



М. Б. Мануйлов, В. М. Московкин

## ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА (ДОЖДЕВЫХ И ТАЛЫХ ВОД) НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ И ТЕХНОГЕННУЮ СИТУАЦИЮ В ГОРОДАХ

Manuilov M. B., Moskovkin V. M.

## INFLUENCE OF THE SURFACE FLOW (RAINWATER AND MELTWATER) ON THE ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL SITUATION IN CITIES

*Окончание. Начало в номере 2–2016.*

Пункт 2.4. Продукты разрушения дорожных покрытий под действием грузоперевозок. Состав: песок, частицы битума с вкраплением песка. Доминирующий размер частиц — более 250 мкм. Масса накапливающихся частиц указанной составляющей дорожного смета на водосборе определяется по формуле [13, 18]:

$$\begin{aligned} n &= T_{\text{б.д.}} \\ M_4 &= 10^{-3} L \beta I Q \Sigma K^{n-1}, \text{ кг,} \\ n &= 1 \end{aligned} \quad (7)$$

где  $L$  — протяженность дорог водосбора, км;  $I$  — усредненная интенсивность движения транспорта, машин/сутки;  $K = 0,82$ ;  $Q$  — усредненная масса транспортного средства, тонн;  $\beta$  — коэффициент, определяющий износ дорожных покрытий в зависимости от грузопотоков, г/км дороги при перемещении транспортного средства массой в 1,0 тонну. Для дорог Украины принимается  $\beta = 3,5$  г/км т [19]. Приведенный коэффициент был получен более 35 лет назад для дорожных покрытий используемых в СССР и поэтому требуется его уточнение;  $K = 0,72$ , для зимнего периода  $K = 1$ .

Пункт 2.5. Продукты разрушения дорожных покрытий под действием атмосферных процессов. Состав: песок, частицы битума с вкраплениями песка. Доминирующий размер частиц — более 100 мкм. Объем накапливающейся за  $T_{\text{б.д.}}$  рассматриваемой составляющей дорожного смета на водосборе определяется по формуле [13, 19]:

$$\begin{aligned} n &= T_{\text{б.д.}} \\ M_5 &= 10^{-3} (S_d + S_m) \eta \Sigma K^{n-1}, \text{ кг,} \\ n &= 1 \end{aligned} \quad (8)$$

где  $S_d$  — площадь дорог водосбора, м<sup>2</sup>;  $S_m$  — площадь тротуаров, м<sup>2</sup>;  $\eta$  — коэффициент, определяющий износ дорожных покрытий в зависимости от их устойчивости

к климатическим условиям, для Украины,  $\eta = 0,3$  г/м<sup>2</sup> сутки (коэффициент был получен более 35 лет назад и требуется его уточнение) [19];  $K = 0,72$ ; для зимнего периода  $K = 1$ .

Пункт 2.6. В зимнее время для борьбы с гололедами широко используется песок, а его накопление на городских территориях определяется по формуле [8, 13]:

$$M_5 = 10^{-3} (S_d + S_m) \Omega \Sigma K^{n-1}, \text{ кг}, \quad (9)$$

$$n = T_c,$$

$$n = 1$$

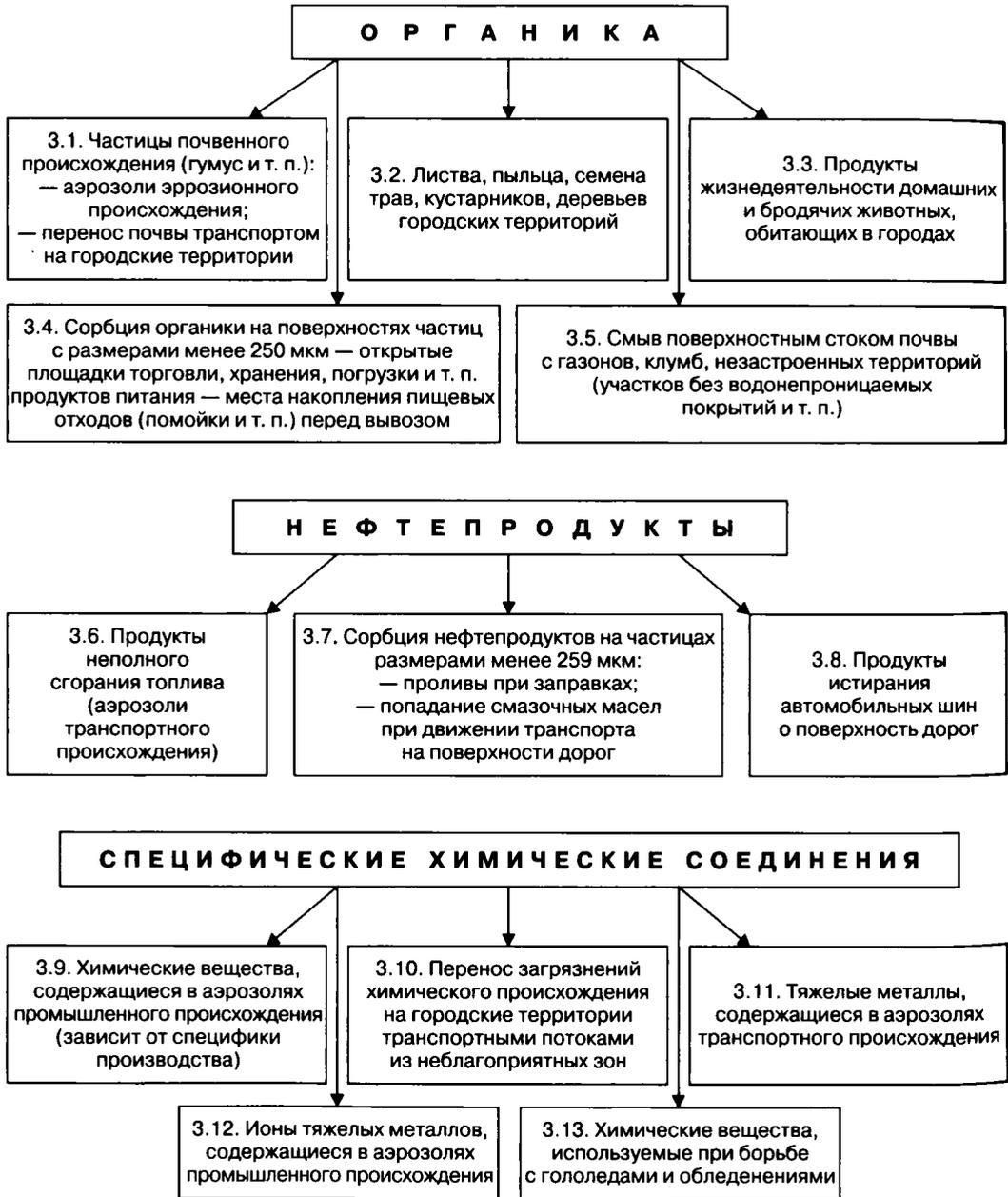
где  $S_d$  — площадь дорог водосбора посыпаемых песком, м<sup>2</sup>;  $S_m$  — площади тротуаров водосбора посыпаемых песком, м<sup>2</sup>;  $\Omega$  — расход песка на 1 м<sup>2</sup> поверхности дорог и тротуаров, г/м<sup>2</sup>;  $n$  — количество дней в которые производится посыпка песка, суток;  $T_c$  — период между снеготаяниями, суток;  $K = 1$  — снежный (ледяной) покров препятствует выносу частиц с проезжей части или тротуара за бордюрную зону.

Пункт 2.7. Биологическая составляющая дорожного смета — продукты жизнедеятельности бродячих и домашних животных обитающих в городах, преимущественно накапливающихся на газонах, клумбах и на незастроенных территориях. О заражении вод городских рек поверхностным стоком пока мы можем судить только по косвенным признакам: по комментариям СМИ (закрытие пляжей врачами СЭС на карантин после выпадения дождей) и по содержанию бактерий группы кишечной палочки (индекс БГКП). Так, в июне 2011 года нами брались пробы воды в реке Харьков: до выпадения дождя индекс БГКП составлял 8 особей в 1 литре, после выпадения 120 особей в 1 литре, что указывает на свежее фекальное заражение воды. Источник БГКП известен — это продукты жизнедеятельности людей и животных, причем в 1 см<sup>3</sup> данных загрязнений содержится 10<sup>6</sup> БГКП, но для оценки объемов накопления рассматриваемой составляющей необходимо проведение дополнительных исследований.

Пункт 2.8. Безусловно листья, пыльца, семена трав, кустарников и деревьев смываясь дождевыми стоками в реки формируют органическое загрязнение вод. Но в данной ситуации мы можем оперировать косвенными показателями — увеличением показателей БПК после выпадения дождей и их сезонными изменениями. Так БПК<sub>20</sub> в поверхностном стоке варьируется в пределах 180–350 мг О<sub>2</sub>/л, но данные значения помимо листьев, пыльцы и семян охватывают как загрязнения приведенные в пункте 2.7, так и смываемую почву и ряд других источников органического происхождения. В настоящее время выделить рассмотренный фактор мы не умеем и поэтому необходимы дополнительные натурные исследования.

На рис. 3 приведены основные источники формирования химического состава дорожного смета и, соответственно, поверхностного стока.

Дополнительно необходимо отметить, на поверхностях частиц дорожного смета с размерами до 100 мкм сорбированно: до 98% ионов тяжелых металлов,



**Рис. 3.** Основные источники формирования химического состава загрязнений урбанизированных территорий.

**Fig. 3.** Main sources of the chemical composition formation of the urbanized territory pollutants

96% нефтепродуктов, 92% органических примесей и т. д. [13]. А частицы с размерами до 250 мкм содержат практически все химические примеси, накапливающиеся на городских территориях — 99,6–99,9%, к данной фракции относятся и частицы почв [20]. Кроме того, именно указанный диапазон частиц (до 250 мкм) содержит все виды микроорганизмов обитающих в городах [2, 3].

Сделаем пояснения к рис. 3.

Пункты 3.1, 3.2, 3.3. Объяснения приведены выше.

Пункт 3.4. При попадании жидких пищевых отходов (или продуктов питания) на дороги, тротуары, площадки и т. д., именно частицы с размерами менее 250 мкм, имеющие максимальную суммарную поверхность (99% от всей поверхности частиц дорожного смета), выполняют роль губки впитывающей в себя воду, содержащую ингредиенты тех или иных пищевых отходов. Фактически они обезвоживают поверхности по принципу древесных опилок, использовавшихся много лет назад для уборки некоторых помещений.

Пункт 3.5. Для оценки выноса частиц почв с газонов, клумб, парковых зон и незастроенных территорий, используется следующая формула [21, 22]:

$$\Psi = \beta \alpha h_d, \quad (10)$$

где  $\Psi$  — смыываемый слой почвы, мм;  $\beta$  — уклон склона, %;  $\alpha$  — эмпирический эрозийный коэффициент;  $h_d$  — слой дождевого стока, мм.

Пункт 3.6. Содержание нефтепродуктов в аэрозолях транспортного происхождения (частичках сажи) зависит от состояния двигателей и чаще всего определяется сроком эксплуатации машин.

Пункт 3.7. При проливах нефтепродуктов частицы с размерами менее 250 мкм собирают на своих поверхностях загрязнения, точно так же как было показано в пункте 3.4.

Пункт 3.8. Продукты истирания автомобильных шин (резина) содержит нефтепродукты, сажу и т.д. [23], что влияет на формирование рассматриваемой химической составляющей дорожного смета.

Пункты 3.9., 3.10. и 3.12. Содержание химических веществ аэрозольного происхождения определяется по формуле [14]:

$$P_{TM} = C \chi \gamma_{TM}, \quad (11)$$

где  $P_{TM}$  — потоки тяжелых металлов (или других химических соединений, содержащихся в аэрозолях), мкг/м<sup>2</sup> сутки;  $C$  — концентрация пыли в воздухе, мг/м<sup>3</sup>;  $\rho$  — усредненная плотность частиц, г/см<sup>3</sup>;  $\chi$  — региональный коэффициент потоков осадимых аэрозолей;  $\gamma_{TM}$  — содержание тяжелых металлов (других химических соединений) в аэрозолях, мкг/г. Например, в г. Харькове (1991 г.) в аэрозолях промышленного происхождения  $\gamma_{TM}$  для некоторых металлов составляло [23–25]:  $\gamma_{(Cd)} = 2,97$  мкг/г,



$\gamma_{(Cu)} = 216,4$  мкг/г,  $\gamma_{(Cr)} = 114,7$  мкг/г,  $\gamma_{(Mn)} = 249,47$  мкг/г,  $\gamma_{(Ni)} = 57,17$  мкг/г,  $\gamma_{(Zn)} = 709$  мкг/г, а в аэрозолях транспортного происхождения [15, 23, 25]  $\gamma_{(Pb)} = 177,55$  мкг/г. В аэрозолях могут содержаться фенолы (г. Тирасполь) и многие другие примеси, что зависит от профилей предприятий и наличия сооружений по очистке производственных выбросов в атмосферу от пыли [23, 26, 27].

Пункт 3.11. Описание приведено выше.

Пункт 3.13. Единственный фактор, формирующий загрязнения поверхностного стока в виде растворов, например, загрязнение вод рек хлоридами (использование поваренной соли при гололедах) и т.д.

Используя информацию о загрязнениях на урбанизированных территориях, рассмотрим влияние поверхностного стока на качественные характеристики поверхностных вод. Причем необходимо отметить интересную особенность — частицы с размерами до 250 мкм, формируют химический состав поверхностного стока и влияют на качественные показатели вод рек, озер, контактных зон моря и т.д., частицы же больших размеров участвуют только в заиливании водных объектов. Выше сказанное позволяет рассматривать автономно влияние различных фракций дорожного смета на те или иные процессы в водных объектах.

#### **4. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

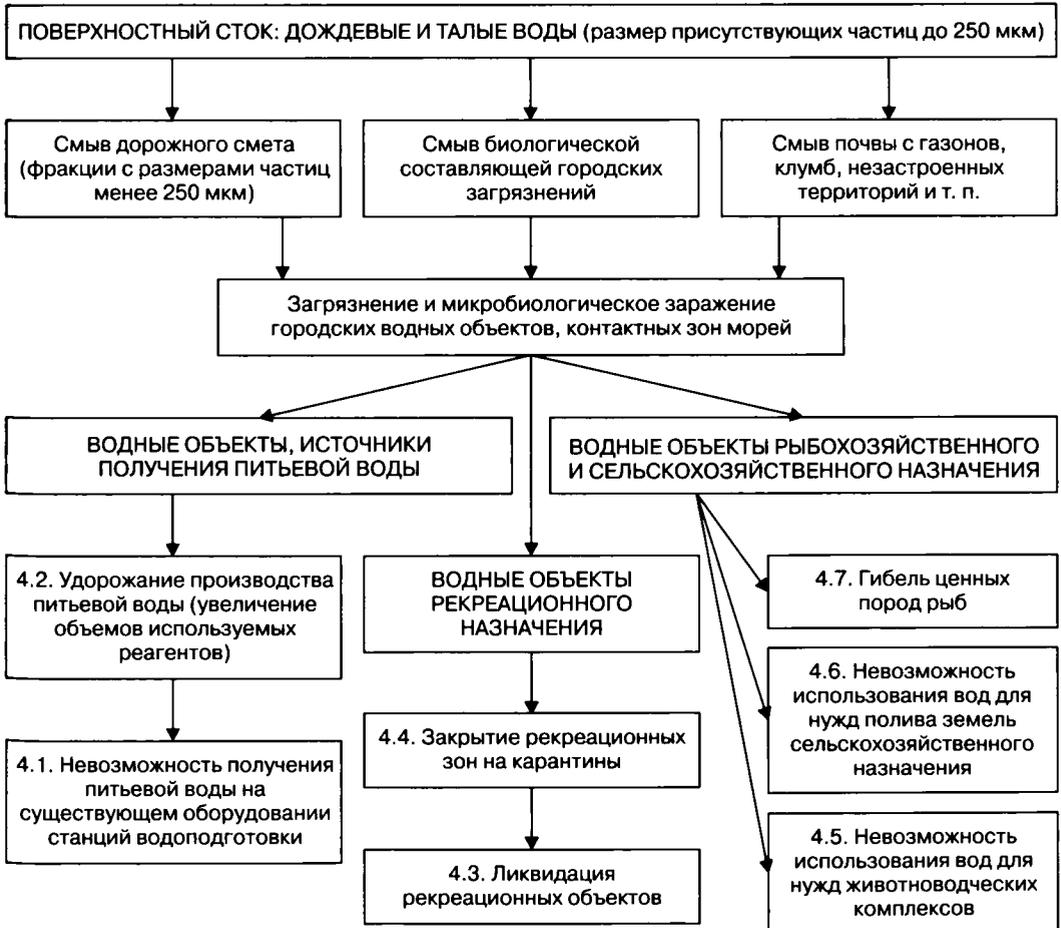
Иллюстрацией химического и микробиологического загрязнения самых больших европейских рек могут служить данные многих международных организаций регулярно сообщаемые СМИ Украины, Российской Федерации и стран ЕС. Например, начиная с 2000 года в устьях рек Дунай, Днепр и Волга речная вода на 8-12% состоит из хозяйственно-бытовых стоков. Причем известно, что никаких аварий или серьезных нарушений в водоотведении фекальных стоков не было. И только после детального рассмотрения характеристик поверхностного стока, которые были изучены учеными бывшего СССР и США в конце 70-х-начале 80-х годов XX века, приведенная выше информация становится понятной: химический и микробиологический состав первых порций поверхностного стока аналогичен хозяйственно-бытовым стокам [3, 13]. Но с учетом роста объемов загрязнений урбанизированных территорий и увеличением разнообразия накапливающихся химических веществ и микроорганизмов все большая часть дождевых и талых вод подпадает под указанное определение, а это значит что приведенные 8-12% еще не предел.

На рис. 4 приведена существующая ситуация и возможные последствия воздействия поверхностного стока на качественные характеристики водных объектов

Сделаем пояснения к рис. 4.

Пункты 4.1, 4.2. Удорожание производства, а в перспективе невозможность получения питьевой воды из пресных поверхностных вод. Рассмотрим существую-

щую ситуацию. По данным Института коллоидной химии и химии воды НАН Украины (ИКХХВ НАНУ) загрязнение речных вод органикой, при высоких среднесуточных температурах (что является результатом климатических изменений), приводит к активному размножению микроорганизмов, прежде всего сине-зеленых водорослей. А это при хлорировании (обязательная процедура водоподготовки) делает питьевую воду опасной для жизни, так как образующиеся хлорорганические соединения являются высокотоксичными. Как отмечалось специалистами ИКХХВ НАНУ, объемы органических загрязнений из года в год возрастают, а их пики приходится на периоды после выпадения дождей, поэтому существующие станции водоподготовки



**Рис. 4.** Существующая ситуация и возможные последствия влияния поверхностного стока на химический и микробиологический состав вод рек, озер, контактных зон моря и т.п.

**Fig. 4.** Current situation and possible effects of the surface flow on chemical and microbiological compositions of water of rivers, lakes, sea contact zones and etc.



не в состоянии решить данную проблему. Безусловно, получение питьевой воды, отвечающей международным стандартам, требует либо стабилизации качества поверхностных вод, либо создания принципиально новых производств, способных адаптироваться к изменяющемуся качеству сырья (к ухудшающимся показателям речных вод).

Пункты 4.3, 4.4. Рекреационные водные объекты всегда были и будут очень уязвимыми к внешним воздействиям, и хотя в настоящее время региональными СЭС контролируется только количество бактерий кишечной палочки (химический состав воды игнорируется), все равно закрытие пляжей на карантин является обычным делом. Причем, как отмечалось в СМИ, закрытию пляжей предшествует выпадение дождевых осадков. О последствиях закрытия пляжных зон для курортов Украины писалось выше, а переход к водному отдыху в плавательных бассейнах (воды очищаются и обеззараживаются) требует значительных средств и не всегда приводит к повышению привлекательности городов-курортов.

Пункты 4.5, 4.6. О гибели ценных пород рыб в киевском водохранилище и т.д., и о снижении продуктивности рек, водохранилищ и прибрежных зон морей пишется очень много, но, к сожалению, о поверхностном стоке практически не говорится, что конечно связано с малой информированностью.

Непредсказуемость качества вод в реках ставит перед сельхозпроизводителями проблему поиска альтернативных источников воды — используется артезианская вода, строятся пруды и т.п. Впрочем, это относится и к водоемам принимающих поверхностный сток с территорий крупных городов.

Если в целом оценивать ситуацию, то любой город периодически становится источником огромного объема сточных вод, которые без очистки в виде импульса поступают в водные объекты. И хотя естественные биологические фильтры еще способны вернуть экологическую систему в нормальное состояние, но на такое восстановление с каждым годом требуется все больший период времени, что ставит вопрос о возможных катастрофических последствиях.

## **5. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ГИДРОЛОГИЮ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Рассмотрим влияние дорожного смета, с размерами частиц большими 250 мкм, выносимого поверхностным стоком в реки и другие водные объекты, на процессы происходящие в городах (рис. 5).

Сделаем пояснения к этому рисунку.

Пункт 5.1. В Харькове с 1999 года действует программа по борьбе с оползневыми процессами [28], вызванными в частности и повышением уровней городских рек и грунтовых вод. Собственно сами оползни возникают за счет неоднородности видов почв, которые образуют послойное чередование. Из-за различия плотностей

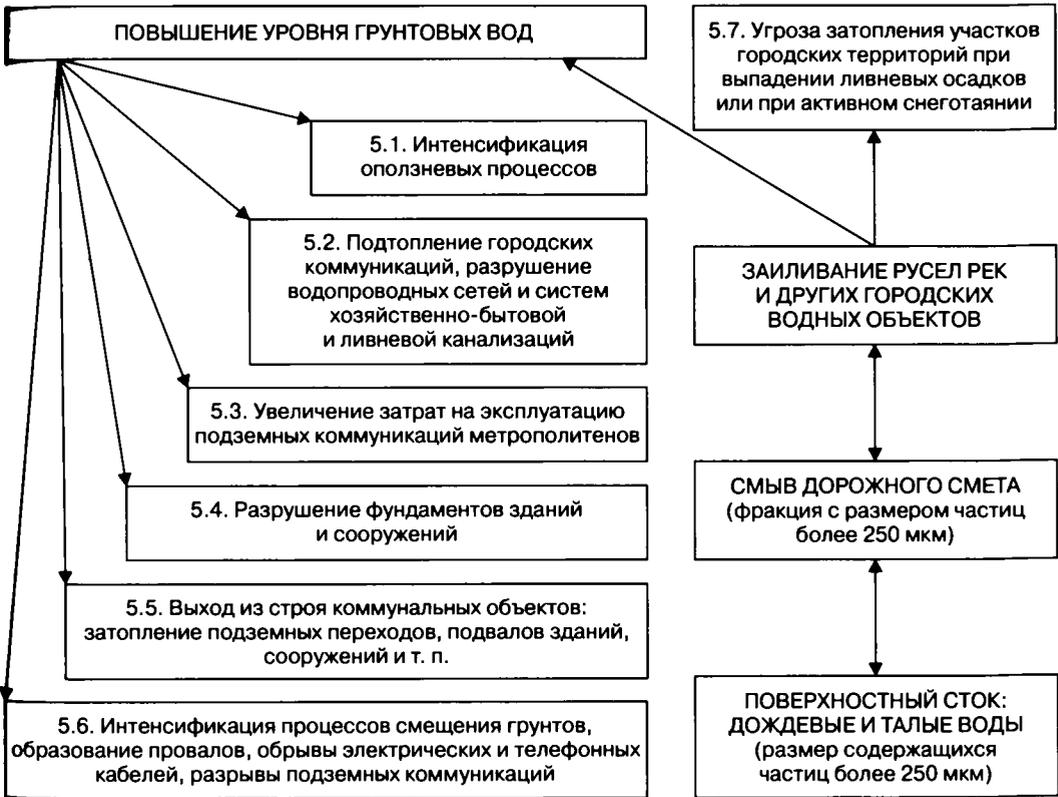


Рис. 5. Существующая ситуация и возможные последствия влияния поверхностного стока на заиливание городских водных объектов

Fig. 5. Current situation and possible effect of the surface flow on the urban water object siltation

и структуры почв, при возникновении между их слоями водной прослойки или пустот (что и происходит за счет действия грунтовых вод) слои почвы приходят в движение, что может приводить к разрушению зданий и сооружений, дорог, подземных и наземных коммуникаций и т.д.

Пункт 5.2. При повышении уровня грунтовых вод коммуникации, заложенные 30–40 лет назад (в момент их прокладки уровень был ниже, что и учитывалось проектировщиками и строителями), оказались в грунтовых водах. Никто десятилетия назад не предполагал подобного развития событий, поэтому водопроводные трубы, водоотводящие коллектора и т.п. укладывались в землю без нанесения защитных покрытий (гидроизоляция трубопроводов значительно увеличивает стоимость объектов). К примеру, водопроводные трубы, заложенные более 100 лет назад, и находящиеся в сухой почве до сих пор функционируют в некоторых местах г. Харькова, что понятно — внутреннее, контактное, растворение металла становится заметным



по прошествии многих столетий, а внешняя коррозия практически отсутствует. Но на значительных участках города (низинных) подтопление уже давно стало фактом, поэтому стальные трубы активно разрушаются коррозией, бетонные коммуникации, подвергаясь воздействию серобактерий, так же разрушаются, обнажая арматуру, которая в свою очередь подвергается коррозии. Как следствие — частые разрывы водопроводных труб, разрушение водоотводящих коллекторов, что в свою очередь способствует повышению уровня тех же грунтовых вод. Более подробную информацию о происходящем можно получить, на примере г. Харькова, из архивов КП «Харьковводоканал» и «Харьковкоммуночиствод», по данным которых можно проследить связь: повышение уровня грунтовых вод — увеличение количества аварий на водопроводных и канализационных сетях.

Пункт 5.3. Основные линии метрополитена г. Харькова, как и других городов Украины, строились десятилетия назад, при этом безопасность эксплуатации требует поддержания грунтовых вод на заданном уровне, что и осуществляется путем откачки избыточной воды, как следствие увеличиваются эксплуатационные затраты.

Пункт 5.4. Строительство жилых и других зданий происходит во всех городах в течение длительного периода. Но 30, 40 и более лет назад в момент проектирования и строительства исходили из существующей ситуации, поэтому, к примеру, на бетонные сваи не наносились защитные покрытия. В настоящее время они находятся в воде, серобактерии разрушают бетон, коррозия разрушает арматуру, несящая способность фундаментов снижается и с течением времени произойдет разрушение и самих объектов — зданий, сооружений и т.д., если не будут проводиться работы по укреплению фундаментов, что, безусловно, требует значительных средств.

Пункт 5.5. Естественно, повышение уровня воды в водных объектах (реках, озерах, прудах и т.п. расположенных на городских территориях) и грунтовых вод приводит к затоплению подвалов жилых и других зданий, подземных коммуникаций и других коммунальных объектов. В качестве примера можно привести подземный переход к Новому цирку г. Харькова: 2005 г. переход действовал, но его часть периодически заполнялась водой, в 2010 г. весь переход был залит водой слоем 15–20 см, им пользоваться уже невозможно. В приведенном случае переход является индикатором увеличения илового слоя в реке Харьков, так как коллектор, первоначально отводивший из него дождевые и талые воды, в настоящее время, соединяясь с рекой, поддерживает одинаковый уровень воды: «река — подземный переход». Кроме того, существуют критические значения уровня иловых отложений, при повышении которых русла рек не в состоянии сбрасывать объемы поверхностного стока, образовавшиеся при выпадении ливней со значительными слоями осадков (то же самое относится и к активному снеготаянию), хотя 20–30 лет назад такой проблемы не существовало. Как следствие реки выходят из берегов и на некоторое время парализуют движение транспорта, затапливают подвальные помещения и т.д.

Пункт 5.6. Процессы, приводящие к данным последствиям близки к приведенным в пункте 5.1, а динамику разрыва высоковольтных подземных кабелей, в за-

висимости от повышения уровня грунтовых вод, можно проследить по данным ремонта кабелей за 1992–2012 годы КП «Харьковэнерго».

Пункт 5.7. По требованиям строительных нормативов выходы ливневой канализации устанавливаются выше уровня воды в реках или других водоемов. В настоящее время, из-за заиливания и вызванного им повышения уровня вод рек, выходы около 90% ливневых коллекторов, к примеру, в реках Харьков и Лопань полностью или на 1/3–1/4 площади своего сечения находятся в воде. Соответственно, при ливнях или активном снеготаянии потоки дождевых и талых вод не успевают сбрасываться с водосборов со скоростью заложенной в проектной документации — на пути потоков существует препятствие в виде «плотины» из воды рек (при сбрасывании поверхностному стоку необходимо преодолевать сопротивление не воздуха, а воды). Как следствие, на длительный период времени участки городских территорий становятся залитыми водой, что препятствует работе наземного транспорта, мешает пешеходам, а в ряде случаев может приводить к затоплению подвальных помещений и подземных коммуникаций. Необходимо отметить: объемы отводимого поверхностного стока с каждым годом увеличиваются, что происходит за счет увеличения усредненного коэффициента стока городских территорий — с каждым годом возрастают площади дорог и тротуаров, крыш зданий и сооружений за счет уменьшения площадей зон озеленения и незастроенных территорий. Кроме того, возникли климатические изменения, повлиявшие на характеристики осадков — средняя интенсивность осадков возросла, а снеготаяние стало происходить в сжатые сроки, соответственно возросли расходные характеристики дождевых и талых стоков, что сказывается на работе ливневой канализации (на ее возможности обеспечить отведение поверхностного стока, образовавшегося в результате ливней или активного снеготаяния).

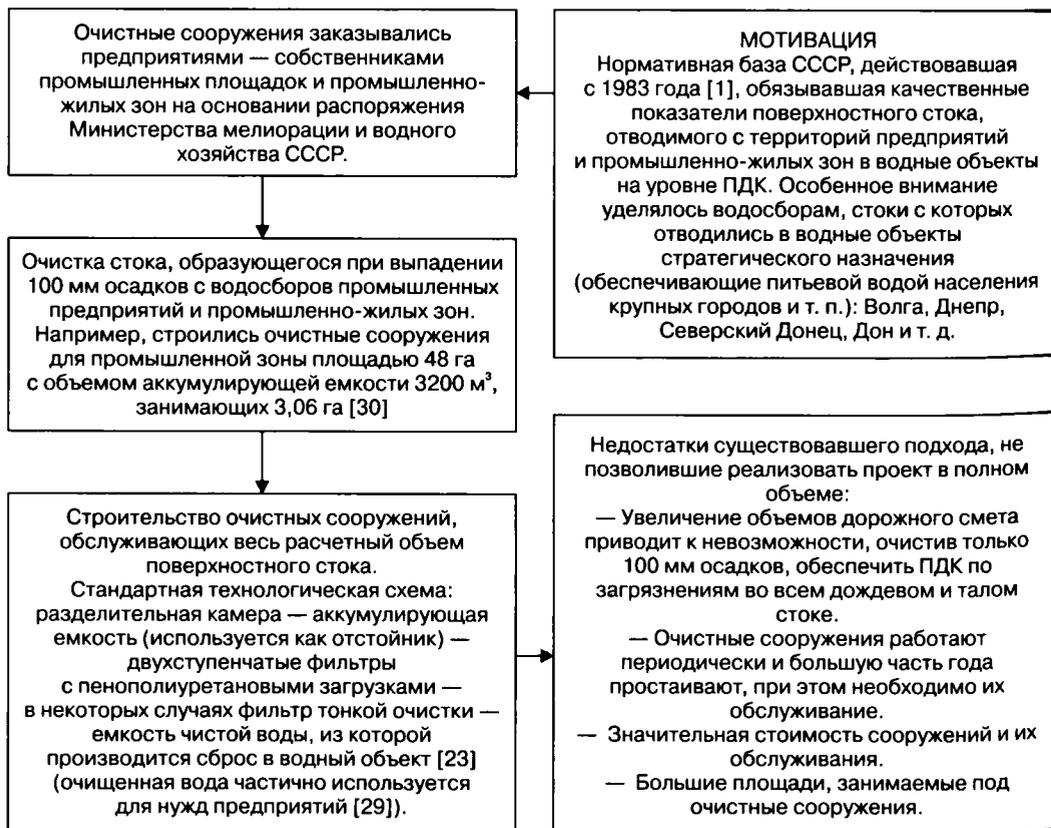
## **6. СУЩЕСТВУЮЩИЙ ОПЫТ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

На рис. 6 схематично приведен принципиальный подход на основании которого принимались решения по обезвреживанию поверхностного стока при проектировании и строительстве очистных сооружений во многих регионах СССР: промышленно-жилая зона г. Каховки (Украина), промышленная площадка завода «Центролит» г. Каунас (Литва), промышленная зона химвоенного г. Тирасполя (Молдавия), промышленно-жилые зоны городов Каменец-Подольский и Калуш (Украина), промышленная площадка завода «Моторсич» г. Запорожья (Украина), промплощадки автотранспортных предприятий городов Харьков, Ялта, Алушта и т.д., территорий животноводческих (мясо-молочных) комплексов московской области (Российская Федерация), промышленная площадка инструментального завода им. Воейкова г. Запорожье (Украина), производственная площадка Харьковского мясокомбината (Украина), отведение и очистка поверхностного стока с участков трасс — мостовая



развязка при слиянии рек Волга и Ока (обеспечение необходимых показателей вод в районе нерестилища), Татарстан (Российская Федерация), отведение и очистка поверхностного стока с участков Южнобережного шоссе, Крым (Украина), промышленная площадка завода «Серп и молот» г. Харькова, промплощадка горьковского электро-механического завода, г. Нижний Новгород (Российская Федерация) и т.д.

Административный подход к решению проблемы поверхностного стока применявшийся в СССР, хотя и дал импульс в изучении дорожного смета, дождевого и талого стоков, разработке и внедрении технологий очистки, но сама установка на аккумуляцию (соответственно и очистку) 10 мм осадков уже в конце 80-х годов XX века вызывала массу вопросов. И, прежде всего, это относилось к невозможности обеспечения ПДК (сток и после 10 мм не соответствовал необходимым показателем). Кроме того, очистные сооружения получались очень большими, так как аккумуля



**Рис. 6.** Существующий опыт ВНИИ по охране вод (Харьков) по решению проблемы воздействия загрязненного поверхностного стока на водные объекты

**Fig. 6.** Actual experience of the All-Union Research Institute of Water Conservation (Kharkov) in solving problems of the polluted surface flow effect on water objects

мулирующая емкость (выполняет и роль отстойника) рассчитывалась на залповый прием всех 10 мм осадков. Необходимость выделения больших участков земли под сооружения, сложности с обслуживанием (очистные сооружения работают фактически только 1 месяц в году) приводила к сопротивлению со стороны руководства предприятий в советский период. В настоящее время реализовать что-то подобное вряд ли удастся. Но и 25–30 лет назад были поиски оптимальных решений в обезвреживании ливневых и талых вод.

Отметим, что в 70-х годах XX века очистка 10 мм осадков (СССР) [1, 5, 31] и 12,5 мм (США) [32] отвечала поставленным целям, но уже в 1989 году, для городов Харьков, Запорожье и Тирасполь требовалось подвергать очистке не менее 14 мм осадков (данные ВНИИВО [23]).

На рис. 7, в общих чертах, показаны технологические решения, позволявшие минимизировать объемы принимаемого на очистку поверхностного стока. Соответственно, снижались стоимость объектов и занимаемые ими площади. Представленный



**Рис. 7.** Существующий опыт ВНИИ по охране вод (Харьков) по минимизации затрат при внедрении технологий отведения и очистки поверхностного стока

**Fig. 7.** Actual experience of the All-Union Research Institute of Water Conservation (Kharkov) on the cost minimization at the technology adaption of the surface flow discharge and treatment



подход применялся при проектировании и строительстве ряда очистных сооружений: промышленной площадки инструментального завода им. Воейкова г. Запорожье (Украина) — сток с крыш административного и производственного корпусов (условно чистый) отводится без глубокой очистки, стоянка машин (погрузо-разгрузочные цех) была помещена под навес (опять же сток с крыш), с оставшейся площади дождевые и талые воды отводились на локальные очистные сооружения глубокой очистки. В г. Каунас (завод «Центролит») после проведения работ по благоустройству территории (устанавливалось бордюрное ограждения клумб и т.п. с целью препятствия смыву почвы) строились локальные сооружения по очистке стока от грубодисперсной взвеси (песколовки) с дальнейшей доочисткой на 2-х комплексах очистных сооружений, что позволило аккумулировать сток самотеком, а не с помощью насосной станции, как предполагалось первоначально. Это позволило снизить стоимость очистных сооружений.

Приведенные технологические решения могут использоваться только в случае фиксированного уровня загрязненности урбанизированных территорий, при увеличении объемов дорожного смета общие или локальные очистные сооружения необходимо расширять или за счет реконструкции, или за счет строительства новых.

Данный подход реализовывался в рамках создания локальных систем водоотведения и очистки поверхностного стока, суть которых состояла в ранжировании территорий по степени загрязненности и подачи на очистку первых, наиболее загрязненных, порций стока с выделенных загрязненных участков.

## **7. РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИЧИНЯЕМОГО ПОВЕРХНОСТНЫМ СТОКОМ ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ**

В связи с тем, что в законодательстве Украины и других стран мира нет методик расчета экологического ущерба, именно для поверхностного стока, то для оценки регионального ущерба можно воспользоваться алгоритмом, изложенным в Постановлении Кабинета Министров Украины № 303 от 01.04.1999 года [33], относящегося к расчету платежей за сброс сточных вод в водные объекты.

Расчет платежей за сброс сточных вод осуществляется по формуле [33]:

$$P_c = \sum_i M_{п.} H_{б.и.} K_{р.б.} K_{п.} K_{ф.} K_{нас.} \quad (12)$$

где  $P_c$  — в гривнах;  $i$  — перечень загрязняющих веществ в сточных водах, по которым происходит превышение ПДК;  $M_{п.}$  — объемы сброса загрязняющих веществ в водный объект, т;  $H_{б.и.}$  — норматив сбора за тонну загрязняющих веществ, грн./т;  $K_{р.б.}$  — региональный (бассейновый) коэффициент;  $K_{ф.}$  — коэффициент, устанавливаемый в зависимости от народнохозяйственного значения населенного пункта;  $K_{п.}$  — коэффициент кратности сбора;  $K_{нас.}$  — коэффициент, устанавливаемый в зависимости от численности жителей населенного пункта.

Рассмотрим пример г. Харькова, для которого  $K_{р.б.} = 2,2$ ;  $K_{п.} = 1,25$ ;  $K_{ф.} = 5$ ;  $K_{нас.} = 1,8$ . Годовой объем основных видов загрязнений формирующихся на 1 гектаре городской территории за период: 1977–2005 годы [6, 7, 8, 34], приведен в таблице 1.

Исходя из определения поверхностного стока, который эквивалентен «разбавленным хозяйственно-бытовым сточным водам», для расчета экологического ущерба можно использовать методику [33]. Задавшись площадью города Харькова 35000 га, проведем расчет экологического ущерба наносимого дождевыми и талыми водами рекам Харьков, Лопань и Уды, составив табл. 2–4.

Приведенные в табл. 2–4 суммы экологического сбора далеко не отвечают реальному ущербу, например, нормы сбора за сбросы, принятые в 1999 году, для настоящего времени явно занижены, что подтверждается выводами Верховной Рады Украины, где с конца 2012 г. проводится работа по их приведению к реальным значениям. В работах [35, 36] представлены результаты исследований влияния поверхностного стока на качество вод малых рек г. Харькова, и хотя результаты расчетов относятся к 2001–2002 годам они очень близки к расчетам приведенным в табл. 4. Но главное, использованная методика дает только общее представление — поверхностный

Таблица 1.

**Характеристики основных загрязняющих веществ поверхностного стока**

Наименование загрязняющих веществ	1977 год	1991 год	2005 год
1. Взвешенные вещества	5110 кг/год	9850 кг/год	27500 кг/год
2. Нефтепродукты	90 кг/год	126 кг/год	414 кг/год
3. БПК <sub>20</sub>	290 кг/год	336 кг/год	680 кг/год
4. ХПК	930 кг/год	1100 кг/год	2120 кг/год

Table 1.

**Properties of the main surface flow pollutants**

Таблица 2.

**Расчет суммы экологического сбора за сброс поверхностного стока в 1977 году**

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы выбросов, тонн	Нормативы сбора за сбросы, грн./тонна	Общая сумма сбора, тыс. грн.
1. Взвешенные вещества	178850	1	4426,53
2. Нефтепродукты	3150	206	16060,3
3. БПК <sub>20</sub>	10150	14	3516,97
4. ХПК	32550	7	5639,28

Table 2.

**Calculation of the amount of environmental fees for surface flow discharge in 1977**

**Всего: 29643,05 тыс. грн.**



Таблица 3.

Расчет суммы экологического сбора за сброс поверхностного стока в 1991 году

Table 3.

Calculation of the amount of environmental fees for surface flow discharge in 1991

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы выбросов, тонн	Нормативы сбора за сбросы, грн./тонна	Общая сумма сбора, тыс. грн.
1. Взвешенные вещества	344750	1	8532,56
2. Нефтепродукты	4410	206	22484,38
3. БПК <sub>20</sub>	11760	14	4074,84
4. ХПК	38500	7	6670,12

Всего: 41761,90 тыс. грн.

Таблица 4.

Расчет суммы экологического сбора за сброс поверхностного стока в 2005 году

Table 4.

Calculation of the amount of environmental fees for surface flow discharge in 2005

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы выбросов, тонн	Нормативы сбора за сбросы, грн./тонна	Общая сумма сбора, тыс. грн.
1. Взвешенные вещества	962500	1	23821,87
2. Нефтепродукты	14490	206	73877,26
3. БПК <sub>20</sub>	23800	14	8246,70
4. ХПК	74200	7	12855,15

Всего: 118810,98 тыс. грн.

сток г. Харькова в 2005 году нанес экологический ущерб местным рекам на сумму 118 миллионов 810 тысяч гривен, но конкретизировать платежи, предъявив их конкретному субъекту хозяйственной деятельности она не позволяет.

Поэтому можно сделать вывод: общепризнанные методы эколого-экономического управления качеством сточных вод, перед их отведением в водные объекты, применить к поверхностному стоку невозможно по следующим причинам:

а) В отличие от производственных и хозяйственных стоков нет данных об объемах отводимой воды и усредненных концентрациях загрязняющих веществ:

- неизвестен момент начала дождя (или снеготаяния), его продолжительность и интенсивность — только после его окончания, по данным метеослужбы, восстанавливается картина произошедшего;

— вышесказанное делает практически невозможным отбор проб стока во времени, на основании которых можно было бы с достаточной степенью точности определить усредненные концентрации веществ (объемы воды известны по данным метеослужб и по виду поверхностей водосбора) и достоверно установить причиненный экологический ущерб;

б) Экономический ущерб, задаваемый поверхностным стоком, с достаточной точностью, можно просчитывать, проводя мониторинг качества воды рек во время выпадения дождей (снеготаяния), привязываясь к точке (точкам) пересечения рекой (реками) границ города или исходя из годовых объемов образующегося дорожного смета. Но на основе натуральных исследований, отбирая пробы стока во время дождя или оттепели, оценить объемы загрязнений, вынесенных поверхностным стоком с территории конкретного предприятия (участка урбанизированной территории) на практике крайне сложно.

Прежде чем перейти к нашему видению решения проблемы поверхностного стока, сформулируем некоторые положения, которыми будем пользоваться в дальнейшем.

1. Качественные характеристики поверхностного стока находятся в прямой зависимости от объемов и химического состава загрязнений (прежде всего дорожного смета) накапливающихся на урбанизированных территориях за без дождевые периоды и периоды между снеготаянием. Кроме того, нагрузка ( $\text{г}/\text{м}^2$  прибордюрной зоны) и содержание химических примесей ( $\text{мг}/\text{г}$  фракции дорожного смета с размерами частиц менее  $250 \text{ мкм}$ ) дорожного смета являются единственными достоверными показателями, сведения по которым можно получить в любой период времени. При оценках надо учитывать, что  $90\%$  частиц дорожного смета накапливается в прибордюрной зоне и только  $10\%$  на центральной части дорог [23];

2. Изменение концентрации взвешенных веществ (всех других присутствующих загрязнений) в дождевом стоке (талых водах) прежде всего зависит от слоя осадков: интенсивность выпадения дождей или интенсивность снеготаяния, тип дождей и их продолжительность, размер дождевых капель и т.п. на кинетику процесса заметного влияния не оказывают [23, 34];

3. Чем меньше площадь водосбора, тем быстрее происходит смыв с его поверхности загрязнений. Увеличение площади приводит к эффекту «наслоения» концентраций: например, начался дождь и уже выпало  $4 \text{ мм}$  осадков — дорога, с нагрузкой дорожного смета  $90 \text{ г}/\text{м}^2$  прибордюрной зоны, расположенная в  $55 \text{ м}$  от водоема уже чиста, а первые порции стока (самые загрязненные) с участка удаленного на  $250 \text{ м}$  (с той же нагрузкой) только добежали, произошло их смешение с уже чистой водой, но общая характеристика воды — разбавленные хозяйственно-бытовые стоки, осталась [23, 34];

4. Существуют критические значения нагрузок дорожного смета городских территорий, в зависимости от площади водосбора, так для  $5 \text{ га}$  это —  $160 \text{ г}/\text{м}^2$  прибордюрной зоны, для  $1 \text{ га}$  —  $225 \text{ г}/\text{м}^2$ , при данных значениях, в стоке образующемся



при выпадении дождевых осадков слоем более 10 мм, загрязняющие вещества содержатся в концентрациях не превышающих ПДК [23, 24]. Но приведенные значения справедливы только для дорожного смета городских территорий, если специфика работы производства приводит к накоплению в загрязнении особо вредных или токсичных веществ, то слой осадков подлежащих очистке определяется индивидуально.

5. На частицах дорожного смета с размерами до 250 мкм содержатся практически все химические примеси, накапливающиеся на городских территориях. Поэтому при выборе технологических решений связанных с управлением качественных показателей вод рек, озер, водохранилищ и контактных зон морей, в первую очередь, необходимо уделять внимание очистке дождевых и талых стоков от взвешенных веществ указанных размеров.

6. Частицы дорожного смета с размерами более 250 мкм не влияют на химический состав воды, но участвуют в процессе заиливания рек, озер и т.п., что может приводить к техногенным последствиям.

## **8. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА**

В тезисном виде сформулируем основные принципы предлагаемого метода расчета экологического ущерба водным объектам наносимого поверхностным стоком, образующимся на территории некоторого объекта хозяйственной деятельности (или участке городской территории), которые должны отвечать следующим положениям:

1. Как показывает мировой опыт без эколого-экономического подхода вопросы очистки стоков, воздуха и т.д. не могут быть решены;

2. Основная цель разрабатываемой методики предотвращения загрязнения, заражения, заиливания и т.д. водных объектов, состоит в том, что экологический сбор должен стимулировать использование технологий снижающих или исключаящих возможность поступления в водоемы загрязнений, формирующихся на урбанизированных территориях;

3. За основу расчета экологического сбора должна быть взята наиболее достоверная информация — характеристики дорожного смета, его нагрузки, химический, а в некоторых случаях и микробиологический составы;

4. Расчет экологического сбора должен быть адаптирован к методике, приведенной в Постановлении КМ Украины № 303 (во всем мире действуют аналогичные методы расчетов).

Основные положения методики определения экологического ущерба наносимого предприятием (участком урбанизированной территории), при отведении поверхностного стока, водным объектам:

1. При проведении мониторинга загрязненности территории предприятия (по методике разработанной во ВНИИВО [13, 23]) производится отбор проб дорожного смета с задаваемой периодичностью с его дальнейшим исследованием (определяется нагрузка и химический состав фракции с размером частиц менее 250 мкм). Необходимо отметить, что нагрузки в течение 4–5 суток выходят на близкие к стационарным значения (теплый период года), а в зимний период происходит линейное во времени накопление. Можно осуществлять и прогнозные оценки формирования нагрузок дорожного смета, используя формулы (4–9).

На данном этапе получаем усредненную нагрузку дорожного смета ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) и его химический состав, зная баланс территории (площади дорог, тротуаров, площадок, крыш зданий и сооружений, газонов, незастроенных территорий и т.д.) определяем объемы присутствующих загрязняющих веществ (сколько накапливается тон твердых частиц, нефтепродуктов, органики по БПК и т.д. за  $T_{\text{б.д.}}$ ).

2. После выпадения дождя производится расчет объемов образовавшегося дождевого стока по формуле (1), при этом используются данные метеослужб (слой выпавших осадков в мм) и значения коэффициента стока предприятия (или участка городской территории) — определяемого по формуле (2);

3. Делается прогнозный расчет изменения концентраций взвешенных веществ (концентраций взвешенных веществ с размерами менее 250 мкм) в зависимости от слоя выпавших осадков [23, 35, 36]:

$$C(n\Delta h) = m \Delta \mu (n) / \Delta h S_0, \quad (13)$$

где  $C(\Delta h)$  — изменение концентрации взвешенных веществ в зависимости от слоя выпавших осадков  $n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ),  $\text{г}/\text{л}$ ;  $m$  — усредненная нагрузка загрязняющих веществ в пересчете на единичное сечение дорожного полотна,  $\text{г}/\text{м}^2$ ;  $\Delta h$  — единичный слой дождевого стока, привязанный к единичной площади  $S_0 = 1 \text{ м}^2$  (при прогнозах принимается равным 0,5 мм);  $\mu$  определяется по формуле:

$$m = 2,2 m_0 \Delta S_{\text{дор.}}, \quad (14)$$

где безразмерный коэффициент 2,2 получен при проведении физического моделирования на дождевальной установке «Сток» и показывает на накопление загрязнений в при бордюрных зонах и на проезжей части дорог [23];  $m_0$  — нагрузка дорожного смета в при бордюрной зоне, определяется согласно п. 1,  $\text{г}/\text{м}^2$ ;  $\Delta S_{\text{дор.}}$  — площадь единичного сечения дороги (площадки и т.п.),  $\text{м}^2$ ;  $\Delta S_{\text{дор.}}$  определяется по формуле:

$$\Delta S_{\text{дор.}} = H_d L_d, \quad (15)$$

где  $H_d$  — ширина дорожного покрытия (промышленной площадки и т.п.) между бордюрами ограждениями, м;  $L_d$  — единичное сечение дороги (площадки и т.п.), принимается равным 1,0 м;  $\mu$  — единичная переходная вероятность, показывающая долю выносимых частиц дорожного смета за фиксированный слой дождевого стока



$\Delta h$ , была получена при проведении физического моделирования на дождевальной установке «Сток» и при прямых натуральных исследованиях [13, 23]:

$$\mu = 1 - \sqrt{\left(\frac{1}{m}\right) \exp\left(-\frac{1}{m}\right)} \quad (16)$$

$$\Delta\mu(n) = \mu^{n-1} - \mu^n. \quad (17)$$

Для определения изменения концентраций взвешенных веществ имеющих размеры менее 100 мкм в дождевом стоке формулы (13-17) запишутся в виде:

$$C^*(n\Delta h) = m^* \Delta\mu^*(n) / \Delta h S_0, \quad (18)$$

где  $C^*(\Delta h)$  — изменение концентрации взвешенных веществ с размерами менее 100 мкм в зависимости от слоя выпавших осадков  $n\Delta h$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ), г/л;  $m^*$  — усредненная нагрузка загрязняющих веществ с размерами менее 100 мкм в пересчете на единичное сечение дорожного полотна, г;

$$m^* = 2,2 m_0^* / \Delta S_{\text{дор}}. \quad (19)$$

где  $m_0^*$  — нагрузка дорожного смета с размерами частиц менее 100 мкм в при бордюрной зоне, определяется согласно п.1, г/м<sup>2</sup>;  $\mu^*$  — единичная переходная вероятность показывающая долю выносимых частиц дорожного смета с размерами менее 100 мкм за фиксированный слой дождевого стока  $\Delta h$ , была получена при проведении физического моделирования на дождевальной установке «Сток» и при прямых натуральных исследованиях [13, 23]:

$$\mu^* = 1 - \sqrt{\left(\frac{1}{m^*}\right) \exp\left(-\frac{1}{m^*}\right)} \quad (20)$$

$$\Delta\mu^*(n) = \mu^{*n-1} - \mu^{*n}. \quad (21)$$

При расчете изменения концентраций химических соединений, в зависимости от слоя выпавших осадков присутствующих в дорожном смете (следовательно и поверхностном стоке), формула (18) примет вид:

$$C_i^*(n\Delta h) = \gamma_i m_i^* \Delta\mu^*(n) / \Delta h, \quad (22)$$

где  $C_i^*(\Delta h)$  — изменение концентрации  $i$ -го химического вещества в зависимости от слоя выпавших осадков  $n\Delta h$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ), мг/л;  $\gamma_i$  — содержание  $i$ -го химического вещества в дорожном смете, определяется согласно п.1, мг/г.

По формулам (13–22) производится расчет слоев осадков с превышением ПДК по каждому из присутствующих ингредиентов [23, 35, 36].

Использование расчетных формул (13–21) можно проиллюстрировать на примере результатов прямых натуральных исследований и физического моделирования процесса смыва, загрязняющих веществ поверхностным дождевым стоком на установке «Сток» [23] (табл. 5).

Исходные данные: результаты натуральных исследований — место г. Харьков, улица Космическая,  $S_B = 0,684$  га, поверхность дороги — асфальт, состояние хорошее,  $T_{б.д.} = 17$  суток, слой выпавших осадков (по записи pluviографа) 8,2 мм, тип дождя — 2-й, продолжительность дождя — 4 часа 18 минут, слой дождевого стока  $h_{ст.} = \varphi h_{ос.} = 0,7 \times 8,2 = 5,74$  мм,  $m_0 = 218$  г/м<sup>2</sup> при бордюрной зоны; ширина проезжей части дороги 21 м; согласно (14):  $m_i = 22,83$  г/м<sup>2</sup>;  $\mu = 0,801$  — формула (16);  $m_0^* = 30,86$  г/м<sup>2</sup> при бордюрной зоны (примечание: в примере рассматривалась нагрузка частиц дорожного смета с размерами менее 100 мкм) [13, 23], тогда  $m_i^* = 3,233$  г/м<sup>2</sup> — формула (19);  $\mu^* = 0,591$  — формула (20). Надо отметить, что представленные в таблице 5 данные физического моделирования на установке «Сток» полностью имитируют реальный изученный дождь: при знании нагрузки дорожного смета за время дождя было взято и изучено 18 проб воды, что на практике реализовать крайне сложно, за 3 года натуральных исследований полностью — от начала до конца было исследовано только 4 дождя [13, 23].

В таблице 5  $C_{фм}$ ,  $C_{мм}$  — значения концентраций взвешенных веществ (размер частиц менее 250 мкм) в дождевом стоке, полученные в результате физического и математического моделирования, мг/л;  $C_{фм}^*$ ,  $C_{мм}^*$  — значения концентраций взвешенных веществ (размер частиц менее 100 мкм) в дождевом стоке, в результате физического и математического моделирования, мг/л. Расхождения данных как физического, так и математического моделирования относительно данных натуральных

Таблица 5.

**Сравнительный анализ динамики концентраций взвешенных веществ в поверхностном дождевом стоке при физическом и математическом моделировании процесса**

Table 5.

**Comparative analysis of the suspended substance concentration in the surface rainwater flow: at the physical and mathematical modeling of the process**

п	Слой дождевого стока, мм	Концентрация взвешенных веществ, мг/л			
		Физическое моделирование		Математическое моделирование	
		$C_{фм}$	$C_{фм}^*$	$C_{мм}$	$C_{мм}^*$
1	0,5	8120,0	2410,5	8220,0	2398,1
2	1,0	6910,5	1518,0	6601,9	1422,2
3	1,5	5310,5	862,5	5278,3	834,3
4	2,0	4120,0	520,5	4234,2	493,5
5	2,5	3730,0	321,5	3361,9	288,1
6	3,0	2820,5	187,0	2739,0	170,9
7	3,5	2090,0	116,0	2158,1	99,9
8	4,0	1820,5	62,5	1700,9	57,1
9	4,5	1380,0	41,0	1369,2	33,5
10	5,0	1010,0	31,5	1078,1	18,2
11	5,5	906,0	14,0	870,4	11,3



исследований не превышали 2,43% [13, 23]. При расчете динамики концентраций нефтепродуктов, ионов тяжелых металлов и других химических загрязнений в дождевом стоке, прогноз производится по формуле (22).

Содержание загрязняющих веществ в дорожном смете приведено в табл. 6.

Таблица 6.

Table 6.

**Содержание загрязняющих веществ в дорожном смете**

**Pollutant content in the road dust**

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Содержание загрязняющих веществ в дорожном смете $\gamma_i$ (фракция с размерами частиц мене 100 мкм), г/кг
1	Нефтепродукты	310
2	БПК <sub>5</sub>	280
3	ХПК	510
4	Ионы Pb	0,36
5	Ионы Zn	0,242

За слой осадков 8,2 мм во всем объеме дождевого стока все виды загрязняющих веществ, присутствовали в концентрациях превышающих ПДК. Тогда суммарные массы загрязнений поступивших в ливневую канализацию (далее в водный объект) определяются по формулам:

$$n = h_{ст}/0,5 = 11$$

$$M_{в.в.} = 10^{-3} m_i S_d \sum_{n=1} \Delta \mu (n), \quad \text{кг} \quad (22)$$

$$n = h_{ст}/0,5 = 11$$

$$M_i = 10^{-6} \gamma_i m_i^* S_d \sum_{n=1} \Delta \mu^* (n), \quad \text{кг} \quad (23)$$

где  $\gamma_i$  — в г/кг;  $m_i$ ,  $m_i^*$  — в г/м<sup>2</sup>;  $S_d$  — в м<sup>2</sup>. Результаты расчетов адаптированные к методике приведенной в Постановлении КМ Украины № 303 помещены в таблице 7.

Расчеты табл. 7 относятся к 1990 году, в настоящее время объемы загрязнений соответственно и экологический сбор в 3–5 раз выше. Но все равно стимулы проведения тщательной уборки дорожного смета (значит закупки специализированной техники) или строительства очистных сооружений весьма условные. Интересным является и то, что в случае отведения конкретного дождевого стока (таблица 6 — объем сточных вод 39,26 м<sup>3</sup>) на городские очистные сооружения (сброс в систему городской канализации) величина оплаты рассчитанная по правилам приема сточных вод г. Харькова [37] составляет 2314,78 грн.

Более подробную информацию о предлагаемой методике расчета экологического сбора за сброс неочищенных дождевых и талых вод можно получить в работах [17, 38–41].

Таблица 7.

**Расчет суммы экологического сбора за сброс поверхностного стока, образовавшегося в процессе выпадения единичного дождя, с участка городской территории**

Table 7.

**Calculation of the amount of environmental fees for discharge of the surface flow formed in the process of unit rainfall from the city area**

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы выбросов, тонн	Нормативы сбора за сбросы, грн./тонна	Общая сумма сбора, грн.
1. Взвешенные вещества	0,12495	1	3,069
2. Нефтепродукты	0,00617	206	31,457
3. БПК <sub>20</sub>	0,00557	14	2,128
4. ХПК	0,01015	7	1,757
5. Ионы Pb	7,2E-06	2260	0,396
6. Ионы Zn	4,8E-06	1995	0,222

**Итого: 39,03 грн.**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получить прямые данные, путем отбора и изучения проб, об изменении концентраций загрязняющих веществ в дождевом и талом поверхностном стоке, соответственно, узнать объемы воды с превышением ПДК и суммарную массу вынесенных в водный объект веществ невозможно. Это не позволяет пользоваться методикой предложенной в Постановлении КМ Украины № 303 в существующем виде, а других методов расчета экологического ущерба нет.

2. Возможный вариант решения проблемы связан с разработкой, на основании предложенных математических моделей, программ расчета экологического ущерба для каждого предприятия (участков городских территорий). Это позволит на основании прямых натурных данных (нагрузок дорожного смета и его химического состава, с учетом площадей застройки, дорог, площадок с водонепроницаемым покрытием, зон озеленения и т.д.) осуществлять прогноз всей необходимой информации для расчетов экологического сбора, по методике Постановления КМ Украины № 303, в зависимости от характеристик осадков.

3. В любом случае внедрение технологий отведения и очистки поверхностного стока, без решения основного эколого-экономического вопроса, невозможно.

Абстрагировавшись от эколого-экономической проблемы можно сформулировать основные подходы технологического порядка:

3.1. Необходимо управлять нагрузками дорожного смета, прежде всего за счет уборки и вывоза загрязнений в установленные места. Только при выполнении данного условия в некоторых случаях можно будет обойтись без строительства очистных сооружений или это будут локальные системы, принимающие на глубокую очистку 2–5 мм стока (но не 15–20 мм, как это фактически необходимо сегодня).



3.2. Выбор технологий очистки должен отвечать местным, региональным интересам. Так, для г. Харькова это, прежде всего, прекращение заиливания рек, соответственно очистка стока от грубодисперсной взвеси за счет строительства локальных песколовков. Для г. Ялта основная проблема состоит в загрязнении вод химическими соединениями и микроорганизмами, следовательно, помимо уборки дорожного смета и всей территории необходимо строительство локальных очистных сооружений по обезвреживанию первых, наиболее загрязненных порций стока (1,5-2,0 мм). Безусловно, каждый город и регион имеет свою специфику, что должно найти отражение как при разработке эколого-экономических норм и правил, так и при выборе технологических решений.

Никакие крупномасштабные работы, и по разработке эколого-экономических правил, и по совершенствованию и разработке новых технологий отведения и очистки поверхностного стока невозможны без оценки реального ущерба наносимого данными стоками не только водным объектам, но и инфраструктурам городов, конкретным предприятиям и т.д. Именно на этом необходимо сосредоточить основное внимание при разработке законодательных актов, регламентирующих качество дождевых и талых вод.

### *Использованная литература*

1. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территории промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водные объекты. — М.: ВНИИВОДГЕО, ВНИИВО, 1983. — 47 с.
2. Мануйлов М. Б., Московкин В. М. Влияние загрязнений, формирующихся на урбанизированных территориях, на эпидемиологическую и экологическую ситуации // Экология урбанизированных территорий. — № 1. — 2010. — С. 18–31.
3. Мануйлов М. Б., Московкин В. М., Мартынов А. В., Куковицкий Н. Н. Воздействие загрязнений, формирующихся на урбанизированных территориях, на экологическую и эпидемиологическую ситуации // Исследовано в России: Московский физико-технический институт. — 2009. — Т. 12. — С. 204–226.
4. Калищун В. И. Водоотводящие системы и сооружения. — М.: Стройиздат, 1987. — 335 с.
5. Молоков М. В., Шифрин В. Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. — М.: Стройиздат, 1977. — 67 с.
6. Лозанский В. Р., Еременко Е. В., Кузин А. К. Методы и цели охраны вод СССР // Труды советско — американского симпозиума «Методология и практика планирования охраны речных бассейнов». — Харьков: Издательство ВНИИВО, 1981. — С. 16–43.
7. Мануйлов М. Б., Шутинский А. Г., Авин В. М., Скомороха О. П. Новая технология отведения и очистки поверхностного стока, образующегося на селитебных территориях и промышленных площадках предприятий // Вестник национального технического университета «ХПИ». — 2003. — № 3. — С. 49–57.
8. Мануйлов М. Б., Кравчук Л. С., Большакова Е. С., Московкин В. М. Оценка влияния поверхностного стока, отводимого с урбанизированных территорий, на процесс заливания русел и подтопления городских территорий // Бизнес Информ. — 2005. — № 1–2. — С. 46–54.
9. Кондратьев К. Я., Хват В. М., Московкин В. М., Мануйлов М. Б. О дисперсном составе атмосферных аэрозолей и расчету их осаднения. — Доклады АН СССР, 1988. — Том 303, № 3. — С. 591–593.
10. Хват В. М., Московкин В. М., Мануйлов М. Б., Роненко О. П. Об аэрозольном загрязнении поверхностного стока на урбанизированных территориях // Метеорология и гидрология. — 1991. — № 2. — С. 54–57.
11. Мануйлов М. Б., Большакова Е. С. Формирование загрязняющих веществ на городских территориях за бездождевые периоды времени // Науковий вісник будівництва. — 2004. — Вип. 28. — С. 265–273.
12. Швер П. А. Атмосферные осадки на территории СССР. — Л.: Издательства ГМиздат, 1976. — 480 с.
13. Хват В. М., Московкин В. М., Медведев В. С., Мануйлов М. Б. и др. Разработать и внедрить технологический процесс отведения и очистки поверхностного стока с застроенных территорий (промежуточный) // Отчет НИР: ВНИИВО, № гос. регистрации 01. 870084. — Харьков. — 1988. — 115 с.

14. Московкин В. М., Мануйлов М. Б. Оценка потоков осадимых аэрозолей и тяжелых металлов на урбанизированные территории (на примере городов Ялта и Алушта). — В кн.: Вопросы развития Крыма, Научно-аналитический сборник - Выпуск 2. — Издательство: Центр регионального развития, Крымская Академия Наук, Симферополь, 1996. — С. 32–36.
15. Мануйлов М. Б., Тошинский В. И., Щутинский А. Г., Деменкова С. Д., Скомороха О. П. Перераспределение загрязняющих веществ, накапливающихся на урбанизированных территориях автотранспортными средствами // Вестник Национального технического университета «ХПИ». — 2002. — Том. 1, № 9. — С. 40–43.
16. Мануйлов М. Б., Прокопенко В. С., Большакова Е. С. Методология оценки объемов загрязняющих веществ, привносимых автотранспортными средствами на центральные зоны городских территорий // Науковий вісник будівництва. — 2004. — Вип. 27. — С. 76–83.
17. Мануйлов М. Б., Московкин В. М., Большакова Е. С., Миронова-Копысова К. В. Эколого-экономическое и технологическое управление процессами заиливания русла рек и подтопления городских территорий // Бизнес Информ. — 2003. — № 1–2. — С. 49–57.
18. Сиденко В. М., Михович С. И. Эксплуатация автомобильных дорог. — М.: Транспорт, 1978. — 226 с.
19. Бируля А. К., Михович С. И. Работоспособность дорожных одежд. — М.: Транспорт, 1968. — 172 с.
20. Куричев И. С. Почвоведение. — М.: Колос, 1975. — 496 с.
21. Швец Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. — Л.: Издательство ГМиздат, 1974. — 207 с.
22. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. — Л.: Издательство ГМиздат, 1962. — 220 с.
23. Хват В. М., Медведев В. С., Мануйлов М. Б., Роненко О. П., Шевченко Л. Ф. Отчет о НИР: «Разработать и внедрить технологический процесс регулирования отведения и очистки поверхностного стока с застроенных территорий (заключительный)», № гос. регистрации 01. 870084. — ВНИИВО, Харьков, 1990. — 127 с.
24. Московкин В. М., Мануйлов М. Б., Мендыгулов Ю. Д. и др. Разработка и создание моделей эколого-экономического прогноза (методологические аспекты проведения экологического мониторинга и экологической экспертизы) // Отчет о НИР: Ялтинский отдел Крымского филиала СНИЦ АН СССР, № гос. регистрации 03. 890081. — Сочи. — 1990. — 106 с.
25. Мануйлов М. Б., Медведев В. С., Роненко О. П., Шевченко Л. П. Методика определения потока осадимых аэрозолей и тяжелых металлов // Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума молодых ученых: «Рациональное использование и охрана ресурсов от загрязнения». — Харьков. — 1990. — С. 77–79.
26. Мануйлов М. Б., Московкин В. М., Петрюк П. Т. Обоснование версии токсикологического поражения жителей села Болеславчик Первомайского района Николаевской области // Проблемы науки, образования и управления. — г. Харьков. — 2004. — Вып. 5. — С. 37–39.
27. Мануйлов М. Б., Тошинский В. И., Петрюк П. Т. К изучению токсикологического поражения жителей села Болеславчик: причины, анализ ситуации, решение проблемы // Новости Украинской психиатрии. — Киев-Харьков. — 2010. — С. 46–50. (<http://www.psychiatry.ua/articles/paper346.htm>)
28. Концепция комплексного улучшения санитарно-эпидемиологического состояния г. Харькова по направлению работы ГКП «Харьвокоммунхоз». — Харьков: ГКП «Харьвокоммунхоз», ПКП «ЮжтрансНИИпроект», 1999. — 34 с.
29. Хват В. М., Мануйлов М. Б., Медведев В. С. Использование поверхностного стока в системах водоснабжения при устройстве малосточных производств // Материалы 3-й Республиканской научно-практической конференции «Замкнутые технологические системы водоиспользования и утилизация осадков вод в промышленности». — Кишинев. — 1990. — С. 103–105.
30. Хват В. М., Медведев В. С., Мануйлов М. Б., Роненко О. П., Бацула Л. И. Отчет о НИР: «Разработать рекомендации по сбору и очистке поверхностного стока с территории Южной промышленной и жилой зон г. Каховки», № гос. регистрации 01. 89. 0084689. — ВНИИВО, Харьков, 1989. — 95 с.
31. Временные инструкции по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод СН 496-77. — М.: Стройиздат, 1978. — 40 с.
32. Mance G., Harman M. The quality of urban storm-water run-off // Urban Storm Drainage Prot. Int. Conf. Southampton, 1978. — P. 603–617.
33. Шевчук В., Пилипчук М., Карпенко Н., Кулик О., Саталкін Ю., Навроцький В., Мазуркевіч У. Довідник з питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності. — К.: Вид. «Геопринт», 2000. — 412 с.



34. Мануйлов М. Б., Перепеляк Е. А. Эколого-экономическая оценка влияния поверхностного стока, отводимого с урбанизированных территорий, на качество водных объектов // Вісник ХІСП. — 2003. — Вип. 3 (5). — С. 44–47.
35. Мостепан Е. В., Рыбалов О. В., Савченко Н. В. Проблема защиты малых рек от загрязнения их поверхностным стоком с урбанизированных территорий // Матеріали 4-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції, м. Ялта, 2003. — Ялта: Мысль, 2003. — 68 с.
36. Мостепан Е. В. Эколого-экономические методы как решение проблемы загрязнения окружающей природы ливневым стоком на постсоветском пространстве // Науковий журнал «Вчені записки», серія «Наука та практика управління», Спецвипуск. — Харків. — 2002. — № 4 (8). — С. 181–184.
37. Правила прийняття стічних вод у каналізаційну мережу м. Харкова / Рішення № 581 від 18. 06. 2003 р. Харківської міської ради. — 2003. — м. Харків. — 24 с.
38. Мануйлов М. Б., Шевченко А. К. Эколого-экономическая оценка влияния поверхностного стока, отводимого с урбанизированных территорий на качество водных объектов // Управління розвитком. — 2004. — № 1. — С. 92–96.
39. Мануйлов М. Б., Шевченко А. К. Эколого-экономическая оценка влияния поверхностного стока, отводимого с урбанизированных территорий, на качество поверхностных вод // Економіка розвитку. — 2006. — № 3 (39). — С. 18–23.
40. Мануйлов М. Б., Шевченко А. К. Эколого-экономические аспекты функционирования рекреационных объектов // Вестник Харьковского государственного экономического университета. — 2001. — № 4 (20). — С. 105–106.
41. Мануйлов М. Б., Шевченко А. К. Теоретические и технологические аспекты управления качеством рекреационных зон водных объектов // Економіка розвитку. — 2003. — № 1 (25). — С. 37–41.

### References:

1. Vremennye rekomendacii po proektirovaniju sooruzhenij dlja ochistki poverhnostnogo stoka s territorii promyshlennyh predpriyatij i raschetu uslovij vypuska ego v vodnye obekty [Interim guidelines for the design of facilities for surface runoff removal from the territory of industrial enterprises and calculating the conditions of its discharge into water bodies], M., VNIIVODGEO, VNIIVO, 1983, p. 47 (in Russian).
2. Manujlov M. B., Moskovkin V. M. Vlijanie zagrjaznenij, formirujushhhsja na urbanizirovannyh territorijah, na jepidemiologicheskiju i jekologicheskiju situacii [The impact of pollutants formed in urban areas on epidemiological and environmental situation], Ecology of Urban Areas, journ., № 1, 2010, pp. 18–31 (in Russian).
3. Manujlov M. B., Moskovkin V. M., Martynov A. V., Kukovickij N. N. Vozdejstvie zagrjaznenij, formirujushhhsja na urbanizirovannyh territorijah, na jekologicheskiju i jepidemiologicheskiju situacii [The impact of pollutants formed in urban areas on epidemiological and environmental situation], Investigated in Russia, journ., MIPT, publ., 2009, vol. 12, pp. 204–226 (in Russian).
4. Kalicun V. I. Vodootvodjashhie sistemy i sooruzhenija [Drainage systems and structures], M., Strojizdat, publ., 1987, p. 335 (in Russian).
5. Molokov M. V., Shifrin V. N. Ochistka poverhnostnogo stoka s territorij gorodov i poromyslennyh ploshhadok [Removal of surface runoff from the territories of cities and industrial sites], M.: Strojizdat, publ., 1977, p. 67 (in Russian).
6. Lozanskij V. R., Eremenko E. V., Kuzin A. K. Metody i celi ohrany vod SSSR [methods and goals of protection of waters of the USSR Proceedings of the Soviet — American Symposium «Methodology and practice of planning for the protection of river basins», Kharkov, VNIIVO, publ., 1981, pp. 16–43 (in Russian).
7. Manujlov M. B., Shutinskij A. G., Avin V. M., Skomoroha O. P. Novaja tehnologija otvedenija i ochistki poverhnostnogo stoka, obrazujushhegosja na selitebnyh territorijah i promyshlennyh ploshhadkah predpriyatij [New technology for disposal and treatment of surface runoff generated in residential areas and industrial sites], Vestnik Nacional'nogo tehničeskogo universiteta «HPI», journ., 2003, № 3, pp. 49–57 (in Russian).
8. Manujlov M. B., Kravchuk L. S., Bol'shakova E. S., Moskovkin V. M. Ocenka vlijanija poverhnostnogo stoka, otvodimogo s urbanizirovannyh territorij, na process zalivanija rusel i podtoplenija gorodskih territorij [Assessment of the impact of surface runoff discharged from urban land on the process of flooding of river channels and urban areas], Business Inform, journ., 2005, № 1–2, pp. 46–54 (in Russian).
9. Kondrat'ev K. Ja., Hvat V. M., Moskovkin V. M., Manujlov M. B. O dispersnom sostave atmosferyh ajerozolej i raschetu ih osazhdenija [On the disperse composition of atmospheric aerosols and calculation of their deposition], report of the Academy of Science of the USSR, 1988, vol. 303, № 3, pp. 591–593 (in Russian).

10. Hvat V. M., Moskovkin V. M., Manujlov M. B., Ronenko O. P. Ob ajerozol'nom zagraznenii poverhnostnogo stoka na urbanizirovannyh territorijah [On the aerosol pollution of surface runoff in urban areas], Russian Meteorology and Hydrology, journ., 1991, № 2, pp. 54–57 (in Russian).
11. Manujlov M. B., Bol'shakova E. S. Formirovanie zagraznjajushhh veshhestv na gorodskih territorijah za bez dozhdvevye periody vremeni [Formation of pollutants in urban areas during the rainless period], Scientific Bulletin of Construction, journ., 2004, issue 28, pp. 265–273 (in Russian).
12. Shver P. A. Atmosfernye osadki na territorii SSSR [Atmospheric precipitation on the territory of the USSR], L.: GMizdat, publ., 1976, p. 480 (in Russian).
13. Hvat V. M., Moskovkin V. M., Medvedev V. S., Manujlov M. B. et al. Razrabotat' i vnedrit' tehnologicheskij process otvedenija i ochestki poverhnostnogo stoka s zastroennyh territorij (promezhutochnyj) [Develop and implement the technological process of disposal and treatment of surface runoff from built-up areas (intermediate)], Research report: VNIIVO, № 01. 870084, Kharkov, 1988, p. 115 (in Russian).
14. Moskovkin V. M., Manujlov M. B. Ocenka potokov osadimyh ajerozolej i tjazhelyh metallov na urbanizirovanye territorii (na primere gorodov Jalta i Alushta) [Estimation of flows of sediment aerosols and heavy metals on urbanized territories (on the example of the cities of Yalta and Alushta)], The issues of development of Crimea, Scientific-analytical collection, Issue 2, Centre for regional development, Crimea Academy of Science, Simferopol, 1996, pp. 32–36 (in Russian).
15. Manujlov M. B., Toshinskij V. I., Shhutinskij A. G., Demenkova S. D., Skomoroha O. P. Pereraspredelenie zagraznjajushhh veshhestv, nakaplivajushhihsja na urbanizirovannyh territorijah avtotransportnymi sredstvami [Redistribution of pollutants accumulating in urban areas by motor vehicles], Vestnik Nacional'nogo tehničeskogo universiteta «HP», journ., 2002, vol. 1, № 9, pp. 40–43 (in Russian).
16. Manujlov M. B., Prokopenko V. S., Bol'shakova E. S. Metodologija ocenki ob'emov zagraznjajushhh veshhestv, privnosimyh avtotransportnymi sredstvami na central'nye zony gorodskih territorij [Methodology of assessing the amount of pollutants introduced by motor vehicles in the central zone of urban areas], Scientific Bulletin of Construction, journ., 2004, issue 27, pp. 76–83 (in Russian).
17. Manujlov M. B., Moskovkin V. M., Bol'shakova E. S., Mironova-Kopysova K. V. Jekologo-jekonomicheskoe i tehnologicheskoe upravlenie processami zailivaniya rusla rek i podtoplenija gorodskih territorij [Ecological-economic and technological control of the processes of siltation of rivers and flooding of urban areas], Business Inform, journ., 2003., № 1-2, pp. 49–57 (in Russian).
18. Sidenko V. M., Mihovich S. I. Jekspluatacija avtomobil'nyh dorog [Road service], M., Transport, 1978, p. 226 (in Russian).
19. Birulja A. K., Mihovich S. I. Rabotosposobnost' dorozhnyh odezhd [Pavement efficiency], M., Transport, 1968, p. 172 (in Russian).
20. Kurichev I. S. Pochvovedenie [Soil science], M., Kolos, publ., 1975, p. 496 (in Russian).
21. Shvebs G. I. Formirovanie vodnoj jerozii, stoka nanosov i ih ocenka [Formation of water erosion, sediment load and their assessment], L., GMizdat, publ., 1974, p. 207 (in Russian).
22. Kuznik I. A. Agrolosomaliorativnye meroprijatija, vesennij stok i jerozija pochv [Agroforestry events, spring runoff and soil erosion], L., GMizdat, 1962, p. 220 (in Russian).
23. Hvat V. M., Medvedev V. S., Manujlov M. B., Ronenko O. P., Shevchenko L. F. Research report: «Razrabotat' i vnedrit' tehnologicheskij process regulirovaniya otvedenija i ochestki poverhnostnogo stoka s zastroennyh territorij (zakljuchitel'nyj)» [Develop and implement the technological process of regulating the discharge and treatment of surface runoff from built-up areas (final)], № 01. 870084. — VNIIVO, Kharkov, 1990, p. 127 (in Russian).
24. Moskovkin V. M., Manujlov M. B., Mendygulov Ju. D et al. Razrabotka i sozdanie modelej jekologo-jekonomicheskogo prognoza (metodologicheskie aspekty provedenija jekologicheskogo monitoringa i jekologicheskoy jekspertizy) [Design and creation of models of ecological-economic forecast (methodological aspects of conducting environmental monitoring and environmental assessment)], Research report: The Yalta Department of the Crimean branch of the USSR Academy of Sciences SNIC, № 03. 890081, Sochi, 1990, p. 106 (in Russian).
25. Manujlov M. B., Medvedev V. S., Ronenko O. P., Shevchenko L. P. Metodika opredelenija potoka osadimyh ajerozolej i tjazhelyh metallov [The method of determining the flow of sediment aerosols and heavy metals], Abstracts of the reports of the All-Union Symposium of young scientists: «the Rational use and protection of resources from pollution», Kharkov, 1990, pp. 77–79 (in Russian).
26. Manujlov M. B., Moskovkin V. M., Petrjuk P. T. Obosnovanie versii toksikologicheskogo porazhenija zhitelej sela Boleslavchik Pervomajского rajona Nikolaevskoj oblasti [Justification of the version of toxicological lesion of the inhabitants of the village Boleslavchik of the Pervomayskiy region of the Nikolaev area], Problems of science, education and management, Kharkov, 2004, issue 5, pp. 37–39 (in Russian).



27. Manujlov M. B., Toshinskij V. I., Petrjuk P. T. K izucheniju toksikologicheskogo porazhenija zhitel'ej sela Boleslavchik: prichiny, analiz situacii, reshenie problemy [On the study of the toxicological lesion of the inhabitants of the village of Boleslavchik: reasons, situation analysis, problem solving], Ukrainian psychiatry news, Kyiv-Kharkov, 2010, pp. 46–50 (<http://www.psychiatry.ua/articles/paper346.htm>) (in Russian).
28. Konceptcija kompleksnogo uluchshenija sanitarno-jepidemiologicheskogo sostojanija g. Har'kova po napravlenijam raboty GKP «Har'kovkommunochistvod» [The concept of integrated improve of the sanitary-epidemiological state of the city of Kharkov in the areas of work of the MUS «Kharkovkommunochistvod»], Kharkov, MUS «Kharkovkommunochistvod, ICE «JuzhtransNIIproekt», 1999, p. 34 (in Russian).
29. Hvat V. M., Manujlov M. B., Medvedev V. S. Ispol'zovanie poverhnostnogo stoka v sistemah promvododsnabzhenija pri ustrojstve malostochnyh proizvodstv [The use of surface runoff in the industrial water supply system at low-waste production], Materials of the 3rd Republican scientific-practical conference «Closed technology systems of water use and the recycling of water precipitation in industry», Chisinau, 1990, pp. 103–105 (in Russian).
30. Hvat V. M., Medvedev V. S., Manujlov M. B., Ronenko O. P., Bacula L. I. Research report: «Razrabotat' rekomendacii po sboru i ochistke poverhnostnogo stoka s territorii Juzhnoj promyshlennoj i zhil'noj zon g. Kakhovki» [Develop recommendations for the collection and treatment of surface runoff from the territory of the southern industrial and residential zones in Kakhovka], № 01. 89. 0084689, VNIIVO, publ., Kharkov, 1989, p. 95 (in Russian).
31. Vremennye instrukcii po proektirovaniju sooruzhenij dlja ochistki poverhnostnyh stochnyh vod SN 496–77 [Temporary instruction on designing the facilities for surface wastewater treatment SN 496–77], M., Stroizdat, publ., 1978, p. 40 (in Russian).
32. Mance G., Harman M. The quality of urban storm-water run-off // Urban Storm Drainage Prot. Int. Conf. Southampton, 1978. — P. 603–617 (in English).
33. Shevchuk V., Pilipchuk N., Karpenko N., Kulik A., Satalkin Ju., Navrockij V., Mazurkevich V. Spravochnik po voprosam jekonomiki i finansirovanija prirodopolzovanija i prirodoohrannoj dejatel'nosti [Handbook on the issues of economics and financing of environmental management and nature conservation work], K., Geoprint, publ., 2000, p. 412 (in Ukrainian).
34. Manujlov M. B., Perepeljak E. A. Jekologo-jekonomicheskaja ocenka vlijanija poverhnostnogo stoka, otvodimogo s urbanizirovannyh territorij, na kachestvo vodnyh obektov [Ecological-economic assessment of the impact of surface runoff drained from urban areas on the quality of water bodies], Visnik HISP, journ., 2003, issue 3 (5), pp. 44–47 (in Russian).
35. Mostepan E. V., Rybalov O. V., Savchenko N. V. Problema zashhity malyh rek ot zagrjaznenija ih poverhnostnym stokom s urbanizirovannyh territorij [The problem of protection of small rivers from pollution by surface runoff from urbanized territories], materials of the 4th International interdisciplinary scientific-practical conference, Yalta, Mysl', publ., 2003, p. 68 (in Russian).
36. Mostepan E. V. Jekologo-jekonomicheskie metody kak reshenie problemy zagrjaznenija okruzhajushhej prirody livnevym stokom na postsovet'skom prostranstve [Ecological-economic techniques as a solution to the problem of the environmental pollution by rain runoff in the post-Soviet space], Scientific notes, journ., series «Science and practice of management», special issue, Kharkov, 2002, № 4(8), pp. 181–184 (in Russian).
37. Pravila prinjatija stochnyh vod v kanalizacionnuju set' m. Har'kova [Rules for acceptance of wastewater in the sewer network in the city Kharkov], solution № 581 on 18. 06. 2003, Kharkiv city Council, 2003, Kharkov, p. 24 (in Ukrainian).
38. Manujlov M. B., Shevchenko A. K. Jekologo-jekonomicheskaja ocenka vlijanija poverhnostnogo stoka, otvodimogo s urbanizirovannyh territorij na kachestvo vodnyh obektov [Ecological-economic assessment of the impact of surface runoff discharged from urbanized areas on the quality of water bodies], Development management, journ., 2004, № 1, pp. 92–96 (in Russian).
39. Manujlov M. B., Shevchenko A. K. Jekologo-jekonomicheskaja ocenka vlijanija poverhnostnogo stoka, otvodimogo s urbanizirovannyh territorij, na kachestvo poverhnostnyh vod [Ecological-economic assessment of the impact of surface runoff drained from urban areas on surface water quality], Economics of development, journ., 2006, №3 (39), pp. 18–23 (in Russian).
40. Manujlov M. B., Shevchenko A. K. Jekologo-jekonomicheskie aspekty funkcionirovanija rekreacionnyh obektov [Ecological economic aspects of recreational facilities], Bulletin of Kharkov State Economic University, 2001, № 4 (20), pp. 105–106 (in Russian).
41. Manujlov M. B., Shevchenko A. K. Teoreticheskie i tehnologicheskie aspekty upravljenija kachestvom rekreacionnyh zon vodnyh obektov [Theoretical and technological aspects of quality management of recreational zones of water bodies], Economics of development, journ., 2003, № 1 (25), pp. 37–41 (in Russian).