

## **СЕКЦИЯ 2: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

### **СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ФИТОМАССЫ РЯСКИ МАЛОЙ (LEMNA MINOR), ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА**

*Л.Н. Ольшанская<sup>1</sup>, д.х.н., проф., зав. кафедрой, Н.А. Собгайда<sup>2</sup>, д.т.н., проф., зам директора,*

*О.А. Арефьева<sup>1</sup>, к.б.н., доцент, Р.Ш. Валиев, к.б.н., ведущий инженер*

*<sup>1</sup>Саратовский ГТУ имени Гагарина Ю.А., <sup>2</sup> Санкт-Петербургский ГТУ Петра Великого*

*413112, г. Энгельс, ул. Мира, 64, 8-909-338-86-44,*

*E-mail: ecos123@mail.ru*

**Аннотация:** Предложен способ увеличения фитомассы ряски малой (*Lemna minor*) при обработке в течение 15 и 30 минут низкоинтенсивным электромагнитным излучением (частота 65 ГГц, плотность потока энергии 120 мкВт/см<sup>2</sup>). Это происходит за счет увеличения энергии, поглощенной культурой, изменения кластерной структуры молекул примембранной воды, разности потенциалов на клеточной мембране, ее проницаемости и усиления транспорта питательных веществ из окружающей среды в клетку. При менее длительном времени облучения не хватает «подкачки энергии» для стимуляции процесса развития растений.

**Abstract:** A method for increasing the phytomass of *Lemnas minor* is proposed during the treatment of plants for 15 and 30 minutes with the use of low-intensity electromagnetic radiation (65 GHz with an energy flux density of 120  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). This increases the amount of energy absorbed by the culture due to changes in the cluster structure of the molecules of the membrane water, the potential difference on the cell membrane, its permeability, promoting increased transport of nutrients from the environment to the cell. With a shorter irradiation time, there is not enough "energy pumping" necessary to stimulate the process of plant development.

Одним из наиболее ярких и убедительных достижений современной биотехнологии является развитие способов получения биогаза на основе природных экологически чистых материалов. Перспективным направлением в настоящее время является культивирование растений – биореакторов, способных продуцировать большое количество фитомассы, что является безопасной и экономически конкурентоспособной альтернативой традиционным системам

*Lemna minor* (ряска малая) – однодольное покрытосеменное растение семейства Рясковые. Благодаря своей способности к быстрому, причем вегетативному размножению, позволяющему увеличивать биомассу вдвое за 36 часов и высокой доли белка в биомассе, ряска представляет интерес как потенциальная биофабрика для производства биогаза.

Растения *Lemna* можно выращивать в асептически закрытых емкостях с контролируемыми условиями культивирования. Для роста растениям необходимы лишь вода, неорганические питательные вещества и CO<sub>2</sub>. Таким образом, искусственная и полностью закрытая среда культивирования в сочетании с быстрым ростом, высоким содержанием белка в биомассе и преимущественно вегетативным способом размножением делают такую систему уникальной и легко контролируемой. Следовательно, система, созданная на основе *Lemna*, обладает огромным потенциалом и преимуществами перед существующими системами в связи с тем, что представляет собой тип растительной высокопродуктивной системы для получения биогаза.

В последние десятилетия обнаружены многочисленные факты, свидетельствующие о высокой чувствительности биологических систем к внешним физическим воздействиям, например, низкоинтенсивному электромагнитному излучению (ЭМИ) миллиметрового диапазона, или квази высокой частоты (КВЧ). Излучение охватывает частотный диапазон 30 - 300 ГГц. Сформулирован целый ряд гипотез о возможности резонансного взаимодействия ЭМИ этого диапазона с биологическими системами, выявлена зависимость биологической эффективности излучения от частоты и интенсивности воздействующего фактора, определены «частотные» и «амплитудные» окна [1]. Отмечено положительное воздействие КВЧ-излучения на биообъекты и изучены различные физиологические эффекты, вызываемые КВЧ - излучением: ускорение роста, увеличение биомассы, интенсификация процессов фотосинтеза, сопровождающаяся повышением выделения кислорода и содержания в клетках фотосинтезирующих пигментов, увеличение экскреции органических соединений в среду, изменение реакционной способности экзометаболитов, изменение транспорта ионов и др. [2, 3]. Проведенные авторами [4] исследования указывают на увеличение средней продолжительности жизни организмов и их выживаемость при воздействии электромагнитных полей.

Известно, что при воздействии на растительные клетки электромагнитного излучения КВЧ диапазона достигается увеличение ионного тока через катионрегулирующие мембранные системы ( $H^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Na^+$ ), что объясняется резонансным действием ЭМИ на слабые водородные связи дипольных молекул воды, усилением конвекции растворов и ускорением транспорта протонов [5]. Авторами [6, 7] показано, что эффекты, вызываемые КВЧ-излучением приводят не только к ускорению роста, увеличению биомассы, интенсификации процессов фотосинтеза растений, сопровождающихся повышением выделения кислорода и содержания в клетках фотосинтезирующих пигментов, но и одновременно к изменению реакционной способности, изменению транспорта ионов и др. Однако механизмы воздействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения на рост продуктивности растений до сих пор до конца не определены.

Растительная клетка представляет собой электрохимически активную мембрану. Для того чтобы проникнуть в клетку любые вещества должны пройти клеточную стенку. В клеточной стенке имеются белки, пектины, фосфолипиды, микрофибриллы целлюлозы и др., содержащие фиксированные отрицательно заряженные группы (прежде всего – карбоксильные) [8]. Они определяют катионно-обменную способность, и влияют на накопление веществ в клетке. Транспорт ионов, крупных полярных молекул и др. обеспечивается, преимущественно, посредством специальных интегральных белков.

Кроме того, на мембране генерируется электрический потенциал, энергия которого также принимает участие в транспорте различных веществ, перенос которых может протекать как по градиенту потенциала, так и против него. В первом случае от клетки не требуются затраты энергии, процесс протекает пассивно и представляет собой диффузию [8]. Если вещество переносится против градиента, то это активный транспорт и клетка вынуждена затратить для его осуществления метаболическую энергию.

Внимание исследователей привлекают также биологические эффекты комплексного воздействия электромагнитных полей и химических веществ в связи с перспективами их применения для изменения поведения биообъектов [9, 10].

Внешние физические воздействия (ВФВ: постоянное магнитное поле (ПМП), электромагнитные (ЭМИ) и электрические поля ( $j$ ), ультрафиолетовое (УФ), инфракрасное (ИК) и лазерное (ЛИ) излучения) создают дополнительные электрические токи в биообъектах, и, изменяя величины мембранного потенциала, могут управлять течением процессов роста и развития организмов, оказывая как стимулирующее, так и тормозящее влияние. Это воздействие зависит от характеристик данного фактора: длины волны ( $\lambda$ ), частоты ( $f$ ) колебаний электромагнитных излучений (ЭМИ), силы и времени действия ПМП.

Все сказанное выше доказывает возможность использования ряски малой, быстро набирающей вес после обработки внешними физическими воздействиями, для получения биогаза.

**Целью настоящей работы** явилось изучение влияния низкоинтенсивного ЭМИКВЧ на рост продуктивности растений ряски малой (*Lemna minor*) и установление рациональных условий для увеличения объема ее фитомассы, способной к синтезу биогаза.

#### **Экспериментальные данные и их обсуждение**

Объектом исследования служила фитосорбент – ряска малая (*Lemna minor*), районированная в Саратовской области. Необходимым условием для проведения экспериментов является наличие асептического растительного материала. Уже на первых этапах нашей работы мы столкнулись с трудностью обеззараживания растительного материала, так как используемые нами растения ряски, взятые из природных условий Саратовской области, были сильно загрязнены. При помещении таких растений на стерильную питательную среду Хоагганда наблюдали рост бактериальной и грибной инфекций. Для асептической обработки ряски использовали композиции 4 % гипохлорит натрия в течение 4 минут и 70 % этанол в течение 30 секунд [11]. При обеззараживании данным способом выход асептических растений, составил в среднем 65-70 %.

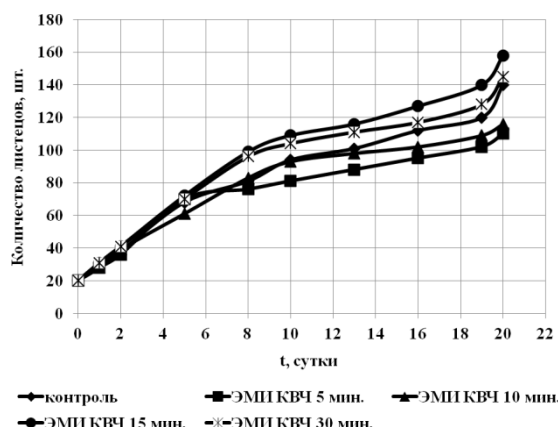
В работе изучено влияние длительности воздействия ЭМИ КВЧ диапазона частотой 65 ГГц и плотности потока энергии  $120 \text{ мкВт/см}^2$  на процессы роста и развития природного биосорбента ряски *Lemna minor* (табл. 1 и рис. 1). Растения ряски малой одинакового срока вызревания в количестве 20 г без (контроль) и после предварительного облучения ЭМИ КВЧ в течение 5, 10, 15 и 30 минут, высаживали в чашки Петри (по 3 параллельных опыта) в отстоянную в течение 2 суток воду и в процессе выдержки растений в процессе 20 дней контролировали массу растений.

Таблица 1

Изменение массы (г) ряски *Lemna minor* без и при воздействии ЭМИ КВЧ 65 ГГц в течение различного времени

Время выдержки, сутки	0	1	2	5	8	10	13	16	19	20
контроль	20	29	38	68	81	94	101	112	120	140
Облучение ЭМИ 5 мин.	20	28	36	70	76	81	88	95	102	110
Облучение ЭМИ 10 мин.	20	28	39	61	83	93	98	102	109	116
Облучение ЭМИ 15 мин.	20	31	41	72	99	109	116	127	140	158
Облучение ЭМИ 30 мин.	20	31	41	70	96	104	111	117	128	145

Анализ полученных данных указывает, что наибольший рост и размножение ряски малой (максимальный тест-отклик организмов в наших экспериментах) был зафиксирован при времени облучения 15 и 30 минут, что является подтверждением механизма водозлектрического эффекта и структуризации тонкого водосодержащего слоя [12, 13], согласно которому первичной мишенью при воздействии ЭМИ КВЧ на биологические системы являются процессы изменения кластерной структуры молекул примембранной воды, изменение разности потенциалов на клеточной мембране, ее проницаемости и, как следствие, изменение физиологических параметров клетки. Это приводит к усилению транспорта питательных веществ из окружающей среды в клетку [14] и увеличению скорости развития и роста растений. Масса листецов увеличилась по сравнению с контролем на 5–12 %. Это можно объяснить тем, что при длительном воздействии ЭМИ КВЧ увеличивается количество энергии, поглощенное исследуемой культурой. Восприятие электромагнитной энергии осуществляется молекулами свободной и связанной воды, входящей в состав биологических мембран. Наблюдаемый факт согласуется с известными утверждениями о возникновении биологических эффектов в результате действия ЭМИ КВЧ [15]. Авторами работы было установлено, что механизмы взаимодействия излучения как с отдельной живой клеткой, так и с многоклеточным организмом, затрагивают фундаментальные основы их жизнедеятельности: поведение, степень жизнеспособности (физиологического состояния), скорость размножения и др. Это соответствует литературным данным [16] и свидетельствует о максимальном отклике гидробионтов на частоту 65 ГГц при плотности потока энергии  $120 \text{ мкВт/см}^2$  и времени облучения 15–30 мин. Подавляющий эффект, наблюдаемый после облучения в течение 5 и 10 минут связан, по всей видимости, с тем, что клеткам растения не хватает достаточной «подкачки энергии», получаемой при облучении и необходимой для стимуляции процесса роста и развития растений. При этом происходит сбой с ритма жизнедеятельности, что неблагоприятно сказывается на процессах развития и размножения растений. Масса ряски в сравнении с контролем оказалась меньше

Рис. 1. Изменение фитомассы (г) ряски малой (*Lemna minor*) без и при воздействии ЭМИ КВЧ частотой 65 ГГц в течение различного времени

Представленные данные подтверждают вышеизложенные предположения о том, что ЭМИ КВЧ диапазона проявляет свое воздействие как стимулирующий фактор, под действием которого на резонансных частотах происходит разупорядочение структуры сетки водородных связей воды, что ведет к нару-

шению ее кластерной структуры, изменению биологической активности клетки (размножение клеток и фотосинтетической активности) за счет изменения ее энергетического потенциала.

#### **Выводы**

Представленные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Исследовано влияние воздействия ЭМИ КВЧ с частотой 65 ГГц при плотности потока энергии 120 мкВт/см<sup>2</sup> на увеличение роста и размножения фитомассы ряски малой (*Lemna minor*).

2. Подтверждено благоприятное воздействие электромагнитного излучения на повышение жизнеспособности и стойкости ряски и установлено, что облучение растений ЭМИ КВЧ в течение 15 и 30 минут стимулирует их рост и развитие, за счет увеличения количества энергии, поглощенной культурой; изменения кластерной структуры молекул примембранной воды, разности потенциалов на клеточной мембране, ее проницаемости. Это способствует усилению транспорта питательных веществ из окружающей среды в клетку и, как следствие, изменению физиологических параметров клетки и увеличению роста растений.

3. При менее длительном времени облучения (5-10 минут) не хватает достаточной «подкачки энергии», необходимой для стимуляции процесса развития растений и происходит сбой ритма их жизнедеятельности и уменьшение фитомассы ряски *Lemna*.

#### **Литература.**

1. Девятков, Н.Д. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Н.Д. Девятков, М.Б. Голант, О.В. Бецкий.– М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
2. Стимуляция роста сине-зеленых водорослей при действии электромагнитного излучения ММ диапазона низкой интенсивности/ А.Х. Тамбиев, Н.Н. Кирикова, М.Н. Яковлева и др. // Применение ММ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине.-1986.-№ 4.-С. 65 – 74.
3. Казаринов, К.Д. Биологические эффекты КВЧ-излучения низкой интенсивности / К.Д. Казаринов.- М.: Итоги науки и техники. Биофизика. – 1990. – Т.27. – № 3. – С. 102 - 106.
4. Опосредованное воздействие электромагнитного излучения на рост микроводорослей / Л.Д. Гапачка, М.Г. Гапачка, А.Ф. Королев и др. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. - № 1. - С. 33-36.
5. Частотозависимое влияние миллиметровых электромагнитных волн на ионные токи водоросли *Nitellopsis*. Нетепловые эффекты / А.А.Катаев, А.А. Александров, Л.И Тихонова.и др. // Биофизика. 1993. - Т. 38, вып.3.- С. 446 - 462.
6. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы: монография. / А.Х. Тамбиев и др. // Под ред. Ю.В. Гуляева и А.Х. Тамбиева.- М.: Радиотехника, 2003.-176 с.
7. Тамбиев, А.Х. Взаимодействие миллиметровых волн с фотосинтезирующими организмами, в том числе объектами фотобиотехнологии / А.Х. Тамбиев // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника.- 2007. - № 2 - 7. - С. 140 - 156.
8. Линник, П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водоемах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец.-М.: Гидрометеиздат,1986.- 286 с.
9. Тамбиев, А.Х. Влияние КВЧ-излучения на транспортные свойства мембран у фотосинтезирующих организмов / А.Х. Тамбиев, Н.Н. Кирикова, Е.Н. Макарова // Радиотехника.– 1997.- № 4.- С. 67-76.
10. Особая роль системы «миллиметровые волны - водная среда» в природе / Н.И. Сеницын, В.И. Петросян, В.А. Ёлкин и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. – № 1. – С.5 – 23.
11. Гайдукова С.Е. Разработка системы генетической трансформации ряски малой *Lemna minor* / С.Е. Гайдукова и др. // Экологическая генетика.- 2008.-Том VI, выпуск 4.-С. 20-28.
12. О возможной роли воды в передаче воздействия излучения миллиметрового диапазона на биологические объекты./ С.А. Ильина, Г.Ф. Бакаушина, В.И. Гайдук и др. // Биофизика. - 1979. - Т. XXIV, вып. 3. - С. 513 - 518.
13. Сеницын, Н.И. Особая роль специфичности взаимодействия миллиметровых волн с водосодержащими структурами в биологии и медицине будущего / Н.И. Сеницын, В.А. Ёлкин, О.В. Бецкий // Высокие технологии путь к прогрессу. - Саратов: Научная книга, 2003. - С. 217 - 222.
14. Alekseev, S.I. Millimeter microwave effect on ion transport across lipid bilayer membranes / S.I. Alekseev, M.C. Ziskin // Bioelectromagnetics. 1995. -Vol.16.- P. 124 - 131.

15. Шляхтин Г.В. Изменение биологической активности клеток при комбинированном действии электромагнитного излучения крайне высоких частот и никотина / Г.В.Шляхтин, Е.А. Зотова, Ю.А. Малинина // Известия Самарского научного центра РАН. – 2007. – Т.9, №4. – С. 818–822.
16. Особая роль системы «миллиметровые волны - водная среда» в природе / Н.И. Сеницын, В.И. Петросян, В.А. Ёлкин и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. – № 1. – С.5 – 23.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ИСТОЧНИКОВ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА ВОРОНЕЖА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

*Т.И. Прожорина, к.х.н, доц., Т.В. Нагих, бакалавр 4к.*

*Воронежский государственный университет*

*394068, г. Воронеж, ул. Хользунова 40 «А», тел. (4372)-66-56-54*

*E-mail: coriandrt@rambler.ru*

**Аннотация:** Состояние питьевого водоснабжения продолжает оставаться одной из актуальных задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения Воронежской области, поскольку является одним из определяющих факторов охраны здоровья населения. В статье дана оценка качества воды источников децентрализованного питьевого водоснабжения по результатам приоритетных показателей химического состава воды из родников, колонок и скважин, отобранных в пределах города Воронежа и его окрестностей.

**Abstract:** The state of drinking water supply continues to be one of the urgent tasks for ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population of the Voronezh region, as it is one of the determining factors of public health protection. The article gives an assessment of the quality of water sources of decentralized drinking water supply based on the results of the priority indicators of the chemical composition of water from springs, columns and wells, selected within the city of Voronezh and its environs.

Результаты мониторинга за качеством питьевой воды показывают, что свыше 75% населения обеспечивается водой из централизованных систем водоснабжения; из них около 1,5 млн. человек потребляют воду, не соответствующую стандарту по органолептическим показателям, более 60% водопроводов находятся практически в аварийном состоянии.

Еще около полумиллиона человек использует для питьевых целей воду нецентрализованных источников (одиночные колонки, родники, колодцы, скважины), качество которой не соответствует гигиеническим требованиям. Территории с разным уровнем промышленной освоенности и численностью населения оказывают различное воздействие на качество воды. Можно предположить, что чем выше уровень промышленного загрязнения, тем хуже качество воды в водозаборах. А поскольку качество питьевой воды сказывается на уровне здоровья населения, то мы можем предположить, что чем выше уровень загрязнения, тем выше уровень заболеваемости населения.

Состояние питьевого водоснабжения продолжает оставаться одной из актуальных задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения городского округа г. Воронежа и всей Воронежской области, поскольку является одним из определяющих факторов охраны здоровья населения.

Проблемы в сфере водоснабжения г. Воронежа: загрязненность и истощение месторождений подземных вод, изношенность разводящих сетей, неудовлетворительное состояние зон санитарной охраны водозаборных скважин, неполная обеспеченность жилищного фонда централизованным водоснабжением. Так централизованным водоснабжением г. Воронежа охвачено 98% населения, а на долю децентрализованного (колодцы, скважины, одиночные колонки, родники) приходится 2% (около 20 тыс. человек).

Хозяйственно-питьевое водоснабжение населения г. Воронежа обеспечивается из подземных водоисточников, в водах которых содержится избыточное количество таких ингредиентов как железо, бор, марганец имеющих природное происхождение, и нитраты - антропогенного происхождения.

Анализ воды источников централизованного водоснабжения г. Воронежа показывает, что доля проб питьевой воды, не отвечающих гигиеническим нормативам незначительно увеличилась: по санитарно-химическим показателям: с 37,8 % (в 2013 г.) до 39,2 % (в 2015 г.); по микробиологическим с 1,3 до 1,7% соответственно[2].

В 2015 году наиболее неблагоприятными территориями по санитарно-химическим показателям в источниках децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (показатель выше