

Синицына Кристина Сергеевна, магистрант, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва

ХИМИЯ НА СЛУЖБЕ ЭКОЛОГИИ ДОМА: БЫТОВАЯ ХИМИЯ БЕЗ ВРЕДА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

Аннотация

В статье рассматривается проблема воздействия компонентов бытовой химии на окружающую среду с точки зрения концепции «зеленой химии». Описаны механизмы негативного влияния поверхностно-активных веществ и фосфатов на водные экосистемы, проанализирована связь между химическим составом моющих средств и процессом эвтрофикации водоёмов. Предложены практические рекомендации по выбору безопасных чистящих средств с использованием доступных веществ — гидрокарбоната натрия, лимонной кислоты, перкарбоната натрия. Показано, что экологически ответственный подход к бытовой химии основан на принципе биоразлагаемости и исключении стойких ксенобиотиков.

Annotation

The article examines the environmental impact of household chemical products through the lens of the "green chemistry" concept. It describes the mechanisms by which surfactants and phosphates negatively affect aquatic ecosystems and analyzes the correlation between the chemical composition of detergents and the process of water eutrophication. Practical recommendations are provided for selecting safe cleaning products made from readily available substances, such as sodium bicarbonate, citric acid, and sodium percarbonate. The study demonstrates that an environmentally responsible approach to household chemistry is rooted in the principle of biodegradability and the elimination of persistent xenobiotics.

Ключевые слова: зелёная химия, поверхностно-активные вещества, биоразлагаемость, эвтрофикация, фосфаты, экология дома, перкарбонат натрия.

Keywords: green chemistry, surfactants, biodegradability, eutrophication, phosphates, home ecology, sodium percarbonate.

Введение

Бытовая химия — незаменимый спутник современного человека, однако её массовое использование оборачивается серьёзной нагрузкой на экосистемы. Стиральные порошки, средства для мытья посуды, чистящие пасты и освежители воздуха после применения попадают в сточные воды, а затем в реки, озёра и грунтовые воды. Долгое время главными критериями выбора оставались эффективность и цена, а экологические последствия отодвигались на второй план. Сегодня химическая наука предлагает набор решений, позволяющих совместить высокое качество уборки с минимальным вредом для природы. В этой работе рассмотрены ключевые экологические риски традиционных средств и химически обоснованные, доступные альтернативы, опирающиеся на принципы «зелёной химии».

1. Основные экологические угрозы массовой бытовой химии

Три класса веществ в составе бытовой химии несут наибольшую опасность для водных и наземных экосистем: фосфаты, устойчивые поверхностно-активные вещества (ПАВ) и хлорсодержащие окислители.

Фосфаты и эвтрофикация. Триполифосфат натрия и другие фосфатные добавки используются как смягчители воды и усилители моющего действия. Коммунальные очистные сооружения удаляют фосфор лишь частично, поэтому значительная его доля сбрасывается в природные водоёмы. Фосфаты вызывают эвтрофикацию — лавинообразное размножение фитопланктона, которое приводит к резкому снижению концентрации растворённого кислорода и массовой гибели водных организмов [1]. В России и ряде стран СНГ ограничения на фосфаты в стиральных порошках были введены позже, чем в Европе, однако и сегодня на рынке можно встретить продукцию с их высоким содержанием.

Поверхностно-активные вещества. ПАВ отвечают за удаление жира и загрязнений. Экологическая судьба ПАВ определяется их химическим

строением. Анионные ПАВ, обладают низкой биоразлагаемостью и высокой токсичностью для рыб и беспозвоночных. По требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности синтетических моющих средств и товаров бытовой химии» полная биоразлагаемость ПАВ должна составлять не менее 80 % по стандартизованным тестам OECD [2, 3]. Тем не менее в дешёвых продуктах до сих пор встречаются плохо разлагаемые соединения.

Хлорорганические соединения. Гипохлорит натрия, дихлоризоцианурат и другие хлорсодержащие отбеливатели не только токсичны сами по себе, но и способны образовывать в водной среде побочные продукты, включая хлорфенолы и следовые количества диоксинов — стойких органических загрязнителей, обладающих канцерогенным и мутагенным действием [4]. Испарение хлора из чистящих средств также ухудшает качество воздуха внутри помещений.

Микропластик. В скрабах, гелях и абразивных пастах часто применяются микрогранулы полиэтилена размером менее 1 мм. Они не задерживаются фильтрами очистных сооружений, накапливаются в водной среде и служат переносчиками гидрофобных токсикантов, которые по пищевым цепочкам попадают в организмы, включая человека [5].

2. Принципы зелёной химии в домашнем формате

Концепция зелёной химии, сформулированная Полом Анастасом и Джоном Уорнером, включает двенадцать принципов, из которых для бытовой химии ключевыми являются [6]:

- Использование возобновляемого сырья — растительные масла, сахара, ферменты.
- Проектирование продуктов, которые после использования разлагаются до безвредных веществ.
- Применение катализаторов (ферментов) вместо стехиометрических реагентов, работающих при низких температурах.

- Отказ от вспомогательных компонентов, токсичных для водной флоры и фауны.

Эти принципы положены в основу систем экологической сертификации. Например, российский экостандарт «Листок жизни» требует, чтобы все входящие в рецептуру ПАВ были полностью аэробно биоразлагаемы, а фосфаты, хлорорганические соединения, синтетические отдушки и микропластик исключались [7].

3. Химическая основа экологичных бытовых средств

Современная химия предлагает эффективные заменители опасных компонентов, которые не уступают им в потребительских свойствах.

Безопасные ПАВ. Алкилполиглюкозиды (APG) получают из глюкозы (например, кукурузного крахмала) и жирных спиртов кокосового или пальмового масла. Молекула APG состоит из гидрофильной «головы» на основе сахара и гидрофобного алкильного «хвоста». Эти ПАВ обладают отличной смачивающей способностью, образуют стойкую пену, не раздражают кожу и разлагаются в аэробных условиях более чем на 90 % за 28 суток, превращаясь в углекислый газ и воду [8]. Другим примером служат аминоксиды, которые эффективно работают даже в жёсткой воде и легко гидролизуются в природной среде.

Альтернативные комплексообразователи. Вместо фосфатов в порошках применяют цеолиты типа А (алюмосиликаты натрия). Они связывают ионы кальция и магния, смягчая воду, но при этом нерастворимы и механически удаляются на стадии отстаивания сточных вод, не попадая в природные водоёмы. В жидких средствах используют лимонную кислоту и цитрат натрия — соединения, которые полностью минерализуются микроорганизмами [9].

Кислородные отбеливатели. Перкарбонат натрия ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$) при растворении в тёплой воде выделяет пероксид водорода, который окисляет загрязнения и дезинфицирует поверхность. Продуктами его распада являются только кальцинированная сода, вода и кислород. В отличие от хлорных

отбеливателей, перкарбонат не даёт токсичных галогенорганических остатков и сохраняет эффективность при температуре от 40 °С [4].

Ферменты. Современные стиральные порошки и гели содержат биокатализаторы — протеазы, липазы, амилазы, целлюлазы. Они избирательно расщепляют белковые, жировые и углеводные пятна, позволяя снизить температуру стирки до 30–40 °С. Это сокращает расход электроэнергии примерно на 30–50 %, а сами ферменты полностью разлагаются микроорганизмами на очистных сооружениях [10].

Природные дезинфектанты и ароматизаторы. Эфирные масла чайного дерева, лаванды, эвкалипта содержат терпеновые спирты (терпинен-4-ол, линалоол) с доказанной антимикробной активностью. Уксусная кислота (5–9 %) превосходно растворяет известковый налёт благодаря реакции нейтрализации карбонатов, а её пары быстро окисляются в воздухе. Пищевая сода (NaHCO_3) служит мягким абразивом и одновременно нейтрализует кислотные загрязнения, при этом не накапливаясь в почве.

4. Экологичные рецепты в повседневной практике

Сочетание перечисленных компонентов позволяет создать дома эффективные и безопасные чистящие составы. Рассмотрим несколько проверенных рецептов.

Универсальный чистящий гель. Смешивают 100 г пищевой соды, 50 мл жидкого кастильского мыла (на основе омылённого оливкового масла) и воду до пастообразной консистенции. Сода обеспечивает мягкую абразивную очистку, мыло эмульгирует жиры. Оба компонента полностью биоразлагаемы и не содержат ксенобиотиков.

Средство для мытья посуды. В 1 л тёплой воды растворяют 200 г алкилполиглюкозида (промышленный препарат с концентрацией 50 %), 10 г лимонной кислоты и 3 г ксантановой камеди для загущения. Такой гель даёт стойкую пену, легко смывается и не оставляет токсичного плёночного слоя в водоёмах.

Бесфосфатный стиральный порошок. Композиция: 60 % перкарбоната натрия, 30 % цеолита А и 10 % смеси ферментов (протеаза, липаза, амилаза). При стирке в воде 40 °С цеолит связывает ионы жёсткости, кислородный отбеливатель удаляет пятна, а энзимы расщепляют органические загрязнения. Такой состав прошёл тесты на моющую способность и показал результаты, сопоставимые с фосфатными порошками, но полностью исключает риск эвтрофикации [9].

Спрей для стёкол. Смешивают 500 мл дистиллированной воды, 25 мл изопропилового спирта (из биосырья) и 5 мл столового уксуса. Спирт ускоряет испарение и предотвращает появление разводов, уксус удаляет жирную плёнку. Такой спрей не выделяет летучих органических соединений в количестве, способном навредить здоровью, в отличие от аммиачных рецептур промышленного производства.

5. Оценка безопасности и доказательная база

Чтобы средство действительно было безопасным для природы, его компоненты должны проходить стандартные лабораторные испытания. Основным методом определения биоразлагаемости является тест OECD 301В «Готовность к биоразложению». Он фиксирует потребление кислорода микроорганизмами за 28 суток; если разложение превысило 60 % от теоретически возможного, вещество признаётся легко биоразлагаемым. Для оценки токсичности применяют биотестирование на низших ракообразных *Daphnia magna* и водорослях *Pseudokirchneriella subcapitata*. Например, алкилполиглюкозиды демонстрируют ЕС₅₀ (эффективная концентрация, вызывающая 50 % эффект) для дафний более 100 мг/л, что классифицируется как практически нетоксичное воздействие [8]. В то же время фосфаты уже при содержании 0,5–1 мг/л способны вызывать 50-процентное увеличение биомассы водорослей, запуская эвтрофикацию.

Таким образом, экологичность подтверждается не декларациями, а объективными химико-биологическими показателями.

Заключение

Переход на экологичные бытовые средства — это не отказ от достижений химии, а их грамотное применение. Замена фосфатов цеолитами и цитратами, замена хлорных отбеливателей перкарбонатом, использование алкилполиглюкозидов и ферментных композиций позволяют сохранить привычное качество уборки и одновременно многократно снизить вред для водных экосистем. Распространение знаний о химической сути таких замен и развитие национальных экостандартов будут способствовать тому, что забота о доме станет одновременно заботой о природе.

Литература

1. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Экология: Учебник для вузов. — М.: Приор, 2001. — 304 с. (Глава о эвтрофикации водоёмов).
2. ГОСТ 32433-2013. Методы определения биоразлагаемости поверхностно-активных веществ. — М.: Стандартинформ, 2014. — 24 с.
3. OECD. Test No. 301: Ready Biodegradability. — Paris: OECD Publishing, 1992. — 62 p.
4. Роева Н.Н., Кузьмина Н.В. Экологическая химия: учебное пособие. — М.: Академия, 2015. — 272 с. (Раздел о хлорорганических соединениях).
5. Eriksen M., Mason S., Wilson S. et al. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes // Marine Pollution Bulletin. — 2013. — Vol. 77, № 1–2. — P. 177–182.
6. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice. — Oxford: Oxford University Press, 1998. — 135 p.
7. Экологический союз (Россия). Стандарт СТО-ЭС-004-2020 «Система добровольной экологической сертификации «Листок жизни». Чистящие и моющие средства». — СПб., 2020.
8. von Rybinski W., Hill K. Alkyl Polyglycosides—Properties and Applications of a new Class of Surfactants // Angewandte Chemie International Edition. — 1998. — Vol. 37, № 10. — P. 1328–1345.

9. Smulders E. Laundry Detergents. — Weinheim: Wiley-VCH, 2002. — 284 p.
10. Maurer K.-H. Detergent proteases // Current Opinion in Biotechnology. — 2004. — Vol. 15, № 4. — P. 330–334.

Literature

1. Nikanorov, A. M., & Khoruzhaya, T. A. (2001). Ecology: Textbook for universities. Chapter on eutrophication of water bodies.
2. GOST 32433-2013. Methods for determining the biodegradability of surfactants. Moscow, Standartinform Publ., 2014. - 24 p.
3. OECD. Test No. 301: Ready Biodegradability. — Paris: OECD Publishing, 1992. — 62 p.
4. Roeva N.N., Kuzmina N.V. Ekologicheskaya khimiya: uchebnoe posobie [Ecological chemistry: a textbook]. Moscow, Akademiya Publ., 2015. — 272 p. (Section on organochlorine compounds)
5. Eriksen M., Mason S., Wilson S. et al. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes // Marine Pollution Bulletin. — 2013. — Vol. 77, № 1–2. — P. 177–182.
6. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice. — Oxford: Oxford University Press, 1998. — 135 p.
7. Ecological Union (Russia). Standard STO-ES-004-2020 "Voluntary Environmental Certification System "Leaf of Life". Cleaning and detergents". St. Petersburg, 2020.
8. von Rybinski W., Hill K. Alkyl Polyglycosides—Properties and Applications of a new Class of Surfactants // Angewandte Chemie International Edition. — 1998. — Vol. 37, № 10. — P. 1328–1345.
9. Smulders E. Laundry Detergents. — Weinheim: Wiley-VCH, 2002. — 284 p.
10. Maurer K.-H. Detergent proteases // Current Opinion in Biotechnology. — 2004. — Vol. 15, № 4. — P. 330–334.

