

где  $D_E$  – потребность в тепловой энергии для всего здания (кВт/год);

$K_e$  – результат расчета LCA для получения 1кВт тепловой энергии для обычных источников энергии ( $P_i$  кВт).

Для расчета  $D_E$  за срок эксплуатации используют, как правило, специальные программы (например, Herz OZC [13]).

**Заключение.** Нарушение природного состава атмосферного воздуха, ухудшение экологической ситуации вызывают целый ряд патофизиологических изменений в организме человека. Антропогенные факторы оказывают все большее влияние на биосферу, вызывая рост численности заболеваний, в том числе и таких опасных, как поллиноз, аллергический дерматит, опухоли, отек Квинке, астма, диабет, провоцируя генные мутации. Строительство энергоэффективных домов в сочетании с новыми источниками энергии позволяет значительно сократить потребление энергии в зданиях и тем самым снизить эффекты от названных угроз. Одним из элементов, обеспечивающих устойчивое развитие, является рациональное применение отходов сельскохозяйственного производства. Использование природных строительных материалов, которые могут находиться вблизи строительной площадки, снижает неблагоприятные последствия для окружающей среды. Применение натуральных, как собственно волокон, так и отходов от переработки растений, в качестве армирующих элементов композитных материалов, является одним из наиболее важных исследовательских задач современных материаловедческих исследований. Оценка экологических издержек и экологической прибыли от применения теплоизоляционных материалов позволила выявить экологические преимущества природных дешевых теплоизоляторов.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гигиена с основами экологии человека: учебник / В.И. Архангельский [и др.]; под ред. П.И. Мельниченко. – 2010. – 752 с.: ил.
2. Белая книга WAO по аллергии 2011–2012: резюме / Под редакцией Р.И. Сепиашвили, Т.А. Славянской. – М: Медицина-Здоровье, 2011. – 12 с.
3. Проскурина, А.С. Состояние репродуктивной системы женщин в условиях неблагоприятной экологической обстановки окружающей среды / А.С. Проскурина, Е.В. Невзорова, А.В. Гулин, К.И. Засядько // Вестник Тамбовского университета. – Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 2.
4. Валеева, Э.Т. Профессиональные заболевания и интоксикации, развивающиеся у работников нефтехимических производств в современных условиях / Э.Т. Валеева, А.Б. Бакиров, Л.К. Каримова, Р.Р. Галимова // Экология человека. – 2010. – № 3.
5. Directive 2002/91/EU (2002) Directive of the European Parliament and of the Council 2002/91/EC of 16 December 2002 on the energetic performance of building.
6. Directive 2005/32/EU (2005) Directive of the European Parliament and of the Council 2005/32/EC of 6 July 2005 establishing a framework for setting requirements of eco-project for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC, and Directive of the European Parliament and of the Council 96/57/EC and 2000/55/EC.
7. Steidl, T. Thermal insulation of today and tomorrow // Energia i Budynek. – № 34. – P. 17–21.
8. Bjørn, P.J. Traditional, states-of-art and future thermal building insulation materials and solutions-properties, requirements and possibilities // Energy and Building. – № 43. – 2011. – P. 2549–2563.
9. Eco-efficient construction and building materials woodhead Publishing Limited, 2014 // Edited by F. Pacheco – Torgal – 630 p.
10. Stevulova, N. Lightweight Composites Based on Rapidly Renewable Natural Resource / N. Stevulova, J. Cigasova, A. Sicakova // Chemical Engineering Transactions. – Vol. 35. – 2013 – P. 589–594.
11. Cigasova, J. Influence of binder nature on properties of lightweight composites based on hemp hurds // J. Cigasova, N. Stevulova, J. Jurak // International Journal of Modern Manufacturing Technologies. – Vol. V. – № 2. – 2013. – P. 27–36.
12. Филатов, И.С. Климатическая устойчивость полимерных материалов. – М.: Наука, 1983. – 216 с.
13. Herz OZC Available. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sankom.pl/program-auditor-ozc-3d>. – Дата доступа: 04.10.2012.

Материал поступил в редакцию 14.06.2016

#### TUR V.V., SHALOBYTA T.P., SHALOBYTA N.N. Environmental and hygienic aspects of thermal insulating building materials effective usage

The increasing pace of human activities in the XX and XXI century led to a serious contamination of the planet by variety of production waste. Violation of the natural composition of air, quality of water, environmental degradation cause a number of irreversible pathophysiological changes in the human body, which justifies the need of cooperating activity of doctors hygienists and builders on creating an environmentally safe and comfortable human habitat at the current stage of construction. Some aspects of obtaining, usage and disposal of building materials with medical and hygienic items are considered. Evaluation of environmental costs and environmental gains from the use of thermal insulation materials made it possible to identify the environmental advantages of natural cheap heat insulators.

УДК 666.97:546

Левчук Н.В., Новосельцева А.Г.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНОВ И АНАЛИЗА ИХ КАЧЕСТВА

**Введение.** Начиная с периода установления взаимосвязи между электрическими явлениями и химическими процессами, электрохимия получила широкое и разностороннее применение в различных отраслях промышленности. В химической промышленности это синтез и производство методом электролиза хлора и щелочей, многочисленных окислителей, получение фтора и фторорганических соединений. Электрохимические методы позволили получить такие металлы, как алюминий, магний, натрий, литий и многие другие, рафинировать медь. По мере использования запасов природного топлива и увеличения

производства электроэнергии будет возрастать получение водорода путем электролитического разложения электролитов, таких как едкий натр, серная кислота, в меньшей степени вода, ввиду очень малой электропроводности.

Одним из первых электрохимических производств является гальванопластика. Защитные и декоративные гальванические покрытия, такие как хромирование, никелирование, лужение, серебрение и другие, а также гальванические покрытия с заданными оптическими, механическими и магнитными свойствами широко используются в

Левчук Наталья Владимировна, к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Новосельцева Анна Геннадьевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

промышленности. Такие электрохимические процессы как анодное растворение металлов заменяет механическую обработку твердых и сверхтвердых металлов и сплавов.

Широкое распространение получили и электрохимические методы анализа, такие как кондуктометрия, потенциометрия, вольтамперометрия, амперометрия и другие. Кондуктометрия основана на измерении электропроводности раствора и применяется для определения концентрации солей, кислот в различных растворах. Электропроводность раствора играет важную роль при промышленном применении электролиза, так как от нее зависит расход электроэнергии. Потенциометрия применяется для определения различных физико-химических параметров исходя из данных о потенциале гальванического элемента. В потенциометрических измерениях широко применяются ионоселективные электроды, чувствительные, преимущественно к какому-то одному иону в растворе: стеклянный электрод используется для измерения pH, и электроды для селективного определения ионов натрия, аммония, фтора, кальция, магния и др. В поверхностный слой ионоселективного электрода могут быть включены ферменты, в результате получается система, чувствительная к соответствующему субстрату. Потенциометрическое титрование позволяет определить точку эквивалентности и найти такие термодинамические параметры, как константа равновесия и стандартный потенциал.

Вольтамперометрические методы при использовании микроэлектродов с площадью поверхности 10<sup>-7</sup>-10<sup>-1</sup> см<sup>2</sup> позволяют получать вольтамперные кривые, идентифицирующие растворенные вещества, определить их концентрацию, термодинамические и кинетические параметры. Вольтамперометрические исследования проводятся также с помощью твердых электродов, например из платины и углерода, и используются процессы, протекающие при положительных потенциалах. Существуют и другие виды вольтамперометрии: вольтамперометрия с линейной разверткой потенциала, дифференциальная импульсная и квадратно-волновая, – при которых на линейно растущий потенциал налагаются импульсы напряжения разной формы. Эти методы широко используются для определения малых концентраций веществ в растворе. Метод амперометрии основан на измерении предельного диффузионного тока, проходящего через раствор при фиксированном напряжении между индикаторным электродом и электродом сравнения. При амперометрическом титровании точку эквивалентности определяют по излому кривой тока – объем добавляемого рабочего раствора. Хроноамперометрические методы основаны на измерении зависимости тока от времени и применяются в основном для определения коэффициентов диффузии и констант скорости.

Существуют и другие электроаналитические методы. При относительно движении электролита и заряженных частиц или поверхностей в электрическом поле возникают электрокинетические эффекты. Примером такого рода является электрофорез и электроосмос. При электрофорезе происходит разделение заряженных частиц (например, молекул белка или коллоидных частиц), движущихся в электрическом поле, а при электроосмосе наблюдается передвижение жидкой фазы относительно поверхности твердых частиц [1].

Электрохимические явления, процессы и методы анализа нашли широкое применение в технологии очистки природных и сточных вод, контроле их качественного и количественного состава. К электрохимическим методам очистки воды относятся: анодное окисление и катодное восстановление, электрокоагуляция, электрофлотация и электродиализ. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через воду постоянного электрического тока. Электрохимические методы позволяют очистить питьевые воды, а при очистке сточных вод извлекать из них ценные продукты при относительно простой автоматизированной технологической схеме очистки, без использования химических реагентов. Эффективность электрохимических методов оценивается рядом факторов: плотностью тока, напряжением, коэффициентом полезного использования напряжения, выходом по току, выходом по энергии.

Анодное окисление и восстановление используются для очистки воды от растворенных примесей: цианидов, роданидов, аминов, спиртов, альдегидов, нитросоединений, азокрасителей, сульфидов, меркантианов и др. В процессах электрохимического окисления вещества, находящиеся в сточных водах, полностью распадаются с

образованием CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> и воды или образуются более простые и нетоксичные вещества, которые можно удалить другими методами.

В процессе электрофлотации очистка сточных вод от грубодисперсных частиц проходит при помощи пузырьков газа, образующихся при электролизе воды. На аноде возникают пузырьки кислорода, а на катоде – водорода. Поднимаясь в сточной воде, эти пузырьки флотируют взвешенные частицы. При использовании растворимых электродов происходит образование хлопьев коагулянтов и пузырьков газа, что способствует более эффективной флотации.

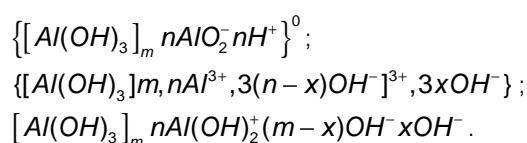
Для опреснения соленых вод и очистки промышленных сточных вод используют электродиализ – процесс очистки сточных вод, основанный на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран. Процесс проводят в электродиализаторах, простейшая конструкция которых состоит из трех камер, отделенных одна от другой мембранами. В среднюю камеру заливают раствор, а в боковые, где расположены электроды, – чистую воду. Анионы током переносятся в анодное пространство. На аноде выделяется кислород и образуется кислота. Одновременно катионы переносятся в катодное пространство. На катоде выделяется водород и образуется щелочь. По мере прохождения тока концентрация солей в средней камере уменьшается до тех пор, пока не станет близкой к нулю. За счет диффузии в среднюю камеру поступают ионы H<sup>+</sup> и OH<sup>-</sup>, образуя воду.

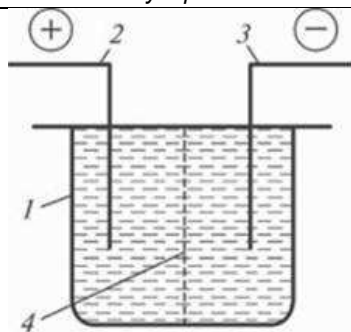
Особое место в технологии очистки воды занимает электрокоагуляция. При прохождении воды через межэлектродное пространство электролизера происходит электролиз воды, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимодействие продуктов электролиза друг с другом. На процесс электрокоагуляции оказывает влияние материал электродов, расстояние между ними, скорость движения сточной воды между электродами, ее температура и состав, напряжение и плотность тока. Для очистки промышленных сточных вод, содержащих высоко устойчивые загрязнения, проводят электролиз с использованием растворимых – стальных или алюминиевых анодов. Под действием тока происходит растворение металла, в результате чего в воду переходят катионы железа или алюминия, которые, встречаясь с гидроксильными группами, образуют гидраты окисей металлов в виде хлопьев, которые осаждают загрязнители [2].

Использование алюминиевых электродов в процессе электрокоагуляции воды позволило получить коллоидную систему, обладающую особыми свойствами, способствующими использованию ее в качестве раствора затворения бетонов различного состава и упростить известные технологии с применением других добавок в бетон. Коллоидный гидроксид алюминия полученный электролизом воды с алюминиевыми электродами в результате взаимодействия гидратированного и свободного гидроксида кальция и минералами цементного клинкера, образует гидроалюминаты, изменяя состав продуктов гидратации, что приводит к увеличению прочности портландцементных систем.

Предлагалось использовать коллоидную систему гидроксида алюминия, которая является отходом электрокоагуляционного метода очистки воды или специально приготовленного раствора при электролизе воды с алюминиевыми электродами, непосредственно перед введением в бетонную смесь [3].

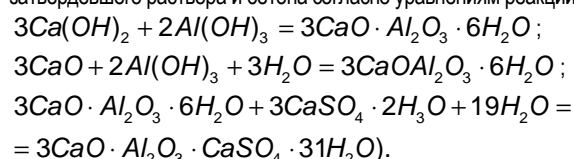
На рисунке 1 показана схема получения коллоидного гидроксида алюминия методом электролиза. На положительно заряженном электроде происходит анодное растворение алюминия по схеме  $Al^0 - 3e = Al^{3+}$ . Продуктом электролиза в данном случае является коллоидный раствор с мицеллой золя гидроксида алюминия следующей структуры:





1 – корпус; 2, 3 – алюминиевые анод и катод; 4 – диафрагма  
Рисунок 1 – Схема электролизера

Находясь в активной форме, предлагаемый нами коллоидный гидроксид алюминия в качестве модифицирующей добавки должен связывать гидратированный гидроксид кальция, выделяющийся в результате реакций гидратации силикатов, что подтверждается результатами титрования водных вытяжек из цементного камня, затвердевшего раствора и бетона согласно уравнениям реакции:



Еще одним из новых методов использования электрохимии в строительстве является методика проведения исследований диффузионной проницаемости ионов хлора в бетоне. Исследования диффузионной проницаемости цементного камня и бетона для ионов хлора выполнялись на порландцементе Красносельского цементного завода марки ПЦ500-ДО (ГОСТ 10178-85, СЕМІ-42,5-N). Его химический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав порландцемента

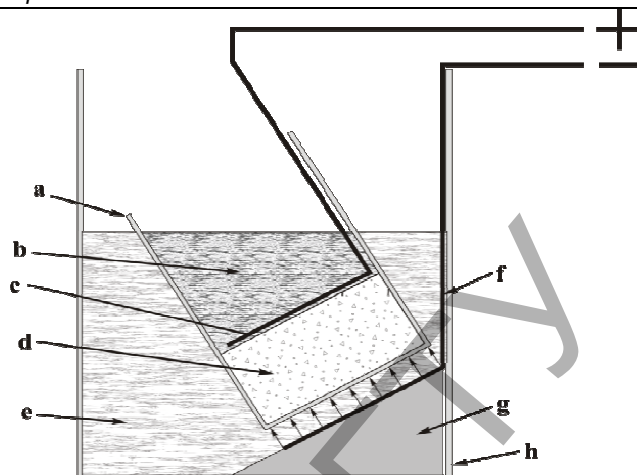
NO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CaO	CaOсвоб	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	П.п.п.
21,77	4,77	2,38	64,98	0,2	1,1	4,02	1,47

Минералогический состав порландцемента: C3S – 56...57%; C2S – 20...22%; C3A – 5%; C4AF – 16%.

Основой этого метода является действие внешнего электрического поля на цилиндрические образцы бетона, погруженные в 10% раствор хлорида натрия. К торцевым поверхностям образцов подсоединяются инертные электроды (рис. 2). Оставшаяся поверхность цилиндров изолирована от внешней среды, т. е. раствора хлорида натрия. При подключении электродов к внешнему источнику тока начинается процесс электролиза хлорида натрия, приводящий к миграции ионов хлора через торцевые грани образцов к положительно заряженному аноду. Испытания проводят, создавая внешний потенциал 10-60 V через образец с рабочей поверхностью, помещенной в раствор NaCl, а на противоположной грани располагают 0,3M раствор NaOH. Испытания проводят в течение, как правило, 24 часов. Затем раскалывают образец и измеряют положение фронта распространения хлоридов при использовании колористического индикатора (AgNO<sub>3</sub>). Представленная методика позволила значительно упростить и ускорить исследования диффузионной проницаемости ионов хлора в сравнении с другим методом.

После 28-суточного твердения образцы устанавливались на керамическую решетку эксикатора. В стакан образца заливался раствор хлористого натрия определенной концентрации, а в эксикатор заливалась дистиллированная вода, верхний уровень которой не доходил до верхнего обреза стакана на 10 мм. Таким образом создавали градиент концентрации ионов хлора между наружной средой в эксикаторе (в начале опыта нулевая концентрация) и средой в стакане (определенная начальная концентрации раствора хлористого натрия).

Процесс диффузии ионов хлора через материал стенки стакана в дистиллированную воду контролировался путем периодического отбора пробы раствора хлористого натрия из стакана и пробы воды окружающей стакан воды из эксикатора с последующим химическим их анализом.



(a) – резиновая труба; (b) – электролит в прианодной области (анолит); (c) – анод; (d) – образец; (e) – катодит (катодная жидкость); (f) – катод; (g) – пластиковая опора; (h) – пластиковая емкость

Рисунок 2 – Установка для ускоренного испытания миграции хлоридов

После каждого отбора проб раствора хлористого натрия из стакана и дистиллированной воды из эксикатора они пополнялись на отобранный объем и концентрации, соответствующей результатам анализа по данным испытания.

По результатам химического анализа проб внутреннего и наружного растворов строится кривая изменения концентраций ионов хлора во времени и рассчитывается коэффициент диффузии ионов хлора для исследуемого материала стакана и исходной концентрации раствора хлористого натрия.

Полученные результаты диффузионной проницаемости ионов хлора через цементный камень из теста нормальной густоты принимались за контрольные для сравнения диффузионной проницаемости материала другого состава и структуры.

По вышеприведенной методике выполнялись исследования диффузионной проницаемости цементного камня с суперпластифицирующей добавкой при водоцементном отношении, равном водоцементному отношению цементного теста без добавки и на образцах из цементного теста с суперпластифицирующей добавкой с консистенцией, равной контрольным образцам (Кнг). Принята гипотеза о том, что диффузионная проницаемость цементного камня с одинаковой пористостью, но в присутствии высокомолекулярных поверхностно-активных соединений в порах цементного камня, будет различной [3].

**Заключение.** Электрохимия, электрохимические процессы и технологии используются настолько широко во всех отраслях промышленности, что без них невозможно ни существование, ни дальнейшее развитие цивилизации.

Будущее за электрохимическими нанотехнологиями, за покрытиями металлами и сплавами, в том числе содержащими нанодисперсные частицы второй фазы, за покрытиями, состоящими из слоев различных металлов толщиной в тысячные доли микрона, за композиционными электрохимическими покрытиями. Все эти покрытия позволяют придать покрываемым изделиям совершенно новые уникальные свойства, которые другими методами получить невозможно.

Широкое применение получили электрохимические методы защиты от коррозии различных видов аппаратуры, сооружений и машин, работающих в агрессивных средах, подземных газо- и нефтепроводов, химической аппаратуры, корпусов судов, автомобилей и т. д. Для этого используются методы катодной, анодной и протекторной защиты.

Химические источники тока – обширный раздел электрохимии, посвященный вопросам разработки различных систем гальванических элементов, аккумуляторов, электрохимических генераторов, а также технологий их изготовления. Назначение их крайне разнообразно – от жизнеобеспечения космических станций, питания двигателей подводных лодок и радиоаппаратуры, до питания наручных часов и

вживления в тело человека для стимулирования его сердечной деятельности. Практически все цветные металлы (алюминий, медь, никель, свинец, цинк, кадмий, магний, натрий, калий, другие редкие металлы и сплавы), ежегодное производство которых составляет около 30 млн тонн, или получают, или очищаются электрохимическим путем. К этой же технологии можно отнести получение фольги и порошков цветных металлов.

Электрические явления играют большую роль в функционировании живых организмов: они отвечают за генерацию и распространение нервных импульсов, возникновение трансмембранных потенциалов и т. д. Различные электрохимические методы применяются для изучения биологических систем и их компонентов. Представляет интерес и изучение действия света на электрохимические процессы. Так, предметом фотоэлектрохимических исследований являются генерация электрической энергии и инициация химических реакций под действием света, что весьма существенно для повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую. Здесь обычно используются полупроводниковые электроды из диоксида титана,

сульфида кадмия, арсенида галлия и кремния. Еще одно интересное явление – электрохемилюминесценция, т.е. генерация света в электрохимической ячейке. Оно наблюдается, когда на электродах образуются высокоэнергетические продукты. Часто процесс проводят в циклическом режиме, чтобы получить как окисленную, так и восстановленную формы данного соединения. Взаимодействие их между собой приводит к образованию возбужденных молекул, которые переходят в основное состояние с испусканием света [2].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воюцкий, С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий – Москва: Химия, 1964. – 574 с.
2. Киреев, В.А. Краткий курс физической химии / В.А. Киреев – Москва: Химия, 1978. – 620 с.
3. Левчук, Н.В. Модифицирование портландцементных систем коллоидальным гидроксидом алюминия: диссертация кандидата технических наук: 05.23.05 / Н.В. Левчук – Брест, 2006. – 103 с.

Материал поступил в редакцию 20.04.2016

#### LEVCHUK N.V., NOVOSELTSEVA A.G. The use of electrochemical processes for hydraulic concrete and analysis of their quality

The article describes the electrochemical processes used in various industries, in particular the methods of use of electrolysis processes in the study of the properties of building materials.

УДК 628.544

Яловая Н.П., Корнейчик А.Н.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРОТОЧНОГО ТИПА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА Г. БРЕСТА

**Введение.** Дождевые воды ливневой канализации формируются атмосферными осадками, водой от мойки территории, притоком грунтовых вод. Многообразие сточных вод, режимов поступления и других факторов приводит к сложному и переменному их составу.

Дождевые, талые и поливочные воды, стекающие с застроенных территорий, до недавнего времени считались не представляющими серьезной опасности для водных объектов. Отведение их представлялось необходимым лишь по соображениям благоустройства территории. Однако дождевые и талые воды, отводимые с застроенных территорий, значительно загрязнены и не могут сбрасываться в водные объекты без определенных ограничений. Во многих случаях ливневые сточные воды являются одним из основных источников загрязнения водоемов. Поэтому организованный отвод с последующим обезвреживанием дождевых и талых вод в настоящее время является не только инженерной, но и санитарной необходимостью. Увеличение площадей урбанизированных территорий приводит к возрастанию объема ливневого стока, что, в свою очередь, приводит к нарастанию загрязнения и негативного эффекта на окружающую среду.

Атмосферные осадки, извлекая содержащиеся в атмосфере примеси, способствуют очищению атмосферы и служат тем самым одним из источников загрязнения поверхностного стока многими неорганическими загрязнителями, доля поступления которых с этим источником может составлять 15–60 % от их суммарного количества в поверхностном стоке. Однако основное количество загрязняющих веществ поступает в атмосферные осадки при их стекании с поверхности городской территории. Загрязняющие вещества смываются в ливневые сточные воды с поверхности дорог и крыш и являются продуктами коррозии кровельных материалов, выхлопов автомобилей с различными типами двигателей, результатом нерационального использования бытовых химикатов, пестицидов, удобрений и т. п., а также элементами песчано-солевой смеси, используемой в зимний период для предотвращения оледенения дорог. Характерными загрязняющими веществами в составе поверхностного стока являются взвешенные и растворимые органические и неорганические вещества, такие как нефтепродукты, азот аммонийный, фосфаты, железо общее,

синтетические поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы (цинк, свинец, медь, кадмий, хром, никель).

Многообразие факторов, влияющих на содержание загрязняющих веществ в поверхностном стоке, их непосредственные количественные соотношения на каждом водосборе усложняют установление химического состава этой категории сточных вод и разработку мероприятий по их обезвреживанию. По данным зарубежных исследований, накопление загрязнений на поверхности дорог в среднем для городов составляет 395 кг на 1 км дороги, причём в промышленных районах, накопление вдвое превышает средний показатель для города [1].

**Выбор оптимального метода очистки поверхностного стока.** С учетом сложности процесса формирования поверхностного стока и большого числа факторов, оказывающих влияние на его состав, выбор оптимального метода очистки должен предусматривать решение ряда вопросов:

- 1) возможность достижения требуемого уровня очистки данным методом и эффективности метода для достижения заданного уровня очистки;
- 2) стоимость данного метода и стоимость эксплуатации и технического обслуживания требуемых сооружений;
- 3) особенности водосборной территории;
- 4) учет имеющихся ограничений (наличие свободных территорий, доступность для служб технического обслуживания и т.п.);
- 5) социальные вопросы (эстетика, безопасность);
- 6) возможности смягчить другие последствия урбанизации, случайные воздействия на окружающую среду и текущее состояние створа и водосбора.

Поэтому при проектировании мероприятий по управлению поверхностным стоком в городе Бресте необходимо учитывать особенности города. Система ливневой канализации г. Бреста имеет 26 выпусков, большинство из которых сбрасывают сток непосредственно в р. Мухавец (лишь небольшой процент поверхностного стока подвергается очистке). В водах р. Мухавец наблюдается постоянное загрязнение нефтепродуктами [2]. Кроме того, в зимний период серьезную проблему представляют хлориды и взвешенные вещества за