

## ВОДООТВЕДЕНИЕ

УДК 62.628.212.2

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**

Освещен опыт советской научной школы по изучению проблем отведения и очистки городского поверхностного стока в г. Харькове (ВНИИ по охране вод) и проведено дальнейшее развитие ее основных положений. Представлен комплекс расчетных формул по оценке формирования нагрузок дорожного смета за счет аэрозольного осаждения, истирания автомобильных шин о поверхность дорог, переноса загрязнений автотранспортными средствами, износа дорожных покрытий под действием грузоперевозок, разрушения дорожных покрытий за счет атмосферных осадков, накопления песка в зимнее время года при борьбе с гололедами. Помимо этих физико-химических составляющих дорожного смета, охватывающих фракции дорожного смета с размерами частиц, как менее 250 мкм (первые три вида нагрузки), так и более 250 мкм (последние три вида нагрузки), качественно рассмотрены два вида биологической составляющей дорожного смета. Построены структурно-логические схемы существующих последствий влияния городского поверхностного стока на водные объекты, формирования загрязнений на урбанизированных территориях в течение годового цикла, основных источников формирования химического состава загрязнений, возможных последствий влияния городского поверхностного стока на заиливание водных объектов. Описан опыт ВНИИ по охране вод (Харьков) по решению проблемы воздействия загрязненного поверхностного

*The experience of the Soviet scientific school on studying the problems of discharge and treatment of the urban surface flow in the city of Kharkov (All Union Research Institute of Water Conservation) is presented and the further development of its main basics is accomplished. The complex of design formulae for estimation of the road dust load formation by means of aerosol deposition, tire abrasion on the road surface, pollutant transfer by vehicles, road surface deterioration by cargo transportation, pavement destruction by atmospheric precipitation and sand accumulation in winter at deicing is presented. Beside these physical-chemical components of the road dust, including the road dust fractions with particles size of both less than 250  $\mu\text{m}$  (first three types of the load) and more than 250  $\mu\text{m}$  (last three types of the load), two types of the biological components of the road dust were thoroughly examined. The structural logical schemes of the actual effect of the urban surface flow on water objects, formation of pollutants on the urbanized territories during the annual cycle, main sources of the pollutant chemical composition formation and possible effects of the urban surface flow on the water object siltation are constructed. The experience of the All Union Research Institute of Water Conservation (Kharkov) in solving problems of the polluted surface flow effect on water objects as well as the cost minimization at the technology adaption of the surface flow discharge and treatment is described. As a conclusion, the calculated methods of assessment of the*



стока на водные объекты, а также минимизации затрат при внедрении технологий отведения и очистки поверхностного стока. В заключение предложена расчетная методика оценки экологического ущерба причиняемого поверхностным стоком водным объектам, основанная на математическом и физическом моделировании процессов формирования загрязнений на застроенных территориях и их выноса во время дождевых событий.

**Ключевые слова:** городской поверхностный сток, дорожный смет, водные объекты, экологический ущерб, математическое моделирование, физическое моделирование, отведение и очистка городского поверхностного стока, ВНИИ по охране вод (Харьков, СССР).

*Наши авторы:*

**Мануйлов Михаил Борисович** — к.т.н., с.н.с., кафедра технической электрохимии НТУ «Харьковский политехнический институт»;

**Московкин Владимир Михайлович** — д.г.н., проф. кафедры мировой экономики, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, проф. кафедры экологии и неозологии, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина.

*water object environmental damage by the surface flow based on the mathematical and physical modeling of the pollutant formation process in the build-up territories and their removal during the rain are offered.*

**Key words:** urban surface flow, road dust, water objects, ecological damage, mathematical modeling, physical modeling, discharge and treatment of urban surface runoff, All Union Research Institute of Water Conservation (Kharkov, USSR).

*Authors:*

**Manuilov Mikhail Borisovich** — candidate of technical science, senior researcher, chair of the technical electrochemistry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (NTU «KhPI»);

**Moskovkin Vladimir Mikhailovich** — doctor of geography, professor of the chair of the world economy, Belgorod State National Research University, professor of the chair of ecology and neoeology, V. N. Karazin Kharkiv National University.

## 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Вопрос о влиянии поверхностного стока на качество водных объектов был поднят впервые в конце 60-х годов XX века в США, а с конца 70-х годов XX века начинаются регулярные исследования в СССР. В СССР к решению проблемы подошли наиболее фундаментально. Основная научная база этих исследований была в г. Харькове — во Всесоюзном НИИ по охране вод (ВНИИВО) Минводхоза СССР, позднее Госкомприроды СССР. Хотя институт сохранился, уже под названием Украинский НИИ экологических проблем, но лаборатория городского поверхностного стока в нем после распада СССР была ликвидирована. Тем ни менее остались материалы исследований, проектная и техническая документация, охватывающая значительное количество объектов: промышленные площадки и промышленно-жилые зоны десятков городов бывшего СССР, где строились очистные сооружения обезвреживания поверхностного стока.

Стимулом для развития этой тематики в СССР послужило принятие нормативного акта в 1983 году [1], разработанного ВНИИВОДГЕО и ВНИИВО, согласно которому поверхностный сток с промышленных площадок и других объектов необхо-

димо было подвергать глубокой очистке. С 1991 года акты СССР потеряли силу, а образовавшиеся государства в свое природоохранное законодательство, за исключением России, регламентацию качественных характеристик поверхностного стока не включили. К сожалению, разработки НИИВОДГЕО в постсоветское время игнорировали богатый опыт ВНИИВО по изучению и управлению городским поверхностным стоком, что можно судить из последних рекомендаций этого института, вышедших в 2014 г. (Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок промпредприятий и определение условий выпуска его в водные объекты). Наш опыт показывает, что везде в мире отсутствуют какие-либо четкие и ясные указания, как поступать с городским поверхностным стоком. Но поверхностный сток урбанизированных территорий существует и его влияние на водные объекты с каждым годом возрастает, что, конечно, ставит много вопросов. Каково влияние дождевого и талого стоков на качество поверхностных вод, и как это сказывается на получении питьевых вод, на сельскохозяйственную деятельность и на существование рекреационных объектов? Каким образом сток вдруг стал причиной техногенных разрушений и аварий? Как можно оценить экономический ущерб, причиняемый дождевыми и талыми водами, и какими суммами он определяется?

Для ответов на поставленные вопросы использовались материалы научно-исследовательских работ ВНИИВО (1976–1991 гг.), Ялтинского отдела Сочинского НИЦ «Управление развитием рекреационных территорий и туризма» (1990), НТУ «ХПИ» (2000–2005 г.г.) и современные исследования, проводящиеся в Харьковском национальном университете им. В. Н. Каразина и Белгородском государственном национальном исследовательском университете (Российская Федерация) [2, 3]. Кроме того, проводился анализ сообщений средств массовой информации Украины и других стран, комментирующие те или иные события связанные с выпадением дождей, снеготаянием и последствиями данных процессов.

Прежде чем перейти к описанию влияния поверхностного стока на водные объекты приведем основные формулы расчета его объемов [1].

$$\dot{W}_d = 10 h_{oc} \cdot \varphi_{cp} \cdot S_B, \quad (1)$$

где  $\dot{W}_d$  — объем образующегося дождевого стока, м<sup>3</sup>;  $h_{oc}$  — слой выпавших осадков, мм;  $\varphi_{cp}$  — усредненный коэффициент стока;  $S_B$  — площадь водосбора, га.

Для определения усредненного коэффициента дождевого стока используют следующую формулу [1]:

$$\varphi_{cp} = (\varphi_1 S_1 + \varphi_2 S_2 + \varphi_3 S_3) / S_B, \quad S_B = S_1 + S_2 + S_3, \quad (2)$$

где  $\varphi_1$  — коэффициент стока крыш зданий и сооружений;  $\varphi_2$  — коэффициент стока дорог, тротуаров и площадей с асфальтным (бетонным) покрытием;  $\varphi_3$  — коэффициент стока газонов, клумб и незастроенных территорий, в том числе и грунтовых



дорог;  $S_1$  — площади крыш зданий и сооружений водосбора, га;  $S_2$  — площади дорог, тротуаров и площадей водосбора, га;  $S_3$  — площади газонов, клумб и незастроенных территорий водосбора, га.

Согласно [1] значения коэффициентов стока могут приниматься следующие:  $\varphi_1 = 0,9$ ;  $\varphi_2 = 0,7$ ;  $\varphi_3 = 0,2$ , однако в [4] при расчетах систем ливневой канализации коэффициенты не являются константами, а зависят от многих факторов.

Годовой (или образующийся во время оттепели) объем талых вод, формирующихся на городских водосборах, согласно [1, 5] определяется по формуле:

$$\dot{W}_T = 10 h_T \varphi_T S_B, \quad (3)$$

где  $\dot{W}_T$  — годовой (или за период оттепели) объем талых вод, м<sup>3</sup>;  $h_T$  — слой осадков за холодный период года (за период между оттепелями), мм;  $\varphi_T$  — коэффициент стока талых вод, при расчетах чаще всего принимается равным 1;  $S_B$  — площадь водосбора, га.

## 2. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Схема приведенная на рисунке 1 иллюстрирует причинно-следственные связи между загрязнениями накапливающимися на урбанизированных территориях, качеством водных объектов и последствиями загрязнения и заражения вод для различных областей народного хозяйства. Сделаем пояснения к этому рисунку.

Схема дает общее представление о последствиях воздействия поверхностного стока, но для каждого региона и города существуют свои особенности. Соответственно существуют свои первоочередные задачи, общее представление о которых и можно получить из рисунка.

Пункты 2.1, 4.1. и 6.1 говорят о том, что произошел смыв поверхностным стоком загрязнений накопившихся на урбанизированной территории, и в зависимости от географического положения города и экономических интересов возможно доминирование тех или иных факторов влияния стока. Например, г. Киева это загрязнение и заражение вод Днепра, что сказывается на рекреационной привлекательности (выпал дождь и днепровские пляжи закрыты). Ежегодно, после весенних паводков, происходит замор рыбы, но главное — это сложности в получении питьевой воды на станциях водоподготовки городов расположенных ниже по течению. Для г. Харькова это рекреация (хотя купание после дождей в местных реках запрещено) и вопросы рыбного хозяйства второстепенны, а главным является формирование качественных показателей Северского Донца, являющегося так же основным источником получения питьевой воды г. Луганска. Благополучие курортных городов Черноморского и Азовского побережий полностью зависит от качества вод прибрежных зон морей и если закрытие пляжей для г. Харькова — это досадное происшествие, то для Ялты или Алушты — это катастрофа.



**Рис. 1.** Существующие последствия влияния загрязненного поверхностного стока урбанизированных территорий на водные объекты

**Fig. 1.** Actual effect of the urban surface flow on water objects

Пункты 1.1, 3.1, 5.1 и 7.1 соответствуют реальным ситуациям, складывающимся в различных городах Украины при выпадении дождевых осадков и снеготаянии (весенних паводках).

Удорожание производства питьевой воды — водоканалы Киева, Запорожья и ряда других днепровских городов ежегодно (по данным СМИ) увеличивают объемы закупаемых коагулянтов и хлорсодержащих реагентов, аргументируя это ухудшением качества речной воды. То же относится и к городам бассейна Северского Донца. Закрытие пляжей на карантин так же обычное явление — в 2013 году это



имело место в Киеве, Харькове и т.д., в 2008 году — в Одессе, перечень можно продолжить, но их объединяет выпадение дождей, и как следствие бактериологическое заражение вод. Никакой новости нет и в уменьшении продуктивности рек и водохранилищ — снижаются объемы промысловых рыб и наиболее ценные породы (судак и т.д.) исчезают. В некоторых случаях, после выпадения дождей, концентрации нефтепродуктов и других химических примесей столь высоки, что воды не могут использоваться для полива и питьевого водоснабжения животноводческих комплексов.

Пункты 7.1 и 8.1 соответствуют ситуациям заиливания русел рек, и как следствие повышению уровня грунтовых вод, подтоплению и другим негативным процессам. Они происходят далеко не во всех городах Украины. Это связано с расположением городов (степь, лесостепь и т.д.), характеристикой проходящих через них рек (малые, средние), самими размерами городов и, соответственно, уровнем техногенных нагрузок и т.д.

Итак, на схеме (рис. 1) в самом общем виде представлены причинно-следственные связи между поверхностным стоком и экологическими и техногенными ситуациями, возникающими в различных городах Украины. Для конкретизации, а соответственно и выбору правильных ответов и решений возникающих проблем необходимо обратиться к основе, делающей поверхностный сток столь опасным для водных объектов — загрязнению, формирующимся на урбанизированных территориях.

## **ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ФОРМИРУЮЩИЕСЯ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

На рис. 2 представлена принципиальная схема формирования дорожного смета и других загрязнений городских территорий.

На примере города Харькова можно проследить динамику увеличения нагрузок дорожного смета, так в 1977 году она составляла 5110 кг/год на усредненном гектаре городской территории [6], в 1991 году увеличилась до 9850 кг/год [7], а в 2005 г. составила 27500 кг/год [8], что связано с резким увеличением количества транспортных средств. Причем, основная масса дорожного смета формируется за счет разрушения дорожных покрытий под действием грузоперевозок и в процессе перемещения транспортных средств. Согласно информации региональных и центрального «Укравтодор» в настоящее время ежегодно слой дорожных покрытий уменьшается на 4–5 мм (разрушается транспортом), а это 40–50 м<sup>3</sup> продуктов разрушений дорожных покрытий с 1 гектара или 160–200 тонн/га. Безусловно, такие объемы загрязнений коммунальные службы не убирают и не вывозят (максимум 12–15%), но так как терриконов вдоль дорог нет, то это значит, что остатки дорожного смета были смыты дождевым и талым поверхностным стоком в водные объекты.



Рис. 2. Формирование загрязнений урбанизированных территорий в течение годового цикла  
 Fig. 2. Formation of pollutants of the urbanized territories during the annual cycle

Сделаем пояснения к рис.2.

Пункт 2.1. Осадимые аэрозоли промышленного, автотранспортного и эрозионного происхождения. Состав: частицы сажи и фрагменты частиц почвы. Размеры частиц не превышают 100 мкм. Объем аэрозолей накапливающихся за  $T_{б.д.}$  на водосборе определяется по формуле [9, 10]:

$$M_1 = \Pi (S_d + S_m) \chi \sum_{n=1}^{n=T_{б.д.}} K^{n-1}, \text{ кг}, \quad (4)$$

где  $\Pi$  — поток осадимых аэрозолей,  $\text{кг}/\text{м}^2\text{сут}$ ;  $S_d$  — площадь дорог,  $\text{м}^2$ ;  $S_m$  — площадь тротуаров,  $\text{м}^2$ ;  $\chi$  — региональный коэффициент потока осадимых аэрозолей, имеющий размерность скорости и вычисляемый с помощью спектра осадимых



аэрозолей;  $K$  — безразмерный коэффициент выноса частиц дорожного смета ветром и при движении транспортных средств за бордюрную зону, показывает долю частиц «выбывающих» из процесса и не участвующих в формировании загрязнения поверхностного стока [11], для частиц с размерами менее 100 мкм  $K = 0,65$ ;  $T_{б.д.}$  — бездождевые периоды времени (среднее время между двумя соседними дождями), для г. Харькова  $T_{б.д.} = 9$  суткам [12]. Для зимнего периода принимается  $K = 1$ .

В основе определения региональных коэффициентов потоков осадимых аэрозолей лежит их спектр — процентное или доленое распределение частиц по размерам. Спектры аэрозолей промышленного происхождения поглощают в себе спектры аэрозолей автотранспортного и аэрозольного происхождений. Поэтому, для промышленных городов  $\chi = 13,56$  [13], который в неявной форме учитывает автотранспортные и эрозионные аэрозоли. В случае доминирования в загрязнении воздуха автотранспортных средств, значения региональных коэффициентов равняются:  $\chi = 2,99$  [10] для дорог со слабой интенсивностью транспортных нагрузок;  $\chi = 4,61$  [14] для дорог со средней интенсивностью и  $\chi = 8,42$  [14] для дорог с высокой интенсивностью движения. Региональный коэффициент для расчета потоков аэрозолей эрозионного происхождения равен  $\chi = 2,01$  [13] и, как правило, спектр данных аэрозолей является фоном для аэрозолей промышленного и транспортного происхождений.

Пункт 2.2. Составляющая дорожного смета, формирующаяся за счет истирания автомобильных шин о поверхность дорог. Состав: фрагменты резины. Диапазон размеров частиц — менее 100 мкм. Объем накопления рассматриваемых загрязнений на водосборе определяется по формуле [13]:

$$M_2 = 10^{-3} L I \beta \Sigma K^{n-1}, \text{ кг,} \quad (5)$$
$$n = T_{б.д.}$$
$$n = 1$$

где  $L$  — протяженность дорог водосбора, км;  $I$  — интенсивность движения транспорта, машин/сутки;  $\beta$  — усредненный коэффициент износа автомобильных шин при соприкосновении с поверхностью дорог, для условий СССР принимался равным 0,32 г/км дороги [13];  $K = 0,65$ ; для зимнего периода  $K = 1$ .

Пункт 2.3. Составляющая дорожного смета, формирующаяся из частиц, переносимых автотранспортными средствами из зон с высокой загрязненностью дорожных покрытий или грунтовых дорог на более благоустроенные территории. Состав: частицы почвы, песок, частицы битума с вкраплением песка, сажа. Доминирующий диапазон частиц — менее 250 мкм. Объемы привносимых частиц дорожного смета аккумулирующихся на городских территориях определяется по формуле [13, 15, 16]:

$$M_3 = 10^{-3} \Delta \lambda L I \Sigma K^{n-1}, \text{ кг,} \quad (6)$$
$$n = T_{б.д.}$$
$$n = 1$$



где  $\Delta\lambda$  — масса частиц, попадающих на дорожное полотно при движении транспортного средства городскими территориями, г/км, определяется по номограмме [17]. Она зависит от разности нагрузок дорожного смета: пригород — город, промышленная зона — город, грунтовые дороги — город [16]. При движении транспорта по грунтовым дорогам (крайний случай — «максимальная» нагрузка дорожного смета) на днище накапливается стационарный слой грязи — частицы почвы прилипают к поверхности, отрываются, снова прилипают, но масса «перевозимой» грязи более ли менее постоянна. Как только такая машина попадает в город, объем «транспортируемой» грязи стремиться выйти на новый стационарный уровень, но масса «теряемых» загрязнений меньше накапливающейся на днище. Наиболее заметно данный процесс наблюдался при ликвидации Чернобыльской аварии, в первое время транспорт свободно въезжал и выезжал из зоны и следы радиации (частиц вывезенных с территории АЭС) четко прослеживались. Далее, в формуле (6)  $L$  — протяженность дорог водосбора, км;  $I$  — усредненная интенсивность движения транспорта, машин/сутки;  $K = 0,65$ ; для зимнего периода  $K = 1$ .

**Продолжение статьи будет опубликовано в следующих номерах журнала.**

### 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. Калицун 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 поромышленных 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 осадения. — 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. Курчев 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 направлениям работы ГКП «Харьковкоммуночиствод». — Харьков: ГКП «Харьковкоммуночиствод, 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 A. The quality of urban storm-water run-off // Urban Storm Drainage Prot. Int. Conf. Southampton, 1978. — P. 603–617.
33. Шевчук В., Филипчук М., Карпенко Н., Кулик О., Саталкин Ю., Навроцкий В., Мазуркевич 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 proektirovaniu 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 zagryznenij, formirujushhihsja 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 zagryznenij, formirujushhihsja 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 zalivaniya 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 zagrijaznenii 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 zagrijaznjajushhih veshhestv na gorodskih territorijah za bez dozhdveye 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 urbanizirovannyh 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 zagrijaznjajushhih veshhestv, nakaplivajushhihsja na urbanizirovannyh territorijah avtotransportnymi sredstvami [Redistribution of pollutants accumulating in urban areas by motor vehicles], *Vestnik Nacional'nogo tehničeskogo universiteta «HPI»*, 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 zagrijaznjajushhih 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 zailivnija 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. Agrolesmeliorativnye 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 regulirovanija 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 jekologicheskoi 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., Petruk P. T. Obosnovanie versii toksikologicheskogo porazhenija zhitelej sela Boleslavchik Pervomajskogo 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., Petrijuk P. T. K izucheniju toksikologicheskogo porazhenija zhitel'j 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. Koncepcija 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 «JuzhtransNilproekt», 1999, p. 34 (in Russian).
29. Hvat V. M., Manujlov M. B., Medvedev V. S. Ispol'zovanie poverhnostnogo stoka v sistemah promvododobnabzhenija 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 zhiljoj 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., Strojizdat, 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 prirodopol'zovanija 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 zagrijaznenija 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 zagrijaznenija 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 upravlenija 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).