

якісного екологічного довкілля, надає і уряд Польщі, особливої уваги заслуговує створення еколого-економічної вільної зони в адміністративному районі Краківського воєводства, яка призначена для вирішення проблем оздоровлення забрудненого довкілля, організації реставраційних робіт та історичних місць у м. Кракові.

Позитивний досвід еколого-економічного розвитку має також Угорщина, Словаччина та інші країни Євросоюзу, які дають можливість їх урядам за допомогою відповідних організаційних і економічних форм, методів та механізмів комплексного антропогенного впливу в деякій мірі пом'якшити природні екосистеми за допомогою створення біля міст та густо заселених промислових центрів лісних масивів та використання важелів диференційної ренти й механізмів оподаткування. Функціонування спеціальної еколого-економічної зони сприяє залученню як виробничих, так і екологічних інвестицій конче необхідних Україні. Отже, лише завдяки науково обґрунтованому комплексу економічних, юридичних, адміністративних заходів і важелів в поєднанні з екологічною паспортизацією підприємств та регіонів, створенню еколого-економічних зон зі спеціальним режимом інвестиційної діяльності сьогодні формуються цілком реальні умови для реалізації важливих природоохоронних заходів на території України та підвищення рівня екологічного благополуччя. Вноситься пропозиція й надалі створювати нові СЕЗ України лише як еколого-економічні.

Проведені автором дослідження переконливо засвідчують, що вихід зі складної еколого-економічної кризи полягає в переході економіки України на шлях сталого (збалансованого, гармонійного) розвитку, який передбачає поступове відновлення природних ландшафтів до рівня, що гарантує екологічну безпеку населення.

Довгий час у світі панувало уявлення про те, що підприємницька діяльність і охорона навколишнього середовища несумісні і навіть протилежні за своєю природою. Проте останні роки економічного розвитку, які відчули на собі непоправну дію природних катаклізмів, внесли відповідні позитивні зміни до взаємовідносин між бізнесом і екологією. Посилення світового екологічного руху, розробка й початок здійснення концепції гармонійного розвитку, — з одного, і розвиток прибуткової екології, наприклад переробка твердих побутових відходів, з іншого боку, сприяли зміні ставлення підприємців до використання навколишнього середовища і його збереження. Найбільш повно науково обґрунтованій концепції економіки раціонального природокористування відповідають спеціальні еколого-економічні зони, які вже сьогодні виокремлюють контури майбутнього соціально-економічного розвитку людського суспільства.

**Література:** 1. Мозиас П. Свободные экономические зоны: тенденции мирового опыта // Финансовый бизнес. — 2004. — №3. 2. Замятин Б. И. Свободные экономические зоны. Опыт, проблемы создания и развития: Учебное пособие для слушателей "Менеджмент-центра". — М.: ГАУ им. Орджоникидзе. — 2003. 3. Васенко В. К. Вільні економічні зони: стратегія розвитку. — Суми: Вид. "Довкілля," 2004. — 348 с. 4. Вишняков Я. Д. Тетраэдр гармонии или как сделать экологию прибыльной / Я. Д. Вишняков, С. Г. Васин // Экология и промышленность России. — 2004. — №1. 5. Закон України "Про загальні засади створення і функціонування спеціальних (вільних) економічних зон" від 13.10.1992 року // Відомості Верховної Ради України. — 1992. — №21.

Стаття надійшла до редакції  
13.06.2006 р.

УДК 504.4

**Мануйлов М. Б.  
Шевченко А. К.**

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА, ОТВОДИМОГО С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ, НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

*In the article the methodological approach to the ecological-and-economic estimation of a superficial drain influence upon the quality of water object is developed. The calculation of payment is made.*

Поверхностный сток, формирующийся на селитебных и промышленных территориях, является одной из категорий сточных вод [1; 2] и подразделяется на следующие виды: дождевой, талый и мочный. При проведении расчетов платежей за сброс в водные объекты данных загрязняющих веществ, согласно Постановлению Кабинета Министров Украины от 1 марта 1999 года №303 "О утверждении Порядка установления нормативов сбора и загрязнения окружающей среды и взимания этого сбора" и "Инструкции о порядке вычисления и оплаты сбора за загрязнение окружающей природной среды", Указу Министерства охраны окружающей природной среды и ядерной безопасности Украины, Государственной налоговой администрации Украины №162/379 от 19.07.99 г., необходимо пользоваться формулой [3]:

$$P_c = \sum \left[ (M_{ni} \times H_{\text{би}} \times K_{p.б.}) + (M_{ni} \times H_{\text{би}} \times K_{p.б.} \times Kn) \right], \quad (1)$$

где  $P_c$  — сумма сбора, грн.;  $M_{ni}$  — объем сброса  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах лимита, т;  $M_{ni}$  — объем, превышающий лимитированный сброс  $i$ -го загрязняющего вещества, т;  $H_{\text{би}}$  — норматив сброса на тонну  $i$ -го загрязняющего вещества, грн./т;  $K_{p.б.}$  — региональный бассейновый коэффициент, который учитывает территориально-экологические особенности, а также эколого-экономические условия функционирования водного хозяйства;  $Kn$  — коэффициент кратности сбора за превышение лимитированных сбросов загрязняющих веществ,  $Kn = 5$ .

Отметим, что количество сбросов плательщика должны рассчитывать самостоятельно ежеквартально. Данное ставит под сомнение использование формулы (1): нам неизвестны временные периоды выпадения дождевых осадков, не известны периоды оттепелей и время начала общего снеготаяния, мочный сток также имеет свою специфику, на чем мы остановимся ниже.

Прежде чем перейти к адаптации формулы (1) к поверхностному стоку, отметим ряд его особенностей:

1. Поверхностный сток, помимо мочного, формируется в трудно прогнозируемые периоды времени и его влияние на водные объекты происходит только в 6% всего годового цикла (данные по городу Харькову [4]).

2. Данные стоки, в большинстве случаев, отводятся по системам ливневой канализации в водные объекты, минуя очистные сооружения.

3. Качественные характеристики поверхностного стока задаются загрязнениями, накапливающимися на водопроницаемых поверхностях за бездождевые периоды или на всей площади водосбора в периоды между снеготаянием, причем в их

формировании доминирующую роль играют автотранспортные средства [5 – 7].

4. Поверхностный дождевой сток, отводимый с незастроенных территорий, зон озеленения и т. п., не играет значительной роли в формировании качественного состава воды рек, озер и т. п. [7].

5. Особенностью поверхностного стока, отличающего его от других видов сточных вод, является то, что загрязняющие вещества сорбируются на частицах с размерами менее 100 мкм: 99,7% ионов тяжелых металлов, 98,0% нефтепродуктов, 97% органикосодержащих веществ и т. д. и только незначительная часть представлена в растворенном виде [7; 8].

6. Диапазон частиц, содержащихся в поверхностном стоке, составляет от долей мкм до 2000 мкм и более.

7. Изменение концентраций загрязняющих веществ в дождевом поверхностном стоке зависит от первоначальных нагрузок дорожного смета и от слоя выпавших осадков. Причем, если первые порции стока — от его образования от 0,5 – 1,5 мм стока, близки по качественному составу хозяйственно-бытовому, при 4 – 6 мм стока концентрации загрязняющих веществ соответствуют ПДК [8; 9].

Исходя из выше приведенного, формулу (1) целесообразно использовать в виде:

$$P_c = \sum (M_n \times H_{\text{ср}} \times K_{\text{р.с.}} \times K_n), \quad (2)$$

где  $M_n$  – объем сброса  $i$ -го загрязняющего вещества, содержащегося в поверхностном стоке, при условии превышения  $i$ -го вещества величины ПДК, так как платить за загрязнения, содержащиеся в поверхностном стоке с концентрациями меньшими или равными ПДК, не требуется. Естественно, формула (2) служит для расчетов платежей за некоторые единичные события: выпадение дождевых осадков, оттепель или мойка дороги, участка водосбора и т. п.

Рассмотрим специфику воздействия загрязненного поверхностного стока, отводимого с урбанизированных территорий, на качество водных объектов. С этой целью проанализируем некоторые ситуации.

*Иллюстративный пример №1.* Лесостепная зона Украины. Отмеченные особенности поверхностного стока, приведенные выше, позволяют сделать вывод не только о непосредственном загрязнении воды в момент отведения стока в реки, но и о формировании иловых отложений, которые, в свою очередь, являются источниками вторичных загрязнений, кроме того, заиливание русел приводит к повышению уровня грунтовых вод и подтоплению городских территорий, что представляет собой угрозу фундаментам зданий и сооружений, подземным и наземным коммуникациям и т. п. Отметим, что в работах [9; 10] приведены следующие данные: свыше 90% взвешенных веществ попадают в водные объекты посредством поверхностного стока.

Возникает вопрос: каково влияние загрязненного поверхностного стока на реки в зависимости от жителей населенного пункта, его хозяйственно-административной зависимости?

Рассмотрим реку Лопань и населенные пункты, расположенные по ее течению: Казачья Лопань — Харьков — Васищево и т. д. Предположив одинаковое количество автотранспортных средств на 1000 жителей, объемы отводимых загрязняющих веществ на 1000 м протяжности реки в Харькове выше: на данный участок приходится значительно большая площадь водосбора, представленного застроенными территориями, кроме того, на данном водосборе, значительно выше интенсивность движения автотранспорта, за счет внутригородского перемещения и транзитных потоков. Данное утверждение можно проследить по слоям иловых отложений: Казачья Лопань — слой ила близок к естественному; г. Харьков — 3,0 м и более (в 20 раз выше естественного); Васищево — слой иловых отложений близок к естественному. При этом можно проследить и экологические последствия: Казачья Лопань — загрязнение речной воды; г. Харьков —

загрязнение речной воды, заиливания харьковского участка реки, возникновение источников вторичного загрязнения воды, повышение уровня грунтовых вод, подтопление городских территорий; Васищево — загрязнение речной воды. Рассмотрим эколого-экономические ущербы: Казачья Лопань и Васищево — платежи определяются по формуле (2), г. Харьков — платежи определяются по формуле (2), но существуют дополнительные затраты на периодическую расчистку русел от ила, его вывоз в установленные места и утилизацию.

*Иллюстративный пример №2.* Контактная зона Черного моря, Южный берег Крыма. Поверхностный сток на рекреационных территориях образуется при выпадении дождевых осадков и при мойке дорог, площадок и т. п. Отметим особенности моечного поверхностного стока: данные сточные воды являются высококонцентрированными, что задается нагрузками дорожного смета, видами загрязняющих веществ, сорбированных на частицах с размерами менее 100 мкм; объемы данных сточных вод задаются протяженностями прибордюрных зон, подвергающихся мойке, и определяются по формуле:

$$W_m = 2 \times L \times q \times \beta, \quad (3)$$

где  $L$  – протяженность прибордюрных зон, подвергающихся мойке, км;  $q$  – расход воды на мойку одного прибордюрного метра, л/м; 2 – коэффициент показывающий на уборку дорог по обеим прибордюрным зонам;  $\beta$  – потери воды на мойку 1,0 метра прибордюрной зоны дороги.

Эффективность уборки водонепроницаемых поверхностей при их мойке определяется по формулам [11]:

$$a = \frac{100 - \sqrt{m_0}}{100} \geq 0, \quad (4)$$

$$a^* = \frac{100 - \sqrt{m_0^*}}{100} \geq 0, \quad (5)$$

где  $m_0$  – общая нагрузка дорожного смета, г/м<sup>2</sup> прибордюрной зоны;  $m_0^*$  – нагрузка дорожного смета, для фракции частиц с размерами менее 100 мкм, г/м<sup>2</sup> прибордюрной зоны; значения  $m_0$  и  $m_0^*$  не превышают нагрузок 10000 и 816 г/м<sup>2</sup> прибордюрной зоны, что объяснимо – так 10 000 г/м<sup>2</sup> характеризуется усредненной нагрузкой – 1047,6 г/м<sup>2</sup> при ширине дорожного полотна 21 м, а это характеристика дорог с грунтовым покрытием, мойка которых не производится.

Натурные исследования [12] показали, что концентрации взвешенных веществ на выходе ливневых коллекторов (лотков) в данном стоке ограничены значением — 19,6 г/л. Рассмотрим типичный случай, когда суточное накопление дорожного смета составляет 90 г/м<sup>2</sup> прибордюрной зоны, что характеризует дороги со средней интенсивностью движения автотранспорта. Согласно формулы (4), моечными стоками в систему ливневой канализации выносятся 90,05% частиц дорожного смета, что должно соответствовать 108,6 г/л. Однако в водный объект попадает только 14,7 г с 1 м<sup>2</sup> прибордюрной зоны, остальные частицы — 93,7 г — аккумулируются на стенках и дне ливневых коллекторов или лотков и являются дополнительным источником загрязнений при выпадении дождевых осадков.

Так как рассматриваются курорты, для которых доминирующее значение при привлечении отдыхающих является водный объект, то условия их существования как объектов экономической деятельности имеют вид [13; 14]: необходимое условие существования приморских курортов — качество воды рекреационной зоны должно соответствовать курортологическим нормам либо отвечать требованиям рекреации всего курортного периода; достаточные условия существования состоят в наличии необходимой инфраструктуры, обеспечивающей задаваемый уровень качества обслуживания отдыхающих, нали-

чие политико-социальной стабильности в данном регионе, благоприятные погодные условия в течение курортного периода и т. д.

Условием эффективной работы субъектов хозяйственной деятельности, связанных с обслуживанием отдыхающих (для курортов это основной вид деятельности), является соблюдение необходимого условия, естественно, при выполнении достаточного. Нарушение необходимого условия, прежде всего, связано с отведением загрязненного поверхностного стока в рекреационную зону моря, как следствие, возникают ситуации закрытия пляжей на карантине различной продолжительности, приводящие к оттоку отдыхающих, а значит к потерям бюджетов всех уровней, к закрытию и финансовым потерям предприятий, обслуживающих данную отрасль народного хозяйства. В некоторых случаях — к потере курортами репутации на длительный период, что для них имеет катастрофические последствия.

Приведенное выше указывает на доминирующую роль, оказываемую загрязненным поверхностным стоком на качество контактной зоны моря. Рассмотрим влияние загрязненного поверхностного стока на качество рекреационной зоны моря в зависимости от количества населения курортов: город Ялта — постоянное количество жителей немногим более 50 тысяч человек, в курортный период население возрастает до 250 – 300 тысяч человек, соответственно возрастает количество автотранспортных средств и объемы загрязняющих веществ, накапливающихся за бездождевой период времени, что представляет угрозу существованию эколого-экономической системы; поселок городского типа Гурзуф — постоянное население около 2,5 тысяч человек, в курортный период — город с населением более 10 тысяч человек, соответственно возрастает количество автотранспортных средств и т. п., в случае с г. Ялта рекреационные нагрузки и объемы выносимых поверхностным стоком загрязнений, в перерасчете на 1000 метров пляжной зоны моря, выше чем в Гурзуфе.

Отметим, что согласно формулы (2), платежи за сброс 1,0 т загрязняющих веществ в водный объект для всех населенных пунктов, приведенных в иллюстративном примере №1 одинаковы, то же самое можно сказать и по примеру №2. Хотя, как видно из приведенных эколого-экономических последствий, объемы загрязняющих веществ, приносимых поверхностным стоком в водные объекты, при условии одинаковой протяженности участка реки или пляжной зоны моря значительно отличаются: количественные характеристики приводят к качественному изменению экологической ситуации.

Приведенные иллюстрированные примеры, несмотря на различие водных объектов, расположенных в различных климатических районах Украины, объединяет следующее:

1. Загрязненный поверхностный сток, отводимый с урбанизированных территорий, оказывает значительное влияние на качество водных объектов, хотя их экологические последствия различны.
2. Негативное влияние загрязненного поверхностного стока на водные объекты увеличивается с ростом населения урбанизированных территорий.
3. Эколого-экономический ущерб, наносимый объектам загрязненным поверхностным стоком тем выше, чем выше народно-хозяйственное значение населенного пункта.

4. В отличие от других видов сточных вод, загрязняющие вещества в поверхностном стоке находятся не в растворенном виде, а сорбированы на твердых частицах с размерами менее 100 мкм. Отведение данных сточных вод в водные объекты происходит в виде импульса, когда за незначительный промежуток времени происходит вынос накопившихся на водосборах загрязняющих веществ, что негативно сказывается на функционировании естественных биологических фильтров рек, озер, контактных зон моря и т. п.

Обратимся к формуле расчета экологического сбора за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу [3]:

$$P_{ac} = \sum_i [(M_{ni} \times H_{oi} \times K_{nac} \times K_{\phi}) + (M_{ni} \times H_{oi} \times K_{nac} \times K_{\phi} \times K_n)], \quad (6)$$

где  $K_{nac}$  — корректирующий коэффициент, учитывающий численность жителей населенного пункта;  $K_{\phi}$  — корректирующий

коэффициент, учитывающий народно-хозяйственное значение населенного пункта.

Формула (6) позволяет рассчитывать сумму сбора за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ стационарными источниками. Коэффициенты  $K_{nac}$  и  $K_{\phi}$  указывают на концентрацию промышленных предприятий в зависимости от крупности городов и их административного статуса. При этом данные коэффициенты указывают на период количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ к качественному изменению экологической обстановки.

Обратимся к формуле, используемой для расчета количества сброса за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу передвижными источниками [3]:

$$P_{ви} = \sum_i (M_i \times H_{oi} \times K_{nac} \times K_{\phi}), \quad (7)$$

где  $M_i$  — количество используемого горючего  $i$ -го вида, коэффициенты  $K_{nac}$  и  $K_{\phi}$ , входящие в формулу (7), несут ту же смысловую нагрузку, как и в случае стационарных источников.

Вернемся к формуле (2). Отметим, что расчет сбора за сброс загрязняющих веществ в водные объекты при одинаковых их объемах (имеется в виду поверхностный сток, со всей его специфичностью) одинаков для Казачьей Лопани, Харькова, Васищева (иллюстративный пример №1) и одинаков для Ялты, Гурзуфа, причем в течение всего года без учета рекреационного периода (иллюстративный пример №2). Более того, объемы платежей будут одинаковы для городов Ялта и Ильичевск Одесской области,  $K_{pb} = 2$  [3]. Хотя Ильичевск — значительный промышленный центр не имеет рекреационного значения и требования к воде контактной зоны моря значительно ниже, чем в Ялте (напомним, необходимо обеспечение курортно-логических или рекреационных норм).

Для устранения противоречий, приведенных выше, целесообразно в формулу (2) ввести коэффициенты, учитывающие количество жителей населенных пунктов и их народно-хозяйственное значение. Тогда формула (2) запишется в виде:

$$P_c = \sum_i (M_n \times H_{oi} \times K_{pb} \times K_{nac} \times K_{\phi} \times K_n). \quad (8)$$

Рассмотрим формулу (8) для иллюстративного примера №1. Значение корректировочных коэффициентов возьмем из приложения к Постановлению КМ Украины от 1 марта 1999 года №303 [3]:

Казачья Лопань:  $K_{pb} = 2,2$ ;  $K_{nac} = 1$ ;  $K_{\phi} = 1$ ;  $K_n = 5$ ;  
г. Харьков:  $K_{pb} = 2,2$ ;  $K_{nac} = 1,8$ ;  $K_{\phi} = 1,25$ ;  $K_n = 5$ ;  
Васищево:  $K_{pb} = 2,2$ ;  $K_{nac} = 1$ ;  $K_{\phi} = 1$ ;  $K_n = 5$ .

Как видно из приведенных коэффициентов и формулы (8), в г. Харькове сумма сбора выше в 2,25 раза, чем в Казачьей Лопани или Васищево, что объяснимо с точки зрения экологических последствий.

Иллюстративный пример №2:

г. Ялта (рекреационный период):  $K_{pb} = 2$ ;  $K_{nac} = 1,35$ ;  $K_{\phi} = 1,65$ ;  $K_n = 5$ ;  
г. Ялта (зима, осень, весна):  $K_{pb} = 2$ ;  $K_{nac} = 1$ ;  $K_{\phi} = 1,65$ ;  $K_n = 5$ ;  
Гурзуф (рекреационный период):  $K_{pb} = 2$ ;  $K_{nac} = 1$ ;  $K_{\phi} = 1,65$ ;  $K_n = 5$ ;  
Ильичевск:  $K_{pb} = 2$ ;  $K_{nac} = 1$ ;  $K_{\phi} = 1$ ;  $K_n = 5$ .

Из приведенного видно, что в г. Ялта сумма сбора за сброс загрязняющих веществ с поверхностным стоком в рекреационный период выше в 1,35 раза, чем в остальной период года. Если сравнить с Ильичевском, то в рекреационный период в Ялте сбор выше в 2,227 раза. Сравнивая данные по Ялте и Гурзуфу (рекреационный период) сумма сбора в Ялте выше в 1,35 раза, что обусловлено различиями в численности отдыхающих и численности автотранспортных средств.

Приведем примеры расчета сумм сбора за отведение загрязненного поверхностного стока в водные объекты.

Для определения объемов загрязняющих веществ смываемых дождевым поверхностным стоком воспользуемся ма-

Таблица 2

тематической моделью изменения концентраций ингредиентов в данной сточной воде в зависимости от слоя стока [15]:

$$C(n\Delta h) = \frac{\bar{m}\Delta\mu_n}{\Delta h}, \text{ г/л} \quad (9)$$

где  $C(n\Delta h)$  – изменение концентраций взвешенных веществ в поверхностном дождевом стоке за слой стока  $n\Delta h$ , г/л;  $\Delta h$  – единичный слой дождевого стока, принимаемый равным 0,5 мм;  $\Delta\mu_n$  – вероятность частиц дорожного смета быть вынесенными дождевым поверхностным стоком с водосбора (формула (9) описывает вынос частиц с водосборов площадью менее 1,0 га), определяемая по формуле:

$$\Delta\mu_n = \mu^{n-1} - \mu^n, \quad (10)$$

где  $\mu$  определяется по формуле:

$$\mu = 1 - \sqrt{\frac{I}{\bar{m}}} \exp\left(-\frac{I}{\bar{m}}\right), \quad (11)$$

где  $\bar{m}$  – усредненная нагрузка дорожного смета в пересчете на единичное сечение дорожного полотна, г, определяется по формуле:

$$\bar{m} = \frac{2,2m_0}{\Delta F}, \quad (12)$$

где 2,2 – коэффициент, характеризующий на накопление дорожного смета в прибордюрных зонах и на проезжей части дороги;  $\Delta F$  – площадь единичного сечения дороги, м<sup>2</sup>; например: при ширине дорожного полотна 20 м  $\Delta F = 20 \text{ м}^2$ .

Изменение концентраций загрязняющих веществ в поверхностном дождевом стоке определяется по формуле (9), в которую вводится величина  $\gamma_i$  – содержание сорбированных на частицах дорожного смета с размерами менее 100 мкм загрязняющих веществ, г/кг; а значение  $\bar{m}$  заменяется на  $\bar{m}^*$  – усредненная нагрузка частиц дорожного смета с размерами частиц менее 100 мкм, г. Величина  $\bar{m}^*$  определяется по формуле (12), где вместо  $m_0$  ставится значение  $m_0^*$  – нагрузка частиц дорожного смета с размерами менее 100 мкм, г/м<sup>2</sup> прибордюрной зоны.

Используя представленные формулы (9) – (12), произведем расчет объемов загрязняющих веществ, выносимых поверхностным стоком в водный объект, задавшись следующими исходными данными:  $m_0 = 90 \text{ г/м}^2$  прибордюрной зоны;  $m_0^* = 18 \text{ г/м}^2$  прибордюрной зоны; слой дождевого стока за дождь – 10 мм; площадь водосбора – 1,0 га; ширина дорожного покрытия – 20 м; протяженность участка дороги – 500 м; значение  $\gamma_i$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Содержание загрязняющих веществ, сорбированных на частицах дорожного смета с размерами менее 100 мкм**

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Содержание, г/кг
1	Нефтепродукты	400
2	БПК <sub>5</sub>	280
3	ХПК	500

Расчетные параметры математических моделей:  $\bar{m} = 9,9 \text{ г}$ ;  $\bar{m}^* = 1,98 \text{ г}$ ;  $\mu = 0,712$ ;  $\mu_* = 0,430$ ;  $n = 20$ .

Изменение концентраций загрязняющих веществ в поверхностном стоке приведены в табл. 2.

**Изменение концентраций загрязняющих веществ в поверхностном дождевом стоке**

n	h, мм стока	Концентрации загрязняющих веществ, мг/л			
		Взвешенные вещества	Нефтепродукты	БПК <sub>5</sub>	ХПК
1	0,5	5072,4	901,81	631,26	1127,25
2	1,0	4060,0	389,62	272,74	487,05
3	1,5	2914,4	166,03	116,28	207,65
4	2,0	2052,8	71,30	49,92	89,15
5	2,5	1459,8	30,60	21,42	38,25
6	3,0	1034,0	13,12	9,18	16,40
7	3,5	743,0	5,60	3,89	6,95
8	4,0	518,8	2,34	пдк	пдк
9	4,5	376,2	0,99	пдк	пдк
10	5,0	256,6	0,36	пдк	пдк
11	5,5	198,0	0,15	пдк	пдк
12	6,0	125,4	0,06	пдк	пдк
13	6,5	99,0	пдк	пдк	пдк
14	7,0	59,4	пдк	пдк	пдк
15	7,5	39,8	пди	пдк	пдк
16	8,0	28,4	пдк	пдк	пдк
17	8,5	19,8	пдк	пдк	пдк
18	9,0	пдк	пдк	пдк	пдк
19	9,5	пдк	пдк	пдк	пдк
20	10,0	пдк	пдк	пдк	пдк

Объемы выносимых поверхностным стоком загрязняющих веществ определяются по формулам:

$$M = \sum_{n=1}^{n=p\Delta k} \Delta\mu_n \bar{m} F, \quad (13)$$

$$M_i = \sum_{n=1}^{n=p\Delta k} \Delta\mu_n^* \bar{m}^* F \gamma_i 10^{-2}, \quad (14)$$

где  $F$  – площадь водосбора, га;  $M$  – масса выносимых взвешенных веществ, кг;  $M_i$  – масса  $i$ -го загрязняющего вещества, кг.

Для представленного случая массы загрязняющих веществ составляют:

- взвешенные вещества – 98,99 кг;
- нефтепродукты – 7,92 кг;
- БПК<sub>5</sub> – 5,54 кг;
- ХПК – 9,89 кг.

Усредненные концентрации загрязняющих веществ за дождевой слой стока 10 мм составляют:

- взвешенные вещества – 0,989 г/л;
- нефтепродукты – 79,2 мг/л;
- БПК<sub>5</sub> – 55,4 мг/л;
- ХПК – 98,9 мг/л.

Расчет суммы сбора за сброс сточных вод, образующихся в результате выпадения осадков, проводился по формуле (8) для условий г. Харькова. Результаты представлены в табл. 3

Таблица 3

**Определение объемов платежей за сброс сточных вод в харьковские реки**

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы, т	Нормативы сбора за сбросы, грн./т	$K_{pb}$	$K_{вс}$	$K_n$	$K_{\phi}$	Общая сумма сбора, грн.
1. Взвешенные вещества	0,0989	1	2,2	1,8	5	1,25	2,45
2. Нефтепродукты	0,00792	206	2,2	1,8	5	1,25	40,38
3. БПК <sub>5</sub>	0,00554	14	2,2	1,8	5	1,25	1,92
4. ХПК	0,0989	7	2,2	1,8	5	1,25	1,71
<b>Σ</b>							<b>46,46</b>

Задавшись аналогичными начальными характеристиками дорожного смета, слоем дождевого стока и площадью участка дороги, проведем расчет суммы сбора для населенных пунктов, указанных в иллюстративных примерах:

Казацья Лопань и Васищево – 20,65 грн.;  
г. Ялта (рекреационный период) – 41,81 грн.;  
г. Ялта (зима, осень, весна), Гурзуф (весь годовой период) – 30,93 грн.;  
Ильичевск – 18,77 грн.

Приведенные значения в большей степени отвечают истине, чем полученные по формуле (2), при учете отведения в водные объекты загрязненного дождевого поверхностного стока: для Казацьей Лопани, Васищево и Ильичевска – это периодическое загрязнение водных объектов; для остальных иллюстративных примеров, помимо загрязнения, следует учитывать дополнительные затраты на расчистку русел от ила для Харькова, затраты на снижение уязвимости контактной зоны моря в рекреационный период для Ялты и Гурзуфа, что подразумевает и работы в остальной период года.

Рассмотрим расчет сумм сбора за отведение в водные объекты моечного поверхностного стока. Исходные данные остаются прежними. Объемы загрязняющих веществ определяются по формулам:

$$M = 2\Delta l m_0 \alpha \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

$$M_i = 2\Delta l m_0 \alpha^* \gamma_i \cdot 10^{-6}, \quad (16)$$

где  $M$  – масса взвешенных веществ, кг;  $M_i$  – масса  $i$ -го загрязняющего вещества, кг;  $\Delta l$  – площадь прибордюрной зоны, подвергаемой мойке, м<sup>2</sup>;  $\Delta l = L \times 1,0$ , производится мойка дорожного полотна шириной 1,0 м от бордюрного ограждения в сторону разделительной полосы.

Значения  $\alpha$  и  $\alpha^*$  определяются по формулам (4) и (5),  $\alpha = 0,905$ ,  $\alpha^* = 0,851$ .

Воспользовавшись формулами (15) и (16) получим:

взвешенные вещества – 81,45 кг;  
нефтепродукты – 6,12 кг;  
БПК<sub>5</sub> – 4,29 кг;  
ХПК – 7,66 кг.

Расчет суммы сбора за сброс сточных вод, образовавшихся в результате мойки дорожных покрытий, проводится по формуле (8) для условий г. Харькова. Результаты помещены в табл. 4.

По аналогии проведем расчет суммы сборов для населенных пунктов, приведенных в иллюстративных примерах:

Казацья Лопань и Васищево – 16,00 грн.;  
г. Ялта (рекреационный период) – 32,42 грн.;  
г. Ялта (зима, осень, весна), Гурзуф (весь годовой период) – 24,01 грн.;  
Ильичевск – 14,56 грн.

Таблица 4

**Определение объемов платежей за сброс сточных вод в харьковские реки**

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы, т	Нормативы сбора за сбросы, грн./т	$K_{рб}$	$K_{всс}$	$K_n$	$K_{ф}$	Общая сумма сбора, грн.
1. Взвешенные вещества	0,08145	1	2,2	1,8	5	1,25	2,01
2. Нефтепродукты	0,00612	206	2,2	1,8	5	1,25	31,20
3. БПК <sub>5</sub>	0,00429	14	2,2	1,8	5	1,25	1,48
4. ХПК	0,00766	7	2,2	1,8	5	1,25	1,33
$\Sigma C_e = 36,02$							

Различия в суммах сбора для различных иллюстративных примеров объясняются, исходя из соображений влияния поверхностного моечного стока на качество водных объектов, по аналогии с дождевым поверхностным стоком.

Рассмотрим ситуацию образования талого поверхностного стока. Объем образующихся талых вод при оттепелях или снеготаянии определяется по формуле:

$$W_i = 10h_i F \varphi_i, \text{ м}^3, \quad (17)$$

где  $h_i$  – слой твердых осадков, накапливающихся на водосборе, мм;  $F$  – площадь водосбора, га;  $\varphi_i$  – коэффициент стока талых вод.

Отметим: 1. Накопление загрязняющих веществ на водосборе описывается формулой:

$$M_i = 10^{-6} \sum_{n=1}^{n=T_{c.t.}} n m_{0i}, \text{ т}, \quad (18)$$

где  $1+T_{c.t.}$  – период накопления твердых частиц, сут.;  $m_{0i}$  – суточное накопление загрязняющих веществ  $i$ -го вида, г/м<sup>2</sup>.

2. В городах с поверхности дорог снег убирается, и если не производится его вывоз, то его помещают за бордюрную зону; в последнем случае, при снеготаянии, загрязненный поверхностный сток попадает на дорожное полотно и далее по системе ливневой канализации в водный объект.

3. При промерзшем грунте  $\varphi_i = 1$ ; коэффициент стока для дорожных покрытий в зимнее время  $\varphi_i = 1$ ; при общем снеготаянии с учетом частичного впитывания влаги водопроницаемыми поверхностями  $\varphi_i = 0,7$ .

Массы загрязняющих веществ, отводимые в водный объект посредством талого поверхностного стока, определяются по формуле:

$$M_i = 10\Delta h_i F \varphi_i C_i, \text{ кг}, \quad (19)$$

где  $\Delta h_i$  – изменение слоя уплотненного снега при оттепели или общем снеготаянии, мм;  $\Delta h_i = h_0 - h_1$ ,  $h_0$  – уплотненный слой снега до снеготаяния, мм;  $h_1$  – после оттепели, при общем снеготаянии  $h_1 = 0$ , мм;  $C_i$  – концентрация загрязняющего вещества  $i$ -го вида в талом стоке определяется при проведении отбора проб снега на изучаемом водосборе.

Рассмотрим особенности качественного состава поверхностных талых вод:

1. Взвешенные вещества в основном формируются частицами с размерами менее 250 мкм; частиц с размерами менее 100 мкм в 2,1 раза больше, чем в дождевых стоках, что определяет и большие концентрации вредных ингредиентов.

2. Далеко не все частицы, накапливающиеся в снежном покрове при снеготаянии, попадают в водные объекты. Даже визуально мы наблюдаем в городах процесс, при котором сугробы по мере таяния снега изменяют цвет – от белого до почти черного. Объясним данное: снеготаяние продолжается длительное время, частицы дорожного смета имеют размеры от долей мкм до 2500 – 3000 мкм при плотности от 1,2 до 2,3 г/см<sup>3</sup>; естественно, частицы, имеющие большие размеры и выше плотность, под действием силы тяжести оседают в снежном покрове быстрее, при этом происходит их взаимодействие с находящимися в нижних слоях частицами, что приводит к образованию грязевых пленок; разрушение грязевых пленок в случае выпадения дож-

дей происходит за счет энергии удара капли о ее поверхность, в случае снеготаяния (если дождя нет) смыв частиц охватывает 20 – 30% от всего объема накопившегося дорожного смета.

В заключении нужно отметить, что информация о талых поверхностных стоках носит неполный характер, поэтому необходимо проведение дополнительных исследований, прежде всего натуральных.

При рассмотрении иллюстративного примера зададимся следующей исходной информацией: площадь водосбора, суточное накопление частиц дорожного смета, их гранулометрический и химический составы остаются без изменения; слой выпавших твердых осадков составил 20,0 мм; снег убирался с проезжей части дороги за бордюрную зону; период увеличения снежного покрова – 15 суток; в течение оттепели произошло уменьшение снежного покрова на 10 мм; содержание загрязняющих веществ в талом стоке, полученные при отборе проб снега, составило:

взвешенные вещества	– 2,77 г/л;
нефтепродукты	– 221,6 мг/л;
БПК <sub>5</sub>	– 155,1 мг/л;
ХПК	– 277,0 мг/л.

Весь объем отводимых сточных вод имеет превышения пдк по всем изучаемым ингредиентам. За оттепель в водный объект вынесено:

взвешенные вещества	– 277 кг;
нефтепродукты	– 22,16 кг;
БПК <sub>5</sub>	– 15,51 кг;
ХПК	– 27,70 кг.

Расчет суммы сбора за сброс сточных вод, образовавшихся при снеготаянии, проводится по формуле (8) для условий г. Харькова. Результаты помещены в табл. 5.

Таблица 5

### Определение объемов платежей за сброс сточных вод в харьковские реки

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы, т	Нормативы сбора за сбросы, грн./т	K <sub>рб</sub>	K <sub>вс</sub>	K <sub>п</sub>	K <sub>ф</sub>	Общая сумма сбора, грн.
1. Взвешенные вещества	0,277	1	2,2	1,8	5	1,25	6,85
2. Нефтепродукты	0,02216	206	2,2	1,8	5	1,25	112,98
3. БПК <sub>5</sub>	0,01551	14	2,2	1,8	5	1,25	5,37
4. ХПК	0,02770	7	2,2	1,8	5	1,25	4,79
P <sub>c</sub> = 129,99							

По аналогии проведем расчет суммы сбора для населенных пунктов, приведенных в иллюстративных примерах:

Казачья Лопань и Васицево – 57,74 грн.;  
Ильичевск – 52,54 грн.

Для городов Ялта и Гурзуф талый поверхностный сток не характерен.

Различия в суммах сбора ранее уже объяснялись.

При отведении сточных вод, образующихся при выпадении дождей, снеготаянии и мойке дорожных покрытий, в озера, пруды и т. п. сумма сбора увеличивается 1,5 раза [3].

В представленной работе проведена адаптация методики расчета экологического сбора за отведение сточных вод в вод-

ные объекты применительно к поверхностному стоку. Полученные результаты могут быть использованы природоохранными службами при осуществлении эколого-экономического управления качеством поверхностных вод.

**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. – 68 с. 2. Mace J., Narman M. The quality of urban stormwater run-off/ Urban Storm Drainage Prof. Conf. Southampton, 1978. – p. 603 – 617. 3. Шевчук В. Довідник питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності / В. Шевчук, М. Пилипчук, Н. Карпенко. – К.: Вид. "Геопринт", 2000. – 412 с. 4. Швер П. А. Атмосферные осадки на территории СССР. – Л.: Изд. Г. Минидат, 1976. – 480 с. 5. Хват В. М. Об аэрозольном загрязнении поверхностного стока урбанизированных территорий / В. М. Хват, В. М. Московкин, М. Б. Мануйлов, О. П. Ронечко // Метеорология и гидрология. – 1991 – №2. – С. 114 – 115. 6. Московкин В. М. Оценка потоков осадимых аэрозолей и тяжелых металлов на урбанизированные территории (на примере городов Ялта, Симферополь и Алушта) / В. М. Московкин, М. Б. Мануйлов // В кн.: Вопросы развития Крыма. Научно-аналитический сборник. Вып. 2. – Симферополь: Изд. Центр регионального развития, Крымская академия наук, 1996. – С. 32 – 36. 7. Хват В. М. Отчёт о НИР "Разработать и внедрить технологический процесс регулирования отведения и очистки поверхностного стока с застроенных территорий (заключительный), № гос. рег. 01.870084 / В. М. Хват, В. С. Медведев, М. Б. Мануйлов, О. П. Роненко. – Харьков: Изд. ВНИИВО, 1990. – 127 с. 8. Хват В. М. Очередность природоохранных и технологических мер по снятию нагрузки на городских ландшафтах / В. М. Хват, В. М. Московкин // Известия АН, СССР. Сер. география. – 1991. – №9. – С. 74 – 79. 9. Лозанский В. Р. Методы и цели охраны вод СССР / В. Р. Лозанский, Е. В. Еременко, А. К. Кузин // Труды советско-американского симпозиума "Методология и практика планирования охраны речных бассейнов". – Харьков: Изд. ВНИИВО, 1981. – С. 16 – 43. 10. Мостепан Е. В. Проблема защиты малых рек от загрязнения их поверхностным стоком с урбанизированных территорий / Е. В. Мостепан, О. В. Рыбалава, Н. В. Савченко // Материалы 4-й Международной междисциплинарной научно-практической конференции "Сучасні проблеми науки та освіти", 1 – 10 мая 2003 года, Ялта, Автономная Республика Крым. – Ялта: Мысль, 2003. – С. 67. 11. Хват В. М. Отчёт о НИР "Разработать и внедрить технологический процесс регулирования отведения и очистки поверхностного стока с застроенных территорий (промежуточный), № гос. рег. 01.870084 / В. М. Хват, В. М. Московкин, В. С. Медведев, М. Б. Мануйлов. – Харьков: Изд. ВНИИВО, 1988. – 115 с. 12. Московкин В. М. Отчёт о НИР "Разработка и создание моделей эколого-экономического прогноза. Методологические аспекты проведения экологического мониторинга и экологической экспертизы", № гос. рег. 03.890081 / В. М. Московкин, М. Б. Мануйлов, С. В. Морозов, Ю. И. Мендыгулов. Ялтинский отдел Крымского филиала СНИЦ АН СССР. – Сочи; 1990. – 108 с. 13. Мануйлов М. Б. Теоретические и технологические аспекты управления качеством рекреационных зон водных объектов / М. Б. Мануйлов, А. К. Шевченко // Економіка розвитку ХНЕУ. – 2003. – №125. – С. 37 – 41. 14. Мануйлов М. Б. Эколого-экономические аспекты функционирования рекреационных объектов / М. Б. Мануйлов, А. К. Шевченко // Вісник Харківського державного економічного університету. – 2001. – №420. – С. 105 – 106. 15. Мануйлов М. Б. Новая технология отведения и очистки поверхностного стока, образующегося на сельтерных территориях и промышленных площадках предприятий / М. Б. Мануйлов, А. Г. Шутинский, В. М. Авино, О. П. Скомороха // Весник Национального технического университета "ХПИ". – 2003. – №3. – С. 163 – 168.