

4. Линзы пресных вод пустыни: Методы исследования, оценки ресурсов и эксплуатации / Акад. наук СССР. Ин-т географии. Упр. геологии и охраны недр при Совете Министров Туркм. ССР. Всесоюз. ин-т гидрогеологии и инж. геологии "ВСЕГИНГЕО" М-ва геологии и охраны недр СССР; [Ред. коллегия: д-р геогр. наук чл.-кор. Акад. наук Туркм. ССР В.Н. Кунин (отв. ред.) и др.]. – Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 380 с.

УДК 627.8-1

Разработка методики определения расстояния выпадения на дно взвешенных частиц при проведении дноуглубительных работ на водотоках (реках и каналах)

Афанасьев А. П., Шаталов И. М., Рабченя В. С., Пастушек О. А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В статье приводятся методики расчета расстояний выпадения на дно взвешенных частиц при проведении дноуглубительных работ на водотоках (реках и каналах) Республики Беларусь, которые позволяют определять границы зон вредного воздействия работающих землесосных снарядов, а также результаты расчетов размеров зон вредного влияния, проведенных в ОАО «Белсудопроект» на реке Сож.

В Республике Беларусь на больших и средних водотоках (реках и каналах) постоянно проводятся дноуглубительные работы с целью организации бесперебойного движения водного транспорта и работы по добыче сыпучих строительных материалов (песка, гравия и т.д.). Вышеуказанные работы связаны с постоянной эксплуатацией землесосных снарядов (земснарядов). При работе земснарядов (особенно при их включении) происходит интенсивное взвешивание частиц грунта, слагающих русло водотока. Далее взвешенные частицы переносятся потоком воды вниз по течению водотока (реки или канала), оказывая вредное воздействие на объекты животного мира и (или) среду их обитания.

За гибель ихтиофауны, снижение ее численности и продуктивности (прироста) при утрате или нарушении среды обитания, вследствие проведения дноуглубительных работ (и работ по добыче сыпучих стройматериалов) на водных объектах, предусмотрены компенсационные выплаты в соответствии с «Положением о порядке определения размеров компенсационных выплат и их осуществлении».

Размер компенсационных выплат зависит (в том числе) от размеров зон вредного влияния. Для определения размеров зон вредного влияния

необходимо в первую очередь рассчитать расстояние, на котором будут выпадать на дно взвешенные частицы от места расположения земснаряда.

С этой целью был выполнен анализ современной научно-технической литературы по вопросам транспортирующей способности взвешенных потоков и разработаны три методики расчета расстояний выпадения на дно взвешенных частиц при проведении дноуглубительных работ с безвозвратной выемкой грунта на водотоках (реках и каналах) Республики Беларусь.

Каждая из трех методик может быть использована для любых водотоков Республики Беларусь при определенных параметрах этих водотоков, гранулометрического состава взвеси в русле водотока, скорости движения и глубины потока, гидравлической крупности частиц грунта, а также режимов работы земснарядов.

Первая методика была разработана на основе теории турбулентного массопереноса и турбулентной диффузии [1]. Однако применение этой методики ограничено возможностями графоаналитического решения (рис. 1) системы уравнений (1) турбулентной диффузии с конечной скоростью.

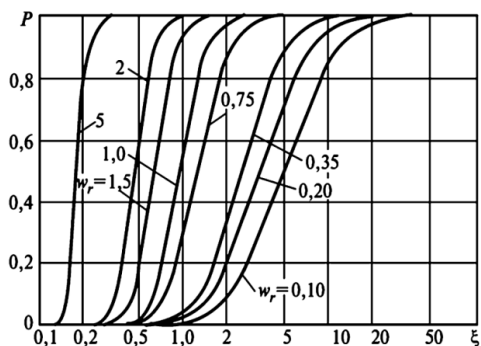


Рис. 1. График для расчета длины выпадения взвешенных частиц на дно водотока

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{G}_1}{\partial t} + u_x \frac{\partial \mathcal{G}_1}{\partial x} + (u_z'' - w) \frac{\partial \mathcal{G}_1}{\partial z} &= -\omega^{(L)} \mathcal{G}_1 + \omega^{(L)} \mathcal{G}_2, \\ \frac{\partial \mathcal{G}_2}{\partial t} + u_x \frac{\partial \mathcal{G}_2}{\partial x} - (u_z'' + w) \frac{\partial \mathcal{G}_2}{\partial z} &= \omega^{(L)} \mathcal{G}_1 - \omega^{(L)} \mathcal{G}_2. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Вторая методика была разработана на основе эмпирической теории движения наносов [2]. Основной характеристикой в данной методике, определяющей движение твердых частиц в потоке, является скорость их выпадения в спокойной воде, называемая гидравлической крупностью фракций w ,

которая зависит от формы частиц, их удельного веса, а также от температуры воды, в которой выпадает взвесь. Для того, чтобы определить расстояние s , на котором выпадают взвешенные частицы, необходимо использовать зависимость

$$s = \frac{(p')^2 u^2 (\sqrt{h} - 0,2)^2}{2,74^2 w^2}. \quad (2)$$

Однако эта методика дает, как правило, значительно завышенные расстояния выпадения частиц, т.к. не учитывает характеристику русла водотока (его размеры, относительную шероховатость и т.д.).

Третья методика была разработана на основе теории расчета гравитационных отстойников с использованием осреднённых параметров взвесенесущих потоков [3]. На основе этой теории полная длина гравитационного отстойника L_k складывается из длины переходных участков l_1 и l_2 и длины рабочей части L_p , которая является расстоянием выпадения на дно взвешенных частиц. Приблизительно длину рабочей части определяют на основе вычисления длины отлета частиц расчетного диаметра по формуле:

$$L_p = \alpha H_p v_{cp} / w, \quad (3)$$

где α – коэффициент запаса, равный 1,2–1,5; H_p – средняя расчетная глубина воды, м; v_{cp} – средняя скорость течения в камере (рабочая), м/с; w – гидравлическая крупность наносов [3].

Реальные размеры зон вредного воздействия при работе землесосного снаряда были рассчитаны с использованием предложенных методик и построены в ОАО «Белсудопроект» в соответствии с «Положением о порядке определения размеров компенсационных выплат и их осуществлении» (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 7.02.2008 г. № 168).

На рис. 2, 3 приведены схемы зон вредного воздействия на р. Сож в районе г. Славгорода (перекаты Никольский и Скиток).

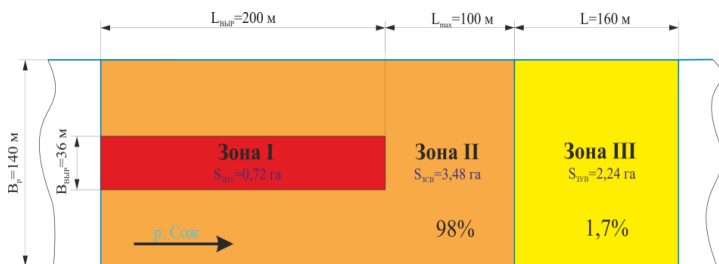


Рис. 2. Зоны вредного воздействия на перекате «Никольский–3» прорезь № 1

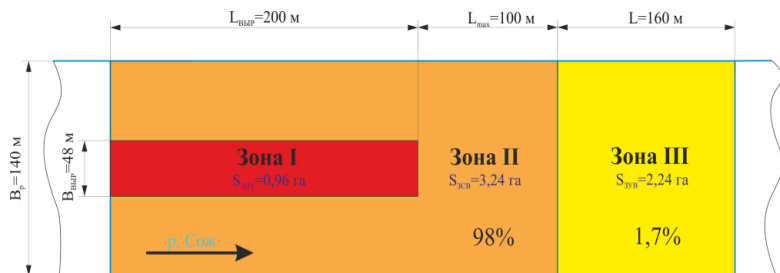


Рис. 3. Зоны вредного воздействия на перекате «Скиток-1» прорезь № 1

Следует отметить, что все три предложенные методики могут быть использованы при расчете размеров зон вредного воздействия на любых водотоках Беларуси. Очередность использования методик должна быть обязательно согласована с типом водотока, его основными геометрическими и гидродинамическими параметрами, с гранулометрическим составом взвеси, ее гидравлической крупностью и климатическими факторами.

Результаты работы были внедрены в учебном процессе БНТУ, а также на предприятиях водного транспорта Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь: ОАО «Белсудопроект» и ПО «Белводпуть» на участках рек Березина, Сож, Днепр и Неман [4].

Литература

1. Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учеб. Пособие / А. Д. Гиргидов. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2007. – 545 с.
2. Богомолов, А. И. Гидравлика: учеб. пособие / А. И. Богомолов, К. А. Михайлов. – Москва: Стройиздат, 1972. – 648 с.
3. Железняков, Г. В. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. / Г. В. Железняков, Ю. А. Ибад-Ззаде; под ред. В. П. Недриги. – Москва: Стройиздат, 1983. – 544 с.
4. Качанов, И. В. Методы определения расстояния выпадения на дно взвешенных частиц при проведении дноуглубительных работ на водотоках (реках и каналах) Республики Беларусь / И. В. Качанов, И. М. Шаталов, В. С. Ковалевич, В. С. Рабченя, О. А. Пастушек. – Автоматизация. Электроника – 2019: сборник материалов VII-ой международной научно-практической конференции «Инновационные технологии, автоматизации и мехатроника в машино- и приборостроении», 13-14 марта 2019 г. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 60–62.