

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИТО-ОЧИСТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ КСЕНОБИОТИКОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РОССИИ

USE OF CONSTRUCTED WETLANDS FOR XENOBIOTICS REMOVAL IN CLIMATIC CONDITIONS OF RUSSIA

Фито-очистные системы (англ.: constructed wetlands, treatment wetlands) активно используются для очистки сточных вод во многих странах по всему миру. Данные системы обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными системами очистки. Они менее энергозатратны, встроены в естественный ландшафт, не требуют больших экономических вложений, достаточно просты в эксплуатации и удаляют достаточно широкий спектр загрязняющих веществ, являясь при этом одними из немногих очистных систем, способных к обезвреживанию ксенобиотиков. На основе литературных источников была накоплена база данных по эффективности разложения ксенобиотиков в фото-очистных системах. В статье описаны условия разложения ксенобиотиков (температура, нагрузка, растительность) в зависимости от технологических особенностей системы. Проанализированы географические условия России в зависимости от возможности размещения тех или иных типов фото-очистных систем.

Constructed wetlands (CW) are widely used for wastewater treatment in many countries around the world. CW have several advantages over conventional treatment plants. They are less energy-intensive, embedded in the natural landscape, do not require large maintenance costs and are one of the few treatment systems capable of xenobiotics degradation. A database of xenobiotics decomposition efficiency has been accumulated on the basis of the literature. This article describes the conditions of xenobiotics decomposition (temperature, filling, vegetation), depending on the technological features of CW. Geographical conditions of Russia, depending on the possibilities for accommodation of certain types of CW were analyzed.

К.Ю. Рыбка*, аспирант, ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук

Н.М. Щеголькова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук

Д.С. Алмашин, аспирант, ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук

А.К. Скрипчинский, аспирант, ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук

Rybka K., Shchegolkova N., Almashin D., Skripchinsky A.

Ключевые слова: очистка сточных вод, ксенобиотики, фито-очистные системы

Key words: wastewater treatment, xenobiotics, constructed wetlands

* **Адрес для** корреспонденции: kseniarybka@gmail.com

В последнее время всё большую роль в загрязнении биосферы играют поллютанты антропогенного происхождения. Многие из этих веществ накапливаются в количествах, значительно превышающих возможности природных механизмов их разложения. В результате буферная система природы не справляется с обезвреживанием всего потока антропогенных загрязнителей. Большую опасность представляют ксенобиотики — в большинстве своём искусственные, синтезированные человеком вещества, чужеродные для природных экосистем, не входящие в биотические циклы и вызывающие нарушение естественных биологических процессов. На данный момент известно огромное количество ксенобиотиков, и их количество постоянно растёт. К ним относятся различные пестициды и фунгициды, синтетические ПАВ, пластификаторы и растворители, фармацевтические и косметические средства, красители, нефтепродукты и другие вещества, обладающие различной химической природой. Многие из них токсичны даже на уровне микропримесей. Многие ксенобиотики проявляют мутагенную, канцерогенную, аллергенную и тератогенную активности.

Ксенобиотики промышленного, бытового и сельскохозяйственного происхождения поступают в окружающую среду вместе со сточными водами. Удаление ксенобиотиков из природных и сточных вод в настоящее время является серьёзной проблемой. Традиционные методы очистки не способны обеспечить необходимую эффективность, в связи с чем используются сложные биомембранные и биосорбционные технологии [1], обладающие довольно высокой стоимостью и не решающие проблему дальнейшей утилизации отработанных элементов и полученных в процессе очистки отходов.

Тем не менее, разложение ксенобиотиков может происходить в фито-очистных системах (ФОС) — неглубоких искусственных водоёмах, засаженных высшей водной растительностью [2]. Существует 4 основных типа ФОС [3]:

1. с открытой водной поверхностью;
2. с горизонтальным подповерхностным потоком;
3. с вертикальным подповерхностным потоком;
4. гибридные.

Технология фито-очистных систем («constructed wetlands», «treatment wetlands») успешно используется в Европе, Америке,

Азии и Австралии уже несколько десятков лет [4-7]. По сравнению с обычными системами очистки ФОС обладают рядом преимуществ: они удаляют широкий спектр загрязняющих веществ (причем эффективность очистки с течением времени увеличивается), малозатратны, имеют эстетичный внешний вид. Однако в России эта технология не развита в связи с недостатком теоретического и экспериментального материала по использованию подобных систем в климатических условиях нашей страны. В данной статье сделан обзор имеющихся научных исследований по разложению ксенобиотиков в ФОС и микробиологических процессов их разложения, а также произведена оценка возможных зон размещения ФОС различного типа на территории РФ.

Процессы разложения ксенобиотиков в ФОС

По устойчивости к разложению в окружающей среде ксенобиотики можно разделить на три группы [8]:

1) легко поддающиеся биоразложению (некоторые фракции нефти, спирты, альдегиды и т.д.);

2) персистентные ксенобиотики, разлагающиеся крайне медленно (хлорорганические пестициды);

3) рекальцитрантные ксенобиотики, практически не разлагающиеся в природных средах (тяжелые металлы и радионуклиды).

Большинство процессов деградации органических ксенобиотиков имеет биологическое происхождение (рис. 1), а основными деструкторами ксенобиотиков в природных средах являются микроорганизмы (бактерии и грибы). Некоторые ксенобиотики первой группы полностью минерализуются до диоксида углерода и воды, а также аммиака, фосфатов и сульфатов (в зависимости от состава исходных соединений) в ходе таких процессов как окисление, денитрификация, метаногенез и сульфатредукция. Эти вещества используются микроорганизмами в качестве росто-



Рис. 1. Пути биологической трансформации ксенобиотиков.

Таблица 1

Некоторые ксенобиотики и разлагающие их бактерии [по 9 с дополнениями]

Ксенобиотики	Разлагающие бактерии	Ссылки
Пестициды		
Соединения эндо-сульфана	Mycobacterium sp.	[10]
Соединения эндо-сульфата	Arthrobacter sp.	[11]
ГХЦГ	Pseudomonas putida	[12]
2,4-Д	Alcaligenes eutrophus	[13]
ДДТ	Dehalospirillum multivorans	[14]
Галогенированные органические соединения		
Винилхлорид	Dehalococcoides sp.	[15]
Агразин	Pseudomonas sp	[16]
ПАУ		
Нафталин	Pseudomonas putida	[17]
ПХФ	Pseudomonas sp.	[18]
1,4-дихлорбензол	Alcaligenes sp.	[13]
2,3,4-хлоранилин	Pseudomonas sp.	[19]
2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота	Pseudomonas sp	[20]
Флуорантен	Pseudomonas cepacia AC1100	[21]
Пирен	MycobacteriumPYP-1 Sphingomonas paucimobilis	[22] [17]
Фталаты	BurkholderiacepaciaDBO1	[23]
Нефтепродукты	Achromobacter sp. Acinetobacter sp. Micrococcus sp. Nocardia sp. Bacillus sp. Flavobacterium sp.	[24]
Азокрасители	Bacillus sp. Pseudomonas sp. Sphingomonas sp. Xanthomonas sp.	[25] [26] [26] [27]
Диоксины	Dehalococcoides sp.	[28]
Бензол	Dechloromonas sp	[29]

вых субстратов и проходят полный метаболический цикл. Трансформация ксенобиотиков второй группы происходит, в основном, в процессах кометаболизма или соокисления, образуемые при этом продукты не включаются в метаболический цикл. Наконец, некоторые ароматические углеводороды и синтетические полимеры практически не поддаются биологической трансформации.

В ФОС разложение ксенобиотиков осуществляется за счёт деятельности двух составляющих: микробиологической и растительной.

Роль микробиологической составляющей в разложении ксенобиотиков в ФОС

Установлено, что к разложению ксенобиотиков способны бактерии различных родов —

как грамположительные, так и грамотрицательные [9]. По исследованиям микробиологов одно из первых мест по расщеплению органических ксенобиотиков занимают псевдомонады (*табл. 1*). Следует отметить, что большинство приведенных в *табл. 1* организмов были обнаружены методами культивирования на селективных питательных средах, тогда как большая часть микроорганизмов некультивируема. Их идентификация начата с началом широкого применения метагеномных исследований в последние 10 лет.

В ФОС открытого типа наибольшая эффективность разложения ксенобиотиков наблюдается в придонном слое, а в остальных типах ФОС — в ризосфере.

Это объясняется насыщенностью ризосферы ассоциативными и симбиотическими микроорганизмами. Кроме того, в ФОС наблюдается чередование в пространстве анаэробных и аэробных условий, что способствует разложению ксенобиотиков (*табл. 2*).

В анаэробных условиях продуктами деградации многих органических ксенобиотиков являются CH_4 и CO_2 .

Основными процессами, в результате которых ксенобиотики подвергаются первичной деструкции под действием микроор-

Таблица 2

Биодоступность некоторых ксенобиотиков в аэробных и анаэробных условиях [по 30]

Загрязняющее вещество	Биодоступность	
	аэробные условия	анаэробные условия
Сырая нефть	±	–
Нефтепродукты		
бензин	+	–
керосин	+	–
дизельное топливо	±	–
мазут	±	–
машинное масло	–	–
Ароматические углеводороды (бензол, толуол и др.)	+	±
Фенолы	+	+
Фталаты	±	±
Полиароматические углеводороды		
лёгкие (2-3 ароматических кольца в молекуле)	±	±
тяжёлые (4-5 ароматических колец в молекуле)	–	–
Хлорированные углеводороды		
алифатические	±	±
моно- и дихлорбензолы	+	–

Загрязняющее вещество	Биодоступность	
	аэробные условия	анаэробные условия
три-, тетра- и гексахлорбензолы	±	–
Анилин	±	–
Нитробензол	±	–
Пентахлорфенол	–	±
Полихлорированные бифенилы	–	–
ДДТ	–	–
Гептахлор	–	–
Трихлорэтилен	–	±
Тетрахлорэтилен	–	±
Винилхлорид	±	–

Примечание: + – хорошая, ± – умеренная, – – низкая.

Таблица 3

Основные процессы микробиологической деструкции ксенобиотиков

Процесс	Условия	Соединение, подвергаемое деструкции
Восстановление	Анаэробные	Альдегиды и кетоны, ароматические нитро-, нитрозо- и азогруппы, органосульфонатные группы, дисульфиды, диоксины, алкены и алкины
	Аэробные	Нитрогруппы
Окисление	Аэробные	Анилин, ненасыщенные жирные кислоты, крезолы, толуол, углеводороды с метильной группой, алканы и циклоалканы, ненасыщенные алифатические соединения (алкены и алкины), фенол, бензол
	Анаэробные	Фенол, метан
Дегградация	Аэробные и анаэробные	Пестициды, ПАВ, азот- и серосодержащие соединения: эфиры, фосфатные и полифосфатные группы, амиды, гидразиды, нитрилы
Дегалогенирование (восстановительное и окислительное)	Анаэробные и анаэробные	Хлорорганические пестициды, хлорированные органические кислоты и углеводороды (ДДТ, 2,4-Д)

ганизмов, являются восстановление, окисление, дегградация (разложение сложных соединений до простых) и дегалогенирование [30]. Все эти процессы могут протекать как в аэробных, так и в анаэробных условиях (табл. 3).

Роль растительной составляющей в разложении ксенобиотиков в ФОС

К ключевым механизмам разложения ксенобиотиков в ФОС относят 4 процесса: фитостабилизация, фитоаккумуляция, метаболизация, фитоиспарение.

Первые два механизма позволяют удалять, в основном, токсичные металлы. На те-

кущий момент известно 418 видов растений, являющихся аккумуляторами тяжелых металлов (в том числе 318 видов способны накапливать никель) [31]. Однако недавние исследования показали, что помимо микроэлементов растения способны аккумулировать органические загрязнители. Например, в работе [32] было показано, что в побегах ризовидки Таля (*Arabidopsis thaliana*) может накапливаться до 300 нг атразина. Выявлено, что некоторые гидрофиты (*Azolla filiculoides*, *Lemna minor* и *Pistia stratiotes*) накапливали лекарственные препараты ветеринарного применения – сульфадиметоксин (антибиотик семейства сульфаниламидов) и флуменкин (антибиотик семейства хинолонов). Эффективность очистки растениями варьируется между 60 и 98 %. Верхний предел был зафиксирован, например, для наиболее эффективных по очистке видов азоллы (*Azolla sp.*), которые могут накапливать до 2000 мг сульфадиметоксина на один кг сухого вещества [33].

В процессе фитоиспарения загрязняющие вещества переходят в газообразное состояние и улетучиваются в результате процесса фотосинтеза. Например, в работе [34] описывается испарение 2,6-диметилфенола (микрзагрязнитель, образующийся в процессе производства лаков, смол и антиоксидантов) водной мятой (*Mentha aquatica*), а также трихлорэтилена, хлорбензола и 1,2-дихлорбензола с помощью ириса (*Iris pseudacorus*). Растения могут также испарять некоторые пестициды, например, фунгицид фенпропиморф [35].

Роль растительно-микробиологического сообщества в разложении ксенобиотиков в ФОС

Однако, гораздо важнее те процессы, которые осуществляются в сообществе «растение – ризосферные микроорганизмы». Растения и микроорганизмы в ФОС составляют вместе весьма эффективную систему по очистке стоков от ксенобиотиков. Более 40 % продуктов фотосинтеза (сахара, флавоноиды и др.), продуцируемых водными растениями, способны секретироваться в ризосферу [36]. Эти соединения являются важным субстратом для поддержания богатого микробиоценоза в ФОС. В дополнение к сахарам и органическим кислотам, которые являются источниками энергии для микроорганизмов, некоторые продукты фотосинтеза биохимически стимулируют микробные сообщества, разлагающие поллютанты [37]. Например, некоторые ферменты (моноок-

сигеназы, лакказы, трансферазы) способны разрушать устойчивые химические соединения (ПАУ, полихлорированные бифенилы (ПХБ), пестициды) [38]. Известно, что фермент лакказы, секретируемый корнями хлопчатника (*Gossypium arboreum*), катализирует окисление фенольных соединений, таких как 2,4,6-трихлорфенол [39]. Некоторые органические фосфаты также могут разлагаться ферментами (фосфатазами), производимыми водными растениями (*Spirodela polyrhiza*). Известно, что дегалогеназы, выделяемые тополем (*Populus sp.*), способны разлагать ПХБ и ДДТ [36]. Недавно было показано, что в ФОС с тростником (*Phragmites australis*), деградация пирена и бисфенолов была значительно выше, чем в аналогичной системе без тростника [40]. Также есть информация по растительной утилизации остатков лекарственных препаратов. Примеры накопления антибиотиков в корнях растений известны не только для ФОС. Например, в работе

[41] показано, что горох (*Phaseolus vulgaris*) является одним из видов, которые накапливают в корнях энрофлоксацин (антибиотик, применяющийся в ветеринарии) и способен инициировать деградацию молекулы ципрофлоксацина. Также есть сведения, что карбамазепин (противосудорожный препарат) может накапливаться рогозом (*Typha sp.*) и под действием ферментов частично ассимилироваться в ткани его листьев [42].

Эффективность разложения ксенобиотиков в ФОС

Таким образом, в ФОС разложение ксенобиотиков осуществляется за счёт двух главных компонентов, описанных выше — микробиологического сообщества и фотоавтотрофных организмов. Множество исследований показывают, что эффективность разложения некоторых ксенобиотиков в ФОС может достигать 99 % и более. В табл. 4 представлены примеры разложения различных ксено-

Таблица 4

Эффективность разложения некоторых ксенобиотиков в ФОС

Тип ФОС	Температурные условия	Загрузка	Растительность	Ксенобиотик и эффективность его удаления	Ссылка
Гибридная ФОС «St Just constructed wetland» по технологии Zone Libellule©	Умеренный пояс (Франция)	Песок	Тростник (<i>Phragmites australis</i>)	Диклофенак — 86 % Карбамазепин — 47 % Гемфиброзил, парацетамол, биспролол, амитриптилин, бисфенол А, диазинон, дифлуфеникан, кларитромицин, пропиконазол, напроксен, кетопрофен, азитромицин, спирамицин, метопролол, ципрофлоксацин, норфлоксацин, офлоксацин, ателолол, глифосат, пропранолол, диурон, 4-NP1EC, АМРА (альфа-амино-3-гидрокси-5-метил-4-изоксазол-пропионовая кислота) — более 70%. Тербутрин, 4-NP1EO, теofilлин, сульфаметоксазол, ибупрофен, кофеин, нордизапам, имидаклоприд, эритромицин, соталол — от 30 до 70 %. DMSA (димеркапто-янтарная кислота), десэтил тербутилазин, деизопропил атразин, ДЕНР (диэтилгексилфталат), симазин, октилфенол, нонилфенол, салициловая кислота — менее 30 %	[43]
Hsinhai Bridge I и Hsinhai Bridge II Constructed Wetlands (комплексы из 5 и 4 ФОС с открытой водной поверхностью)	Субтропический пояс (Тайвань)			Алкилфенольные полиэтоксилаты: нонилфеноловые диэтоксилаты — 58 %, нонилфеноловые моноэтоксилаты -70 %, нонилфенол — 43 %, октилфенол — 55%	[44]
Модельная каскадная ФОС, состоящая из небольших резервуаров, расположенных на разной высоте	Умеренный пояс (Италия)	Лека (керамзит)	<i>Typhoides arundinacea</i> L. (Moench), <i>Mentha aquatica</i> L. and <i>Carex divisa</i> Hudson	Анионные ПАВ (детергенты) — до 98,8 %	[45]
2 модельные ФОС (HSSF и PRMF — plant root mat filter)	Умеренный пояс (Германия)	Местный материал водоносного горизонта (36 % гравий, 58 % песок)	Тростник (<i>Phragmites australis</i>)	Перхлорэтилен и продукты его разложения — трихлорэтен, дихлорэтен и винилхлорид — до 100 %	[46]

Тип ФОС	Температурные условия	Загрузка	Растительность	Ксенобиотик и эффективность его удаления	Ссылка
Лабораторная ФОС с вертикальной фильтрацией	200С	Гравий и песок	Тростник (<i>Phragmites australis</i>)	Гербициды хлорацетанилиды: ацетохлор — 56 %, алахлор — 53 %, метолахлор — 23 %	[47]
ФОС по очистке дождевых сточных вод с виноградника	Умеренный пояс (Франция)	Гравий	Тростник (<i>Phragmites australis</i>)	Пестициды (глифосат, АМРА (альфа-амино-3-гидрокси-5-метил-4-изоксазол-пропионовая кислота), дитиокарбаматы, металаксил, пириметанил, спироksamин, циазофамид, крезоксим метил, тетраконазол, ципродинил, флудиоксонил, дифеноконазол) — суммарная эффективность 96-98 %	[48]
Гибридная ФОС (VF + HSSF + FWS) по очистке канализационных стоков	Субтропический пояс (Испания), 20-24 0С		Тростник (<i>Phragmites australis</i>)	Лекарственные, косметические средства и бытовые отходы: ибупрофен, ацетаминофен, бисфенол А и тоналид — более 85 %, диклофенак, карбамазепин, триклозан — от 50 до 85 %	[49]
3 системы: SSF ФОС, пруд с плавающими растениями и пруд без растений	Умеренный пояс (Германия), 20 0С	Песок	<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Scirpus sp.</i> и <i>Carex sp.</i>	Фармацевтические препараты: диклофенак — до 82 %, карбамазепин — до 79 %, венлафаксин — до 83 %, сульфаметоксазол — до 70 %, метопролол — до 92 %	[50]
Искусственный пруд и водохранилище	Умеренный пояс (Франция), 12 0С			Исследовалось более 30 пестицидов (например, Кос и DT50), общая эффективность очистки по пестицидам 46 %	[51]
Лабораторная ФОС HSSF (чередование аэробных и анаэробных зон)			<i>Juncus Effusus</i>	Диметилфенол (продукт пиролиза угля, нефтехимической промышленности) — 80 %.	[52]

биотиков в ФОС с указанием типа ФОС, климатических (температурных) условий, загрузки и растительного сообщества.

ФОС в климатических условиях России

В настоящее время технология ФОС практически не применяется в нашей стране. Нами был проведен анализ возможности ис-

пользования различных типов ФОС в климатических условиях РФ. Сделанный нами ранее расчет теплового баланса ФОС [2] показал, что лимитирующими климатическими факторами распространения ФОС являются абсолютный минимум температуры в холодный период и длительность периода с температурой ниже 0°C. В качестве интегрально-



Рис. 2. Районирование территории РФ по возможности применения ФОС различного типа.

го показателя для зонирования РФ по типам ФОС была выбрана сумма активных температур выше 0 °С [53].

По климатическим характеристикам были выделены три зоны, которым соответствуют ФОС различного типа (рис. 2):

- I зона (сумма активных температур 2500-5000 градусов) — здесь возможно размещение всех типов ФОС, включая ФОС открытого типа;
- II зона (сумма активных температур 1500-2500 градусов) — здесь возможно размещение только ФОС подповерхностного потока с защитным мульчирующим слоем толщиной (до 15 см);
- III зона (сумма активных температур менее 1500 градусов) — здесь возможно размещение только ФОС со специальными механизмами защиты от холода, специфичными в каждом конкретном случае.

Необходимо учитывать, что в случае очистки теплых стоков (а это, как правило, все бытовые стоки, стоки ТЭЦ и некоторые промышленные) границы распространения ФОС открытого типа или ФОС без мульчирующего слоя могут быть смещены на север. Например, в г. Москве круглогодично успешно функционируют ФОС открытого типа (габионное очистное сооружение) для

очистки ливневых стоков и теплых стоков с ТЭЦ [54].

Заключение

В состав ФОС входят микробные и растительные сообщества, разлагающие широкий спектр ксенобиотических веществ — пестициды, фунгициды, ПАВ, ПАУ, лекарственные и косметические средства, продукты метаболизма в бытовых стоках, отходы нефтехимической промышленности и другие вещества. Очистка сточных вод от ксенобиотиков происходит в различных типах ФОС, при разной температуре, разных технологических решениях и разных типах растительного сообщества. При этом эффективность процесса разложения во многих случаях достигает 90 % и более.

Согласно проведенному анализу территории РФ, в нашей стране с успехом могут применяться ФОС всех известных ныне технологических типов с учетом климатических особенностей региона.

Работа выполнялась при поддержке гранта Российского научного фонда в рамках проекта «Новые факторы загрязнения водных объектов и меры по снижению его негативного воздействия на качество вод» (соглашение №14-17-00672).

Литература

1. Швецов В.Н. Биосорбционно-мембранная технология восстановления качества подземных вод, загрязненных нефтепродуктами / В.Н. Швецов, В.С. Алексеев, К.М. Морозова, И.И.Смирнова, М.Ю. Семенов // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. №1. С. 30-34.
2. Щеголькова Н.М. Применение фито-систем для очистки сточных вод в России / Н.М. Щеголькова, В. Диас, Е.А. Криксунов, К.Ю. Рыбка // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. №5 (77). С. 20-31. ISSN 2072-2710.
3. Щеголькова Н.М. Природный механизм с техническими элементами: применение фито-систем для очистки сточных вод в разных климатических зонах / Щеголькова Н.М., Рыбка К.Ю., Диас В., Криксунов Е.А. // Вода Magazine. 2015. №1 (78). С. 12-18. ISSN 2220-3532.
4. Vymazal J. Constructed wetlands for wastewater treatment // Water. 2010, V. 2, P. 530-549. ISSN 2073-4441.
5. Babatunde A.O. Constructed wetlands for environmental pollution control: a review of developments, research and practice in Ireland / A.O. Babatunde, Y.Q. Zhao, M. O'Neill, B. O'Sullivan // Environment International. 2008. V. 34 (1). P. 116-126.

References:

1. Shvetsov V.N., Alekseev V.S., Morozova K.M., Smirnova I.I., Semenov M.Iu. Biosorbtsionno-membrannaia tekhnologiya vosstanovleniia kachestva podzemnykh vod, zagriaznennykh nefteproduktami [Biosorption membrane technology for restoring quality of ground waters contaminated by petroleum products]. Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika — Water supply and sanitary engineering, 2013, no. 1, pp. 30-34.
2. Shchegol'kova N.M., Dias V., Kriksunov E.A., Rybka K.Iu. Primenenie fito-sistem dlia ochistki stochnykh vod v Rossii [The use of phyto-systems for wastewater treatment in Russia]. Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie — Water purification. Water treatment. Water supply, 2014, vol. 5 (77), pp. 20-31, ISSN 2072-2710.
3. Shchegol'kova N.M., Rybka K.Iu., Dias V., Kriksunov E.A. Prirodnyi mekhanizm s tekhnicheskimi elementami: primeneniie fito-sistem dlia ochistki stochnykh vod v raznykh klimaticheskikh zonakh [Natural mechanism with technical elements: the use of phyto-systems for wastewater treatment in different climatic zones]. Voda Magazine — Water Magazine, 2015, 1 (78), pp. 12-18, ISSN 2220-3532.
4. Vymazal J. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Water, 2010, vol. 2, pp. 530-549, ISSN 2073-4441.

6. Paul S. (Ed). Workbook for managing urban wetlands in Australia. 1st edn. // Sydney Olympic Park Authority. 2013. 430 p. ISBN 978-0-987-4020-0-4.
7. Sim C.H. The use of constructed wetlands for wastewater treatment // Wetlands International (Malaysia Office). 2003. 24 p.
8. Саловарова В.П. Введение в биохимическую экологию: учеб. пособие / В.П. Саловарова, А.А. Приставка, О.А. Берсенева. Иркутск: Издательство Иркутского государственного университета, 2007. 159 с. ISBN 978-5-9624-0224-6.
9. Sinha S. Microbial transformation of xenobiotics for environmental bioremediation / Sinha S., Chattopadhyay P., Pan I., Chatterjee S., Chanda P., Bandyopadhyay D., Das K. and Sen S.K. // African Journal of Biotechnology. 2009. V. 8 (22). P. 6016-6027.
10. Sutherland T.D. Isolation and characterization of a Myobacterium strain that metabolizes the insecticide endosulfan / Sutherland T.D., Horne I., Russell R.J., Oakeshott J.G. // Applied Microbiology. 2002. V. 93. P. 380-389.
11. Weir K.M. A single moonoxygenase, ese, is involved in the metabolism of the organochlorides endosulfan and endosulphate in an Arthrobacter sp. / Weir K.M., Sutherland T.D., Horne I., Russell R.J., Oakeshott J.G. // Applied and Environmental Microbiology. 2006. V. 72. P. 3524-3530.
12. Benezet H.J. Isomerization of -BHC to -BHC in the environment / Benezet H.J., Matusumura F. // Nature. 1973. №243. P. 480-481.
13. Don R.H. Properties of six pesticide degradation plasmids isolated from Alcaligenes paradoxus and Alcaligenes eutrophus / Don R.H., Pemberton J.M. // Bacteriology. 1981. №145. P. 681-686.
14. Chaudhry G.R. Biodegradation of halogenated organic compounds / Chaudhry G.R., Chapalamadugu S. // Microbiology. 1991. №55. P. 59-79.
15. He J. Detoxification of vinyl chloride to ethene coupled to an anaerobic bacterium / He J., Ritalahti K.M., Yang K.L., Koenigsberg S.S., Löffler F.E. // Nature. 2003. №424. P. 62-65.
16. Bruhn C. The in-vivo construction of 4-chloro-2-nitrophenol assimilatory bacteria / Bruhn C., Batley R.C., Knockmues H.J. // Archives of Microbiology. 1988. №150. P. 171-177.
17. Habe H. Genetics of polycyclic aromatic hydrocarbon degradation by diverse aerobic bacteria / Habe H., Omori T. // Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 2003. №67. P. 225-243.
18. Yen K.M. Genetics of naphthalene catabolism in Pseudomonads / Yen K.M., Serdar C.M. // Critical Reviews in Microbiology. 1988. №15. P. 247-268.
19. Spain J. Degradation of 1,4 dichlorobenzene by a Pseudomonas sp. / Spain J., Nishino S.F. // Applied and Environmental Microbiology. 1987. №53. P. 1010-1019.
20. Latorre J. Microbial metabolism of chloroanilines: enhanced evolution by natural genetic exchange / Latorre J., Reineke W., Knackmuss H.J. Arch. // Microbiology. 1984. №140. P. 159-165.
21. Karns J.S. Metabolism of halophenols by 2,4,5-trichlorophenoxyacetic aciddegrading Pseudomonas cepacia / Karns J.S., Kilbane J.J., Duttagupta S., Chakrabarty A.M. Metabolism of halophenols by 2,4,5-trichlorophenoxyacetic aciddegrading Pseudomonas cepacia. Appl. Environ. Microbiol., 1983, vol. 46, pp. 1176- 1181.
5. Babatunde A.O., Zhao Y.Q., O'Neill M., O'Sullivan B. Constructed wetlands for environmental pollution control: a review of developments, research and practice in Ireland. Environment International, 2008, vol. 34 (1), pp. 116-126.
6. Paul, S. (Ed). Workbook for managing urban wetlands in Australia. 1st edition. Sydney Olympic Park Authority, 2013, 430 p., ISBN 978-0-987-4020-0-4.
7. Sim, C.H. The use of constructed wetlands for wastewater treatment. Wetlands International (Malaysia Office), 2003, 24 p.
8. Salovarova V.P., Pristavka A.A., Berseneva O.A. Vvedenie v biokhimicheskuiu ekologiiu: ucheb. posobie [Introduction to Biochemical Ecology: study guide]. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 2007, 159 p., ISBN 978-5-9624-0224-6.
9. Sinha S., Chattopadhyay P., Pan I., Chatterjee S., Chanda P., Bandyopadhyay D., Das K., Sen S.K. Microbial transformation of xenobiotics for environmental bioremediation. African Journal of Biotechnology, 2009, vol. 8 (22), pp. 6016-6027.
10. Sutherland T.D., Horne I., Russell R.J., Oakeshott J.G. Isolation and characterization of a Myobacterium strain that metabolizes the insecticide endosulfan. Appl. Microbiol., vol. 93, 2002, pp. 380-389.
11. Weir K.M., Sutherland T.D., Horne I., Russell R.J., Oakeshott J.G. A single moonoxygenase, ese, is involved in the metabolism of the organochlorides endosulfan and endosulphate in an Arthrobacter sp. Appl. Environ. Microbiol., 2006, vol. 72, pp. 3524-3530.
12. Benezet H.J., Matusumura F. Isomerization of -BHC to -BHC in the environment. Nature, 1973, no. 243, pp. 480-481.
13. Don R.H., Pemberton J.M. Properties of six pesticide degradation plasmids isolated from Alcaligenes paradoxus and Alcaligenes eutrophus. Bacteriol., 1981, no. 145, pp. 681-686.
14. Chaudhry G.R., Chapalamadugu S. Biodegradation of halogenated organic compounds. Microbiol., 1991, no. 55, pp. 59-79.
15. He J., Ritalahti K.M., Yang K.L., Koenigsberg S.S., Löffler F.E. Detoxification of vinyl chloride to ethene coupled to an anaerobic bacterium. Nature, 2003, no. 424, pp. 62-65.
16. Bruhn C., Batley R.C., Knockmues H.J. The in-vivo construction of 4-chloro-2-nitrophenol assimilatory bacteria. Arch. Microbiol., 1988, no. 150, pp. 171-177.
17. Habe H., Omori T. Genetics of polycyclic aromatic hydrocarbon degradation by diverse aerobic bacteria. Biosci. Biotechnol. Biochem., 2003, no. 67, pp. 225-243.
18. Yen K.M., Serdar C.M. Genetics of naphthalene catabolism in Pseudomonads. CRC Crit. Rev. Microbiol., 1988, no. 15, pp. 247-268.
19. Spain J., Nishino S.F. Degradation of 1,4 dichlorobenzene by a Pseudomonas sp. Appl. Environ. Microbiol., 1987, no. 53, pp. 1010-1019.
20. Latorre J., Reineke W., Knackmuss H.J. Microbial metabolism of chloroanilines: enhanced evolution by natural genetic exchange. Arch. Microbiol., 1984, no. 140, pp. 159-165.
21. Karns J.S., Kilbane J.J., Duttagupta S., Chakrabarty A.M. Metabolism of halophenols by 2,4,5-trichlorophenoxyacetic aciddegrading Pseudomonas cepacia. Appl. Environ. Microbiol., 1983, vol. 46, pp. 1176- 1181.

- A.M. // *Applied and Environmental Microbiology*. 1983. №46. P. 1176-1181.
22. Kanaly R.A. Biodegradation of high-molecularweight polycyclic aromatic hydrocarbons by bacteria / Kanaly R.A., Harayama S. // *Journal of Bacteriology*. 2000. P. 2059-2067.
 23. Chang H.K. Characterization of the phthalate permease ophD from *Burkholderia cepacia* DBO1 / Chang H.K., Zylstra G.J. // *Journal of Bacteriology*. 1999. №181. P. 6197-6199.
 24. Austin B. Numerical taxonomy and ecology of petroleum degrading bacteria / Austin B., Calomiris J.J., Walker J.D., Colwell R.R. // *Applied and Environmental Microbiology*. 1977. №34. P. 60-68.
 25. Dykes G.A. Azoreductase activity in bacteria associated with the greening of instant chocolate puddings / Dykes G.A., Timm R.G., Von H.A. // *Applied and Environmental Microbiology*. 1994. №60. P. 3027-3029.
 26. Stolz A. Basic and applied aspects in the microbial degradation of azo dyes // *Applied and Environmental Microbiology*. 2001. №56. P. 69-80.
 27. Reife A. Pollution prevention in the production of dyes and pigments / Reife A., Freeman H.S. // *Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter*. 2000. №32. P. 56-60.
 28. Bunge M. Reductive dehalogenation of chlorinated dioxins by the anaerobic bacterium *Dehalococcoides ethenogenes* genes sp. strain CBDBI / Bunge M., Adrian L., Kraus A., Lorenz W.G., Andreesen J.R., Gorisch H., Lechner U. // *Nature*. 2003. №421. P. 357-360.
 29. Coates J.D. Anaerobic benzene oxidation coupled to nitrate reduction in pure culture by two strains of *Dechloromonas* / Coates J.D., Chakraborty R., Lack J.G., O'Connor S.M., Cole K.A., Bender K.S., Achenbach L.A. // *Nature*. 2001. №411. P. 1039-1043.
 30. Кузнецов А.Е. Научные основы экобиотехнологии: учебное пособие / Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. М.: Мир, 2006. 504 с.
 31. Hajiboland R. Flora of heavy metal-rich soils in NW Iran and some potential hyper-accumulator and accumulator species / Hajiboland R., Manafi M.H. // *Acta Botanica Croatica*. 2007. №66 (2). P. 177-195.
 32. Sulmon C. Sucrose amendment enhances phytoaccumulation of the herbicide atrazine in *Arabidopsis thaliana* / Sulmon C., Gouesbet G., Binet F., Martin-Laurent F., El Amrani A., Coue I. // *Environmental Pollution*. 2007. №145. P. 507-515.
 33. Forni C. Floating aquatic macrophytes as a decontamination tool for antimicrobial drugs / Forni C., Patrizi C., Migliore L. // *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*. 2006. P. 3-23.
 34. Anteda O.B.B. PhytoVolatilisation of Organic Chemicals // *Soils & Sediments*. 2003. V. 3, No 2. P. 65-71.
 35. Leistra M. Computations on the Volatilization of the fungicide fenpromorph from plants in a wind tunnel / Leistra M., Wolters A. // *Water, Air, and Soil Pollution*. 2004. V. 157. P. 133-148.
 36. Gerhardt K.E. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges / Gerhardt K.E., Huang X., Glick B.R., Greenberg B.M. // *Plant Science*. 2009. No 176. P. 20-30.
 22. Kanaly R.A., Harayama S. Biodegradation of high-molecularweight polycyclic aromatic hydrocarbons by bacteria. *J. bacteriol.*, 2000, pp. 2059-2067.
 23. Chang H.K., Zylstra G.J. Characterization of the phthalate permease ophD from *Burkholderia cepacia* DBO1. *J. Bacteriol.*, 1999, no. 181, pp. 6197-6199.
 24. Austin B., Calomiris J.J., Walker J.D., Colwell R.R. Numerical taxonomy and ecology of petroleum degrading bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1977, no. 34, pp. 60-68.
 25. Dykes G.A., Timm R.G., Von H.A. Azoreductase activity in bacteria associated with the greening of instant chocolate puddings. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1994, no. 60, pp. 3027-3029.
 26. Stolz A. Basic and applied aspects in the microbial degradation of azo dyes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2001, no. 56, pp. 69-80.
 27. Reife A., Freeman H.S. Pollution prevention in the production of dyes and pigments. *Text. Chem. Color Am. Dyes Rep.*, 2000, no. 32, pp. 56-60.
 28. Bunge M., Adrian L., Kraus A., Lorenz W.G., Andreesen J.R., Gorisch H., Lechner U. Reductive dehalogenation of chlorinated dioxins by the anaerobic bacterium *Dehalococcoides ethenogenes* genes sp. strain CBDBI. *Nature*, 2003, no. 421, pp. 357-360.
 29. Coates J.D., Chakraborty R., Lack J.G., O'Connor S.M., Cole K.A., Bender K.S., Achenbach L.A. Anaerobic benzene oxidation coupled to nitrate reduction in pure culture by two strains of *Dechloromonas*. *Nature*, 2001, no. 411, pp. 1039-1043.
 30. Kuznetsov A.E., Gradova N.B. *Nauchnye osnovy ekobiotekhnologii. Uchebnoe posobie [Scientific bases of environmental biotechnology. Study guide]*. Moscow, Mir Publ., 2006, 504 p.
 31. Hajiboland R., Manafi M.H. Flora of heavy metal-rich soils in NW Iran and some potential hyper-accumulator and accumulator species. *Acta Bot. Croat.*, 2007, no. 66 (2), pp. 177-195.
 32. Sulmon C., Gouesbet G., Binet F., Martin-Laurent F., El Amrani A., Coue I. Sucrose amendment enhances phytoaccumulation of the herbicide atrazine in *Arabidopsis thaliana*. *Environmental Pollution*, 2007, no. 145, pp. 507-515.
 33. Forni C., Patrizi C., Migliore L. Floating aquatic macrophytes as a decontamination tool for antimicrobial drugs. *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*, 2006, pp. 3-23.
 34. Anteda O.B.B., PhytoVolatilisation of Organic Chemicals. *Soils & Sediments*, 2003, vol. 3, no. 2, pp. 65-71.
 35. Leistra M., Wolters A. Computations on the Volatilization of the fungicide fenpromorph from plants in a wind tunnel. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2004, vol. 157, pp. 133-148.
 36. Gerhardt K.E., Huang X., Glick B.R., Greenberg B.M. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. *Plant Science*, 2009, no. 176, pp. 20-30.
 37. Barac T., Taghavi S., Borremans B., Provoost A., Oeyen L., Colpaert J., Vangronsveld J., Van der Lelie D. Engineered endophytic bacteria improve phytoremediation of water-soluble, volatile, organic pollutants. *Nature Biotechnology*, 2004, vol. 22, no. 5, pp. 583-588.

37. Barac T. Engineered endophytic bacteria improve phytoremediation of water-soluble, volatile, organic pollutants / Barac T., Taghavi S., Borremans B., Provoost A., Oeyen L., Colpaert J., Vangronsveld J., Van der Lelie D. // *Nature Biotechnology*. 2004. V. 22, No 5. P. 583-588.
38. Abhilash P.C. Transgenic plants for enhanced biodegradation and phytoremediation of organic xenobiotics / Abhilash P.C., Jamil S., Singh N. // *Biotechnology Advances*. 2009. V. 27. P. 474-488.
39. Wang G.-D. Ex planta phytoremediation of trichlorophenol et phenolic allelochemicals via an engineered secretory laccase / Wang G.-D., Li Q.-J., Luo B., Chen X.-Y. // *Nature Biotechnology*. 2004. V. 22, No 7. P. 893-897.
40. Hoang H. Accelerated degradation of a variety of aromatic compounds by *Spirodela polyrrhiza*-bacterial associations and contribution of root exudates released from *S. polyrrhiza* / Hoang H., Yu N., Toyama T., Inoue D., Sei K., Ike M. // *Journal of Environmental Sciences*. 2010. №22(4). P. 494-499.
41. Migliore L. Phytotoxicity to and uptake of enrofloxacin in crop plants / Migliore L., Cozzolino S., Fiori M. // *Chemosphere*. 2003. №52. P. 1233-1244.
42. Dordio A.V. Evaluation of carbamazepine uptake and metabolism by *Typha* spp., a plant with potential use in phytotreatment / Dordio A.V., Belo M., Martins Teixeira D., Palace Carvalho A.J., Dias C.M.B., Picó Y. // *Bioresource Technology*. 2011. V. 102. P. 7827-7834.
43. Blin E. Quantification of the efficiency of constructed wetland at the outlet of WWTP / Blin E., Schuehmacher J., Budzinski H., Martin S. // *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
44. Yang L. Treatment of Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) by Constructed Wetlands – A Case Study in Taiwan / Yang L., Jen Y., Hsieh J. // *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
45. Tamiazzo J. Performance of a cascade constructed wetland treating surfactant polluted water / Tamiazzo J., Breschigliaro S., Salvato M., Borin M. // *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
46. Chen Z. Perchloroethene removal in a plant root mat filter and horizontal subsurface flow constructed wetland treating a sulfate rich contaminated groundwater / Chen Z., Kusch P. // *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
47. Imfeld G. Transport and biodegradation of chloroacetanilide herbicides in lab-scale wetlands / Imfeld G., Maillard E., Elsayed O.F., Nijenhuis I., Millet M. // *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
48. Maillard E. Pesticide transport, partitioning and distribution in a stormwater wetland collecting runoff from a vineyard catchment / Maillard E., Imfeld G. // *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
49. Ávila C. Removal of emerging organic contaminants in hybrid constructed wetlands for the treatment of wastewater of
38. Abhilash P.C., Jamil S., Singh N. Transgenic plants for enhanced biodegradation and phytoremediation of organic xenobiotics *Biotechnology Advances*, 2009, vol. 27, pp. 474-488.
39. Wang G.-D., Li Q.-J., Luo B., Chen X.-Y. Ex planta phytoremediation of trichlorophenol et phenolic allelochemicals via an engineered secretory laccase. *Nature Biotechnology*, 2004, vol. 22, no. 7, pp. 893-897.
40. Hoang H., Yu N., Toyama T., Inoue D., Sei K., Ike M. Accelerated degradation of a variety of aromatic compounds by *Spirodela polyrrhiza*-bacterial associations and contribution of root exudates released from *S. polyrrhiza*. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, vol. 22(4), pp. 494-499.
41. Migliore L., Cozzolino S., Fiori M. Phytotoxicity to and uptake of enrofloxacin in crop plants. *Chemosphere*, 2003, no. 52, pp. 1233-1244.
42. Dordio A.V., Belo M., Martins Teixeira D., Palace Carvalho A.J., Dias C.M.B., Picó Y. Evaluation of carbamazepine uptake and metabolism by *Typha* spp., a plant with potential use in phytotreatment. *Bioresource Technology*, 2011, vol. 102, pp. 7827-7834.
43. Blin E., Schuehmacher J., Budzinski H., Martin S. Quantification of the efficiency of constructed wetland at the outlet of WWTP. *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
44. Yang L., Jen Y., Hsieh J. Treatment of Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) by Constructed Wetlands – A Case Study in Taiwan. *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
45. Tamiazzo J., Breschigliaro S., Salvato M., Borin M. Performance of a cascade constructed wetland treating surfactant polluted water. *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
46. Chen Z., Kusch P. Perchloroethene removal in a plant root mat filter and horizontal subsurface flow constructed wetland treating a sulfate rich contaminated groundwater. *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
47. Imfeld G., Maillard E., Elsayed O.F., Nijenhuis I., Millet M. Transport and biodegradation of chloroacetanilide herbicides in lab-scale wetlands. *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
48. Maillard E., Imfeld G. Pesticide transport, partitioning and distribution in a stormwater wetland collecting runoff from a vineyard catchment. *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
49. Ávila C., Aragón C., Martín I., Salas J. J., Bayona J. M., García J. Removal of emerging organic contaminants in hybrid constructed wetlands for the treatment of wastewater of small communities of warm climate regions. *Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, Nantes, 2013.
50. Rühmland S., Wick A., Ternes T.A., Barjenbruch M. Pharmaceuticals in a Subsurface Flow Constructed Wetland

small communities of warm climate regions / Ávila C., Aragón C., Martín I., Salas J. J., Bayona J. M., García J. // Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, Nantes, 2013.

50. Rühmland S. Pharmaceuticals in a Subsurface Flow Constructed Wetland and Two Ponds / Rühmland S., Wick A., Ternes T.A., Barjenbruch M. // Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, Nantes, 2013.

51. Tournebize J. Storage of agricultural drained water by a pond / reservoir system to reduce nitrate and pesticides transfer / Tournebize J., Chaumont C., Fesneau C., Mänder Ü. // Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, Nantes, 2013.

52. Schultze-Nobre L. Behaviour of dimethylphenol isomers in the rhizosphere of *Juncus effuses* / Schultze-Nobre L., Wiessner A., Kappelmeyer U., Kusch P. // Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, Nantes, 2013.

53. Суммы активных температур выше 0°. Климат. Агроэкологический атлас России и сопредельных государств: сельскохозяйственные растения, их вредители, болезни и сорняки. Электронный ресурс: http://www.agroatlas.ru/ru/content/climatic_maps/Sum_t/Sum_t0/.

54. Щеголькова Н.М. Применение фито-систем для очистки сточных вод в России / Н.М. Щеголькова, В. Диас, Е.А. Криксунов, К.Ю. Рыбка // Тез. докл. Междунар. конф. «Водоснабжение и водоотведение населенных мест», Экватэк-2014, М.: Электронное издание.

and Two Ponds. Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, Nantes, 2013.

51. Tournebize J., Chaumont C., Fesneau C., Mänder Ü. Storage of agricultural drained water by a pond / reservoir system to reduce nitrate and pesticides transfer. Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, Nantes, 2013.

52. Schultze-Nobre L., Wiessner A., Kappelmeyer U., Kusch P. Behaviour of dimethylphenol isomers in the rhizosphere of *Juncus effuses*. Proceedings from 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, Nantes, 2013.

53. The sum of active temperatures above 0 °. Climate. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds. Available at: http://www.agroatlas.ru/ru/content/climatic_maps/Sum_t/Sum_t0/.

54. Shchegol'kova N.M., Dias V., Kriksunov E.A., Rybka K.Iu. Primenenie fito-sistem dlia ochistki stochnykh vod v Rossii [The use of phyto-systems for wastewater treatment in Russia]. Doklady Mezhdunarodnoi konferentsii «Vodosnabzhenie i vodootvedenie naselennykh mest» Ekvatek-2014 [Reports of the International Conference «Water Supply and Sewerage of populated areas» Ekvatek-2014]. Moscow, MVTs «Krokus Ekspo», 2014.