdot v_{\text{теч}} \cdot c^{-0,63} \left(\frac{B}{H}\right)^{1,49} & \text{при } B \leq 70 \text{ м;} \end{cases} \quad (5)$$

где $v_{\text{теч}}$ - средняя скорость течения реки, $\text{м}/\text{с}$; B - средняя ширина реки, м ;

4. Рассчитывалось время перемещения водных масс на речном участке между исходным и заданным контрольными створами (в часах)

$$\tau_{\text{см}} = \frac{L}{v_{\text{теч}} \cdot 3600}, \quad (6)$$

где L - общая протяженность участка реки (по фарватеру) от места аварийного сброса сточных вод до заданного створа, м .

5. Рассчитывалось ожидаемое время достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа реки (в часах)

$$\tau_{\text{фр}} = \frac{(L - 5,01 \cdot \sqrt{D_x \cdot \tau_{\text{см}} \cdot 3600})}{v_{\text{теч}} \cdot 3600}. \quad (7)$$

С использованием формул (1)-(7) авторами были проведены прогностические расчеты, позволяющие исследовать влияние состояния льда и числа дней после ледостава на время достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа реки для различных скоростей ее течения (рис.1,2). При этом предполагалось, что $H=1,2$ м ; $L=30000$ м ; $B=40$ м .

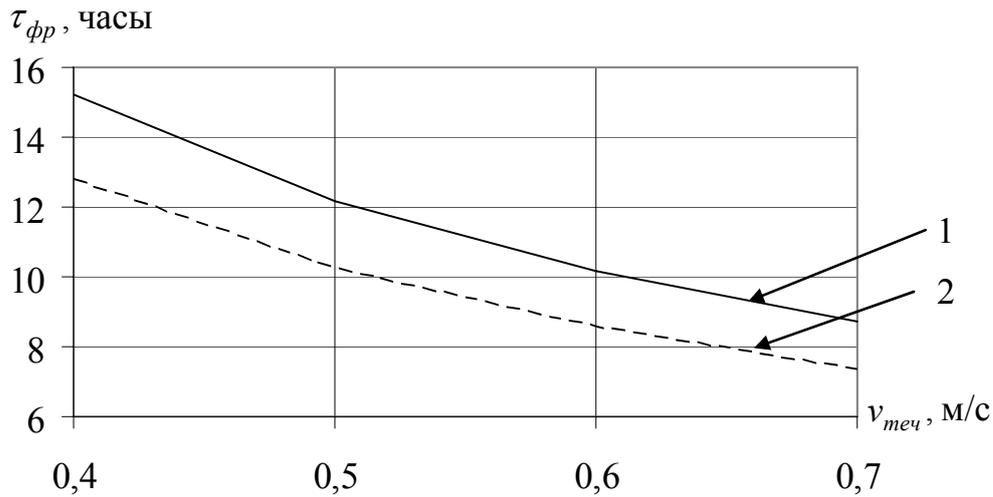


Рис. 1 – График зависимости времени достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа реки от скорости течения реки при наличии ледяного покрова до 10-ти дней после ледостава: 1 – гладкий ледяной покров; 2 – ледяной покров с торосами и шугой

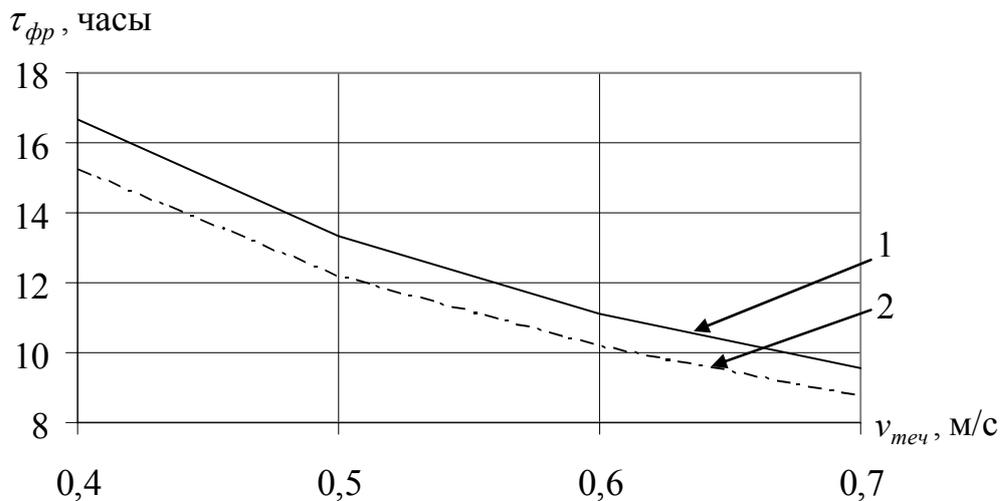


Рис. 2 – График зависимости времени достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа реки от скорости течения реки: 1 – гладкий ледяной покров до 10-ти дней после ледостава; 2 - гладкий ледяной покров через 81-110-дней после ледостава

Из анализа графиков, представленных на рис.1,2, следует:

фронтальная часть зоны высокозагрязненных вод достигает заданного контрольного створа реки при наличии ледяного покрова с торосами и шугой позднее, чем для случая наличия на реке

гладкого ледяного покрова (на 2,4 часа при $v_{\text{теч}}=0,4$ м/с и 1,4 часа при $v_{\text{теч}}=0,7$ м/с);

гладкий ледяной покров через 81-110 дней после ледостава обеспечивает запаздывание достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа по сравнению с аналогичным льдом до 10-ти дней после ледостава (на 1,5 часа при $v_{\text{теч}}=0,4$ м/с и на 0,8 часа при $v_{\text{теч}}=0,7$ м/с).

Выводы. В статье показано, что учет при расчетах состояния льда на реках значительно повышает точность определения времени достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа. В зависимости от количества дней после ледостава и скорости течения на участке реки с торосами и шугой необходимо брать поправку на время достижения фронтальной частью зоны высокозагрязненных вод заданного контрольного створа реки от 0,8 до 2,4 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010. (Затверджений наказом Держспоживстандарту України від 11.11.2010 р., № 457). - (Нормативний документ Держспоживстандарту України. Державний класифікатор).- К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 19 с.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні в 2009 р. – [Електронний ресурс]. - http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2009.html.
3. Усовершенствованные методические рекомендации по оперативному прогнозированию распространения зон опасного аварийного загрязнения в водотоках и водоемах, а также уровню содержания в воде основных загрязняющих веществ. – (Нормативный документ Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Методические рекомендации).- С.-П.: Гидрометеоиздат, 1992. - 53 с.
4. Методика прогнозной оценки загрязнения открытых водоемов аварийно химически опасными веществами в чрезвычайных ситуациях. – (Нормативный документ МЧС РФ. Методика оценки). - М.: ВНИИ ГОЧС, 1996. – 38 с.
5. Расчет разбавления примесей в реках при сосредоточенных стационарных выпусках сточных вод. - (Нормативный доку-

- мент Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Методические указания). - Екатеринбург, 1998. - 24 с.
6. Методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод и использования для прогнозов трассерных экспериментов, имитирующих аварийные ситуации. Р 52.24.627-2001. - (Нормативный документ Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Методические рекомендации). - С.-П.: Гидрометеиздат, 2001. - 45 с.
7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. - (Нормативный документ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Руководство). - М.: ВСНСЗППБЧ, 2004. - 116 с.

Попов В.М., Ромин А.В., Фесенко Г.В.

Особливості прогностичних розрахунків розповсюдження зон високозабруднених вод з урахуванням стану льоду та кількості днів після льодоставу

Проведені дослідження впливу стану льоду та кількості днів після льодоставу на час досягнення фронтальною частиною зони високозабруднених вод заданого створу річки для різних швидкостей її течії

Ключові слова: прогностичний розрахунок, коефіцієнт шорсткості, коефіцієнт повздовжньої дисперсій, льодовий покрив

Popov V.M., Romin A.V., Fesenko G.V.

Features of prognostic calculations of distribution of zones of strongly polluted waters taking into account the condition of ice and number of days after its formation

Researches of influence of a condition of ice and number of days after its formation for the period of achievement of a face-to-face part of a zone of strongly polluted waters of the set control alignment of the river for various speeds of its current are conducted

Key words: prognostic calculation, roughness factor, factor of a longitudinal dispersion, an ice cover