

tion of quarter 69 in the Krasnosamarsky forestry (Samara Region) were used to determine morphometric parameters of plant species. The data also helped us to assess the variability level and to make a comparison with plant quantitative traits given in the literature. It has been found that the sample indicators fit into the range of values specified in literature sources, with a significant proportion of «large» fruit 2,0–3,0 cm in length. The dynamics of the fruit size of *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil. and *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. plants in population groups of quarter 80, as a whole, has general patterns in the difference during some seasons of vegetation. Prevailing values of fruit length of plants in cenopopulations of quarter 69 changed slightly according to year of vegetation, these populations are more resistant and numerous comparing with the populations of quarter 80. As for variability of signs, the values of fruit length and width coefficients of variation does not exceed 25% for *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil. plants and 20% for *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. plants which is optimal for this type of indicators and is consistent with the bioecological specificity of fruit plant. The conditions of ecosystems in 69 and 80 quarters of Krasnosamarsky forestry are favorable for the vegetation of two species plants, the successful preservation and restoration in natural communities can be in the absence of anthropogenic factors limits.

Keywords: *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil.; *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil.; morphological and bioecological features; quantitative and qualitative characteristics; fruit length; fruit width; Krasnosamarsky forest; model biotope; Samara Region.

УДК 62

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЛАВИНОСТРИМЕРНЫМИ РАЗРЯДАМИ

© 2017

Кухно Андрей Валентинович, аспирант кафедры инженерной экологии и охраны труда
Макальский Леонид Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент кафедры инженерной экологии и охраны труда
Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
(г. Москва, Российская Федерация)

Цеханович Ольга Михайловна, кандидат технических наук,
доцент кафедры социально-культурной деятельности и туризма
Гжельский государственный университет
(пос. Электроизолятор, Раменский район, Московская область, Российская Федерация)

Аннотация. Авторами исследовано влияние лавиностримерных разрядов на водные растворы органических веществ, среди которых фенолы, метилоранж, моделирующий аминокислотные и белковые соединения. Исследования показали возможность универсальной очистки воды при использовании газоразрядных технологий очистки. Показано, что комплексное воздействие разрядных явлений, физико-химических воздействующих факторов, излучений на разных частотах лавиностримерного разряда приводит к деструкции органических и неорганических веществ в примесях воды. Показано, что среди наиболее часто используемых разрядов для очистки воды выделяется: электролитный (разряд в жидкости), тлеющий, коронный, СВЧ-разряд с частотой возбуждения в несколько ГГц, барьерный разряд, лавиностримерный разряд. Применение лавиностримерных разрядов позволяет более эффективно и с малыми затратами энергии осуществить разложение органики в воде с разложением на углеродные соединения, газообразные компоненты и воду. Применение разрядных технологий является перспективным направлением развития технологии водоподготовки и обезвреживания промышленных сточных вод. Энергия электрических разрядов изменяет химические характеристики обрабатываемой воды, влияет на ее ионный состав, структуру растворенных органических веществ, на жизнеспособность присутствующих в воде микроорганизмов без дополнительных химических реагентов.

Ключевые слова: органические вещества; очистка воды; газоразрядные технологии; лавиностримерный разряд; низкотемпературная плазма; деструкция органических веществ; промышленные сточные воды; водные растворы органических веществ; углеродные соединения; фенол; метилоранж; оптический малоугловой метод измерения размеров.

В работе рассматривается технология, связанная с организацией разряда над поверхностью воды, с непосредственным взаимодействием продуктов разряда низкотемпературной плазмы с водой. Низкотемпературная плазма над поверхностью воды представляет собой квазинейтральную среду, в которой содержатся как положительно, так и отрицательно заряженные частицы, продукты активных газовых компонентов. Для очистки воды такая плазма реализуется в воздушной среде с парами воды от 10^3 до 10^5 Па, образуя ионизованный газ со степенью ионизации до 10^{-4} . Повышенная концентрация электро-

нов, положительных и отрицательных ионов, радикалов оказывается достаточной для поддержания квазинейтрального состояния [1–3].

Электролитная плазма обычно образуется вследствие развития разряда между двумя металлическими электродами, погруженными в раствор электролита. Условием возникновения электролитной плазмы является неравенство площадей поверхности электродов.

Тлеющий разряд в воздушной среде при пониженном атмосферном давлении широко используется в системах обработки жидких сред, когда он слу-

жит источником сильных окислителей O , OH радикалов, пероксида водорода H_2O_2 , оксидов азота NO_x и атомарного водорода H [1; 4].

Плазма благодаря ионизации молекул и атомов при использовании разрядных явлений возникает под действием ударов электронов в сильном электрическом поле, который можно создать в сильно неоднородном электрическом поле. Самостоятельный газовый разряд влечет за собой образование новых электронов и положительных ионов частиц, обладающих высокой реакционной способностью, приводит к возбуждению и диссоциации молекул, к их колебательно-вращательному движению. Условием образования активных частиц в этом случае является не тепловая энергия, а энергия электрического поля. Возбужденные частицы взаимодействуют с молекулами, оказавшимися в зоне плазмы и на электродах, а у нас в качестве одного из электродов используется поверхность воды. Взаимодействие частиц плазмы с парами воды и самой водой даже при невысокой степени ионизации приводит к изменению свойств включений, находящихся в воде из-за появления химически активных частиц, это сопровождается неоднородностью плазмы в разряде и диффузионных процессов при наличии электронов и ионов. Средняя энергия электронов в тепловых единицах соответствует «температуре» $3 \times 10^4 - 1 \times 10^5$ К, тогда как температура нейтральных частиц и ионов только несколько выше комнатной 300–320 К. При этом реализуется сочетание низкой газовой температуры вещества с высокой химической активностью отдельных частиц, что дает возможность разряду быть перспективным инструментом обработки газов, жидкостей и отдельных материалов [1].

В разряде низкотемпературной плазмы электроны присоединяются к нейтральным молекулам, образуя отрицательные ионы за 10^{-7} с, а если присоединение не происходит, то возникает резонансное возбуждение состояний молекул, что влечет за собой инверсную заселенность энергетических уровней. Степень неравновесности плазмы возрастает при увеличении разницы скоростей прямых и обратных процессов [1]. Для низкотемпературной плазмы характерно, что ее неравновесность проявляется через отношение к собственному излучению. Она является прозрачной в большей части спектра падающего излучения и отражающей в спектре, который сама излучает. Неравновесная низкотемпературная плазма может сохранять свои параметры в течение более длительного времени, чем время релаксации, и тем самым она проявляет свойство стационарности, тем самым в ней проявляются свойства реакционной активности.

В области разряда вблизи поверхности воды происходит частичное ее испарение, разряд приобретает дополнительный спектр излучения в диапазоне 304–316 нм, что соответствует условиям возбуждения молекул кислорода и диссоциации молекул воды. В разрядном промежутке появляется излучение, характерное для неканцерогенных медицинских ламп УФ-излучения.

Из-за возбуждения и энергетического воздействия образуется атомарный кислород – O , способный образовать молекулу озона O_3 , гидроксильные группы OH радикалов, которые оказывают большое влияние на загрязнения в воде. Установлено, что

время жизни OH -радикалов в озono-воздушной смеси составляет 0,1–0,3 мс, радиус диффузии OH -радикалов соответствует диаметру разряда и радикалы за время жизни переносятся на расстояние не более 30 мкм (концентрация их при этом снижается более чем в 10 раз). Для переноса в воду радикалы OH должны создаваться в непосредственной близости или на поверхности воды [3].

Среди наиболее часто используемых разрядов для очистки воды выделяется: электролитный (разряд в жидкости), тлеющий, коронный, СВЧ-разряд с частотой возбуждения в несколько ГГц, барьерный разряд, лавиностримерный разряд.

Электролитная плазма обычно образуется вследствие развития разряда между двумя металлическими электродами, погруженными в воде. Разряды в воде связаны с образованием дуги в самой жидкости. Дуга способствует появлению излучений, образованию паровой каверны с последующим схлопыванием ее и возникновением кавитации. Этот метод связан с нагревом воды при протекании тока и, следовательно, с существенными затратами электрической энергии.

С помощью тлеющего разряда низкого давления, над поверхностью воды, реализуются методы очистки воды. В этом случае тлеющие разряды реализуются при сравнительно малых токах, поэтому процессы очистки происходят со сравнительно малыми расходами электроэнергии. Правда, системная реализация очистки требует понижение давления, что приводит к дополнительным энергозатратам.

Для очистки воды используется барьерный разряд. Барьерный разряд реализуется при атмосферном давлении между электродами, разделенными диэлектриком с подачей высоковольтного импульсного напряжения. Он реализуется в виде отдельных стримерных микроударов, температура электронов в которых достигает $(1-3)10^4$ К, а температура газа и диэлектрика не превышает 300–400 К [5; 6]. Применение диэлектрического барьера требует предварительной очистки воды, чтобы диэлектрик не загрязнялся солевыми отложениями.

Лавиностримерный разряд реализуется в газовом промежутке между электродами, одним из которых является металлический электрод с малым радиусом кривизны, а плоским электродом может быть сама очищаемая водная масса. Эффективность лавиностримерного разряда при реализации низкотемпературной плазмы повышается при использовании импульсного напряжения между электродами с фронтом импульса в пределах наносекунд и длительности до нескольких микросекунд. При этом импульсное напряжение должно иметь амплитуду, превышающую начальное напряжение разряда, тогда в промежутке возникают лавины электронов и формируются стримерные разряды с ионизационными явлениями. Развитие лавиностримерных разрядов продолжается до тех пор, пока мгновенное значение напряжения на электродной системе не достигнет U_{max} , при котором напряжение импульса не способствует образованию лидерного разряда и при его проводимости замыкает промежуток дуговым разрядом. Особенностью лавиностримерного разряда является локальное объемное накопление заряда в объеме промежутка и продолжение разрядных явлений уже после прекращения

подачи напряжения на электродную систему при продвигении разряда по разрядному промежутку из объема заряда.

Органические вещества стоят на одном из первых мест среди загрязняющих природные воды веществ, что объясняется их высокой распространенностью в быту и природе, часто хорошей растворимостью в воде. В мире наблюдается увеличивающееся как производство их, так и применение, а также возрастают и загрязняющие отходы органики, которые обладают высокой токсичностью даже в малых концентрациях. Основными источниками загрязнения вод фенолами являются предприятия целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Фенолы применяют как септическое средство, поэтому они имеют фекальную природу, а при взаимодействии с другими септиками – хлорорганическими соединениями – фенолы формируют устойчивые опасные для живых организмов соединения. Другие органические вещества чаще всего возникают в пищевой, химической отраслях, появляются в результате отходов жизнедеятельности населения.

Компонентами загрязнения воды для живых организмов становятся микроорганизмы, которые, благодаря физиологическим и генетическим особенностям, быстро реагируют на изменение качества среды и часто используют и взвешенные гидрозолы в качестве загрязняющих компонент. Микроорганизмы быстро реагируют на появление в среде новых химических соединений природного либо антропогенного происхождения, приспосабливаются к их переработке до опасного уровня, способны заражать живые организмы до их гибели [11].

Септическое действие фенола проявляется при его концентрации выше 1 г/л, а растворы, содержащие фенол при концентрациях менее 0,5 г/л, практически не ядовиты. Однако фенол обладает неприятным запахом, который проявляется при концентрации 0,2 мг/л. Еще более сильным и неприятным запахом обладают хлорфенолы – они ощутимы уже при концентрации 0,001 мг/л, которая и принята как предельно допустимая в воде. Концентрации фенолов в различных сточных водах колеблются в широких пределах от 5 мг/л до 30 г/л. Наиболее загрязнены фенолами подсмольные воды, образующиеся при сухой перегонке древесины и сланцев.

К наиболее распространенным методам регенерационной очистки воды от органики относят экстракцию, выпаривание, сорбцию. Когда концентрация органических веществ невысока, для доочистки сточных вод после регенеративного извлечения прибегают к биологическому или химическому окислению.

Методом многоступенчатой экстракции, применяя такие экстрагенты, как бензол, бутилацетат, достигают изъятия фенолов на 90–95% при остаточных концентрациях 200–300 мг/л. С очищенной водой уходит от 100 до 300 мг/л экстрагента, который затем отгоняется. На выпарных установках очищают ежегодно в России свыше 10 млн. м³ фенолсодержащих сточных вод. Более эффективны сорбционные методы очистки сточных вод от фенола. В качестве сорбентов применяют активированный уголь и некоторые промышленные отходы – золу, шлаки, генераторную пыль и др. Биологическую очистку промыш-

ленных сточных вод от фенолов выполняют на био-фильтрах или в аэротенках. Окислительная способность биофильтров по фенолу составит 300–500 г/сутки на 1 м³ загрузки.

Химический метод очистки сточных вод от фенолов и органических веществ заключается в добавлении таких окислителей, как хлор и озон. Среди экологически чистых водоочистных технологий применяется озонирование, реализуемое с получением озона (O₃) в электрических разрядах, с последующим барботированием озонированного воздуха через загрязненную воду,

При искровом разряде непосредственно в воде возникают излучение, ударные волны, кавитация, электролизные явления и локальный нагрев. Энергия разряда оказывается эффективной для дезинфекции воды, благодаря ультрафиолетовому излучению и при коротких импульсах возникает СВЧ излучение, которое также оказывает влияние на обеззараживание воды. Возникающие при кавитации ударные волны, как правило, имеют длину волны больше, чем размер загрязняющего включения, поэтому не способны создать для него разрушающий градиент давлений. Неэффективным для очистки оказывается и локальный нагрев воды при малой поверхности контакта жидкости с объемом разряда. Разряд в воде вызывает обеззараживание и разложение растворенных органических соединений, гибель или резкое понижение активности биологических болезнетворных микробов и вирусов [6–12].

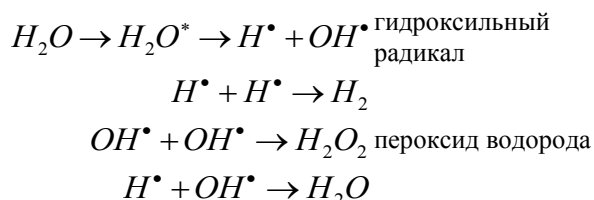
Применяется очистка промышленных и сточных вод от органики путем воздействия на загрязненные воды импульсными электрическими разрядами [13]. В этом случае для эффективной очистки воды требуется добавление перекиси водорода. Кроме того, чтобы уменьшить энергопотребление, в полый высоковольтный электрод нагнетают воздух. При этом улучшаются условия пробоя и быстрее достигается эффект очистки. В результате импульсной обработки воды достигают полного разложения до элементарных безопасных веществ – углерода (С), окислов углерода (СО, СО₂), азота (NO_x) и воды. Предлагаемая технология обработки воды позволила проконтролировать состояние загрязненного раствора от количества импульсов обработки воды и количества перекиси водорода. Авторы [13] показали, что независимо от концентрации фенола (0,07 масс.%, 0,7 масс.%, 7,0 масс.%) продолжительность импульса менялась от 5 до 10 мкс, наиболее оптимально при работе установок напряжение на электродах 25–30 кВ.

Данная работа иллюстрирует влияние электрических параметров, среди которых можно выделить общую энергию (дозу) воздействия на раствор с органическими веществами и получаемые соединения в растворе. Такой подход может быть использован для анализа при других методах электрофизического воздействия на растворы, например, фенола, можно использовать качественный анализ получаемых соединений после воздействия разрядов.

Использование лавиностримерного разряда предполагает разложение различных химических соединений под действием ионизирующих излучений, таких как «бомбардировка» поверхности воды ионами и электронами. При таком радиолитическом процессе могут образовываться как свободные радикалы, так и отдельные нейтральные молекулы. Радиолитический процесс в лавиностример-

ном разряде дополняется фотолизом, который также приводит к разрушению менее прочных химических связей, аналогично фоторазложению бинарных молекул хлора под действием ультрафиолета, полимеризации при засветке.

Условием распада молекулы воды под действием ионной бомбардировки (аналогично воздействию альфа-, бета-излучений) могут служить следующие реакции:



При появлении избыточных гидроксильных радикалов и перекиси водорода в результате «бомбардировки» поверхности воды ионами и лавинами электронов лавиностримерных разрядов возможно нарушение устойчивых состояний высокомолекулярных соединений и появление окислительных химических реакций. Поэтому возможна инициация самих реакций и каталитических процессов реакций с загрязняющими компонентами в воде, которые в исходных условиях были невозможны. Это открывает прикладное значение очистки воды наравне с известными радиобиологическими процессами в радиобиологии, в этом случае энергия квантов излучения слишком малы для разложения воды, но очистка воды от вредных компонентов может быть перспективной в связи с относительной легкостью реализации облучения воды при использовании лавиностримерного разряда. Установлено, что импульсный радиолиз инициирует быстрые реакции, проходящие быстрее чем за 100 микросекунд. Метод электрических разрядов используется в исследовательских целях и при малых объемах очистки воды, когда смешивание реагентов и инициация реакций происходят медленно, это аналогично использованию фотолиза с инициацией электролиза эксимерного лазера.

Использование импульсного барьерного разряда в газе над поверхностью воды с длительностью импульсов 50–300 нс эффективно для генерации радикалов OH в воздухе, содержащем пары воды. В этом случае концентрация радикалов OH в зоне разряда может превышать концентрацию молекул озона и достигает величин 10^{14} – 10^{15} см⁻³. Показано, что максимальная концентрация радикалов появляется через 30–50 мкс после окончания импульса напряжения. При времени жизни радикалов OH в воздухе в несколько сотен микросекунд реализуется перевод радикалов из газовой фазы в воду с последующим воздействием на растворенные в воде загрязнения. Импульсный барьерный разряд использовался путем воздействия его излучения на капли диспергированной загрязненной воды. Импульсный барьерный разряд реализовывался сквозь водовоздушный поток, при этом после осаждения капель воды, ее фильтрации или отстаивания удаляются гели, гидрозоли и ионы минеральных соединений (ионы железа, марганца) и органические вещества (фенол и трихлорэтилен).

Очистка воды реализовывалась при формировании высоковольтных слаботоковых разрядов непо-

средственно над поверхностью воды. Разряды вызывали ионизационные процессы в газовой среде, приводили к возбуждению молекул газа с появлением излучения, продвижению электронов и ионов через загрязненную воду. Объемные заряды создавали сильные электрические поля и «бомбардировку» поверхности воды ионами и электронами (так как поверхность является заземленным электродом). Эти процессы реализовывались в виде тлеющих разрядов при пониженных давлениях в межэлектродном пространстве. Создание пониженного давления влияет на общие затраты энергии очистки воды.

Реализовать разрядные явления при нормальном давлении с перечисленными воздействующими факторами удалось при создании в разрядном промежутке лавиностримерных разрядов. Разряды при нормальном давлении воздуха над поверхностью воды в большей степени увеличивают воздействие сильных электрических полей с объемным зарядом. При возникновении ионизационных процессов в газовом промежутке к поверхности воды устремляются ионы, отдельные электроны и их лавины, которые провоцируют появление стримеров. Такая природа разряда обуславливает облучение воды потоком электронов с энергией до 10 кэВ, из-за присутствия в воздухе при нормальном давлении достаточного количества кислорода, появление мягкого на длинах волн 0,38–0,42 мкм и жесткого ультрафиолетового излучения (0,23–0,28 мкм). Кроме того, динамичное продвижение лавин и стримеров порождает СВЧ излучение на частотах 0,5–10 ГГц. Излучения приводят к появлению высоких концентраций озона, радикалов OH и перекиси водорода в газовом промежутке и воде, отмечено появление синглетного кислорода. Повышенная влажность газа в разрядном промежутке затрудняет образование озона, но ускоряет образование OH радикалов. Эти процессы приводят к активации процессов очистки воды, разложению в ней органических и неорганических соединений, воздействию на ионы металлов с большим молекулярным весом.

Экспериментальная установка обработки растворов воды лавиностримерными разрядами содержит реактор, входы для растворов воды и воздуха, выходные патрубки для очищенной воды и воздуха с озоном. Растворы для очистки воды подаются в реактор с электропроводящим основанием. Источник высокого напряжения (ИВН) через резонансный формирователь импульсов напряжения обеспечивает подачу напряжения 40 кВ к электродам с малым радиусом кривизны. Благодаря ограничителю на электродах формируются импульсы напряжения 0,5–1,0 мкс с наносекундным фронтом [14].

В разрядном промежутке над поверхностью раствора возникает лавиностримерный разряд, который занимает весь объем над водным раствором, при ширине реактора 5–10 см.

Для реализованного лавиностримерного разряда подтверждено наличие, излучений в разрядном промежутке излучения в области 0,5–6,0 ГГц, в области мягкого УФ с длиной волны $\lambda = 0,32$ мкм и жесткого УФ $\lambda = 0,24$ – $0,28$ мкм, β – излучения интенсивностью до 10 кэВ. На экспериментальной установке с лавиностримерным разрядом были реализованы излучения на уровне предельно допустимых для человека уровней излучения (ПДУ для СВЧ, УФ, рентгеновского излучения). Было обнаружено наличие в

разрядном промежутке синглетного кислорода, перекиси водорода.

Настоящие исследования связаны с очисткой воды от растворенного в ней фенола и метилоранжа. Для оценки комплексного воздействия лавиностримерного разряда на загрязненные воды использовали 5 и 2% об. растворы фенола и метилоранжа в дистиллированной воде.

Контроль взаимодействия растворов с лавиностримерным разрядом осуществлялся по поглощению света, проходящего через раствор с помощью оптического спектрометра AvaSpec-3648 и по исследованию появляющихся взвесей. Появление частиц гидровзвесей и определение их размеров осуществлялось с применением оптического малоуглового метода измерения размеров [15].

Время воздействия на раствор фенола выбирали от 5 до 30 минут. По ослаблению света оказалось возможным оценивать воздействие лавиностримерного разряда на органические включения с образованием гидрозолей из растворенных веществ.

После воздействия разряда на раствор фенола образовались гели бурого цвета в диапазоне длин волн с отражательной способностью в диапазоне 0,86–1,3 мкм, по которым можно судить о появлении парохинона и ортохинона. Они обеспечивали устойчивое состояние гелиевого раствора. После 30 минутного воздействия в растворе появлялись взвеси, свидетельствующие о появлении углерода. Показано, что при длительной обработке происходит полное осветление раствора и осаждение частиц углерода с выделением окислов углерода. Фильтрация на фильтре Петрянова полностью очищала воду от взвесей, оставляя прозрачный раствор (воду).

Аналогичные результаты очистки оказались для метилоранжа, который во многом имитировал органические загрязнения. Воздействие доводило растворенные органические соединения до взвесей в воде. Частицы в течение времени коагулировали и осаждались. Нами использовался метод измерения размеров частиц по рассеянию света в пределах малого угла по направлению падающему излучению.

Эксперименты показали, что размеры частиц увеличиваются при увеличении продолжительности воздействия разряда на раствор с загрязнителями. Установлено, что размеры взвешенных частиц являются ядрами роста частиц при их пребывании в растворе. Через 12–36 часов гидрозолы осаждались в ламинарном потоке, что соответствует глинистым минералам с минимальными размерами частиц 0,1–0,5 мкм.

Проведенные эксперименты показали, что лавиностримерные разряды над поверхностью водного раствора с органическими включениями позволяют обеспечить прозрачность раствора после воздействия разряда без изменения его кислотности и вывод из раствора образующихся нерастворимых взвесей при осаждении и фильтрации.

Выводы и рекомендации.

Исследовано влияние лавиностримерных разрядов на водные растворы органических веществ.

Показано, что применение лавиностримерных разрядов позволяет более эффективно и с меньшими затратами энергии осуществить разложение органики в воде до гелеобразного углерода, газовых компонент и воды.

Установлена применимость разрядных технологий с использованием лавиностримерных разрядов как универсального средства очистки воды от органических соединений.

Проведенные исследования показывают возможность универсальной очистки воды при использовании новых электроразрядных технологий с реализацией лавиностримерного разряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Смирнов Б.М. Введение в физику плазмы. 2-е изд. М.: Наука, 1982. 176 с.
2. Дурибе В.Ч. Удаление ионов железа из водных растворов окислительным методом // Успехи химии и химической технологии. 2011. № 5 (121). С. 58–63.
3. Богма М.В., Османова Н.А., Ерузин А.А. и др. Влияние обработки низкотемпературной плазмой на химический состав и микробиологические показатели лекарственного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2011. № 1. С. 137–140.
4. Максимов А.И., Хлюстова А.В., Трошенкова С.В. Влияние тлеющего разряда на кислотность растворов электролитов // Электронная обработка материалов. 2004. № 6. С. 31–35.
5. Chen F.F. Lecture Notes on Principles of plasma processing. Los Angeles Plenum/Kluwer Publishers, University of California, 2002. 249 p.
6. Sunka P. Generation of chemically active species by electrical discharges in water // Plasma Sources Science and Technology. 1999. Vol. 8. № 2. P. 258–260.
7. Бойченко А.П. Фотографические исследования структуры электронных лавин и стримеров барьерного разряда // Фундаментальные исследования, 2012. № 9. С. 432–436.
8. Zhu L. Removal of phenol by activated alumina bed in pulsed high-voltage electric field // Journal of Environmental Sciences. 2007. Vol. 19. P. 409–415.
9. Cheng H. Non-thermal plasma technology for degradation of organic compounds in wastewater control a critical review // Journal Environ. Eng. Manage, 2007. Vol. 17, n. 6. P. 427–433.
10. Wang H. Kinetic analysis and energy efficiency of phenol degradation in a plasma-photocatalysis system // Journal of hazardous materials. 2011. Vol. 186, n. 2. P. 1888–1892.
11. Рязанов Н.Д., Перевязкина Е.Н. Действие обеззараживающих факторов импульсного электрического разряда в воде // Электронная обработка материалов, 1984. № 2. С. 43–45.
12. Тенишев Ю.С. Проблема очистки сточных термальных вод от фенолов. М.: Мингазпром, 1982. 35 с.
13. Патент SU № 259711, МПК C02F 1/48 Способ очистки промышленных сточных вод от фенола.
14. Кондратьева О.Е., Королев И.Е., Кухно А.В., Макальский Л.М., Цеханович О.М. Очистка воды от загрязняющих веществ путем использования лавиностримерных разрядов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 5(2). С. 673–678.
15. Арсамаков З.И., Вакулко А.А., Макальский Л.М., Медведев В.Т. Оптико-электронный метод измерения параметров аэрозольных выбросов аварийных и автономных дизель-генераторных станций // Вестник МЭИ. М.: МЭИ, 2002. С. 95–100.

WATER PURIFICATION FROM ORGANIC CONTAMINANTS BY AVALANCHE STREAMER DISCHARGE

© 2017

Kuhno Andrey Valentinovich, postgraduate student of Engineering Ecology and Labor Safety Department
Makal'skij Leonid Mikhailovich, candidate of technical sciences, senior researcher,
 associate professor of Engineering Ecology and Labor Safety Department
National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (Moscow, Russian Federation)
Tsekhanovich Olga Mikhailovna, candidate of technical sciences,
 associate professor of Socio-Cultural Activities and Tourism Department
Gzheh State University (Electroizolyator, Ramensky District, Moscow Region, Russian Federation)

Abstract. The paper deals with the influence of avalanche streamer discharges on aqueous solutions of organic substances such as phenols, methyl-orange and simulating amino acid and protein compounds. Studies have shown the possibility of universal water purification when using gas-discharge decontamination technologies. Complex impact of discharge phenomena, physical and chemical factors, radiation at different frequencies of avalanche streamer discharge lead to degradation of organic and inorganic substances in water impurities. The most frequently used discharges for water purification are electrolyte (discharge in liquid), glow, corona, microwave-frequency discharge excitation in several GHz, barrier discharge and avalanche streamer discharge. It is shown that application of avalanche streamer discharges allows to undertake the decomposition of organic matter in water with decomposition in carbon compounds, gaseous components and water more efficiently and with low cost energy. Applying of a discharge technology is a promising direction of water treatment and industrial wastewater disposal technology development. Energy electric shock changes chemical characteristics of the treated water, affects its Ionic composition, structure of dissolved organic matter, viability of the microorganisms in water without additional chemical reagents.

Keywords: organic substances; water purification; discharge technologies; avalanche streamer rank; low-temperature plasma; destruction of organic substances; industrial wastewater; aqueous solutions of organic substances; carbon compounds; phenol; methyl-orange; small-angle optical method for measuring dimensions.

УДК 581.412

ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ В УЛИЧНОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА АЛЕКСЕЕВКА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2017

Макарова Юлия Владимировна, кандидат биологических наук,
 старший преподаватель кафедры экологии, ботаники и охраны природы
Корчиков Евгений Сергеевич, кандидат биологических наук,
 доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы
Прохорова Наталья Владимировна, доктор биологических наук,
 профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы
*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
 (г. Самара, Российская Федерация)*

Аннотация. В статье представлены результаты изучения видового состава древесных растений, встречающихся в уличных зеленых насаждениях на территории поселка городского типа Алексеевка городского округа Кинель Самарской области. Установлено, что к числу древесных растений относится 68 видов из 48 родов, 21 семейства, 2 классов (Pinopsida, Magnoliopsida) и 2 отделов (Pinophyta, Magnoliophyta). Значительная часть этих растений (49 видов, 72,1%) является интродуцентами, которые по своему географическому происхождению связаны с евразийским, европейско-американским и европейским типами ареалов. Наиболее широкое распространение на улицах поселка получили представители семейства Rosaceae (21 вид, 30,9%), а самыми крупными по числу видов являются рода *Populus* (6 видов), *Rosa* (4 вида), *Ulmus*, *Crataegus* и *Acer* (по 3 вида). Среди древесных растений преобладают деревья (30 видов, 44,1%) и кустарники (25 видов, 36,8%). Это в основном летнезеленые, перекрестноопыляемые (энтомофильные) виды, мезотрофы, мезофиты, сциогелиофиты и мезотермы, плоды и семена которых распространяются животными. В уличном озеленении используется 7 раритетных видов древесных растений: *Juniperus communis* L., *J. sabina* L., *Crataegus volgensis* Pojark., *Tamarix ramosissima* Ledeb., *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt, *Populus alba* L. и *Salix alba* L.

Ключевые слова: уличное озеленение; древесные растения; аборигенные виды; адвентивные виды; интродуценты; раритетные виды; жизненные формы растений; таксономический анализ; хорологический анализ; биоэкологический анализ; поселок городского типа Алексеевка; городской округ Кинель; Самарская область.

Поселок городского типа Алексеевка (п.г.т. Алексеевка) расположен на территории Кинельского муниципального района Самарской области. Он входит в состав г.о. Кинель и является его промышленной

зоной. Населенный пункт имеет богатую историю: он был основан 28 февраля 1700 г. по указу Петра I как Алексеевская оборонительная крепость. В своем современном виде поселок находится в 15 км от