**ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

***Аттаб Mуртада Имад, Удмуртский государственный университет, mortadaamad25@gmail.com***

***Научный руководитель — Бедулева Любовь Викторовна, Удмуртский государственный университет, профессор, д. биол. н.***

**ПОИСК АНТИГЕНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АУТОАНТИТЕЛ К CD4,
АССОЦИИРОВАННЫХ С ВИЧ-ИНФЕКЦИЕЙ**

**ANTIGEN FOR DETERMINATION OF AUTOANTIBIES TO CD4
ASSOCIATED WITH HIV INFECTION**

**Аннотация.** Антитела к CD4 лимфоцитам при ВИЧ-инфекции имеются весомые доказательства как причина хронической поликлональной активации незараженных CD4+ лимфоцитов и последующей их гибели. Однако наряду с убедительными фактами в пользу данной гипотезы существуют факты, не позволяющие принять аутоиммунную гипотезу истощения CD4 лимфоцитов при ВИЧ-инфекции. Например, противоречивы данные о наличии аутоантител к CD4 у ВИЧ-инфицированных. Причиной последнего может быть отсутствие стандартизованных методов обнаружения аутоантител к CD4 и нестабильности рекомбинантного CD4 белка. Целью работы было разработать метод обнаружения аутоантител к CD4 лимфоцитам, ассоциированных с ВИЧ-инфекцией. Было испытано два типа антигена для выявления антител
к CD4, рекомбинантный белок CD4 и аллогенные лимфоциты доноров. Рекомбинантные CD4 белки не позволяют обнаруживать антитела к CD4, ассоциированные с ВИЧ-инфекцией.
У 50 % ВИЧ инфицированных обнаружены антитела против аллогенных лимфоцитов. Данные антитела не были обнаружены у ВИЧ-серонегативных доноров, поэтому аллогенные лимфоциты могут использоваться для выявления антилимфоцитарных антител, специфичных для ВИЧ-инфекции.

**Abstract.** Antibodies to CD4 lymphocytes in HIV infection there is strong evidence as a cause of chronic polyclonal activation of uninfected CD4 + lymphocytes and their subsequent death. However, along with convincing facts in favor of this hypothesis, there are facts that do not allow adopting the autoimmune hypothesis of depletion of CD4 lymphocytes in HIV infection. Conflicting data on the presence of autoantibodies to CD4 in HIV infected. Data on the presence of autoantibodies to CD4 count in HIV-infected contradictory. The purpose of the work was to find method to detect autoantibodies to CD4 lymphocytes in HIV infection. Two types of antigen were tested to detect CD4 antibodies, recombinant CD4 protein, and allogeneic lymphocytes of healthy donors. Recombinant CD4 proteins do not allow the detection of CD4 antibodies associated with HIV infection. Antibodies against allogenic lymphocytes have been detected in 50% of HIV infected persons. These antibodies were not found in HIV-seronegative donors, so allogeneic lymphocytes can be used to detect HIV-specific anti-lymphocytic antibodies.

***Ключевые слова:*** аутоантитела, CD4, аллогенные лимфоциты, ВИЧ-инфекция.

***Keywords:*** autoantibodies, CD4, gp120 HIV-1, lymphocytes.

Развитие оппортунистических инфекций и прогрессирование ВИЧ-инфекции в направлении СПИДа у ВИЧ инфицированных людей является результатом глубокого истощения CD4+лимфоцитов [1]. ВИЧ-инфицированные лимфоциты имеют укороченную продолжительность жизни из-за образования синцитии, лизиса, действия цитотоксических Т-лимфоцитов и прямых цитопатических эффектов ВИЧ. Однако количество апоптотических клеток у инфицированных значительно превышает количество ВИЧ-инфицированных клеток [2]. Механизм постепенного истощения неинфицированных CD4+лимфоцитов, ведущий к развитию СПИДа, остается до конца не ясным и является сегодня ключевым вопросом патогенеза ВИЧ-инфек­ции [3]. В основу большинства гипотез, объясняющих гибель незараженных CD4+лимфоцитов, положен факт, что незараженные CD4+ лимфоциты при ВИЧ-инфекции гибнут по механизму апоптоза [4, 5]. В качестве возможных причин апоптоза незараженных CD4+ лимфоцитов рассматривали различные факторы [5]. Наиболее перспективной сегодня является гипотеза активационо-индуцированной смерти лимфоцитов. В рамках данной гипотезы возникает ключевой вопрос, какой фактор, индуцированный ВИЧ, вызывает хроническую поликлональную активацию незараженных клеток, ведущую к возникновению чувствительности незараженных CD4+ клеток к апоптозу. Весомые доказательства имеются только в пользу аутоантител к CD4 как причины хронической поликлональной активации незараженных CD4+ лимфоцитов и последующей их гибели. Гипотеза, рассматривающая аутоантитела к CD4+ лимфоцитам и аутореактивные лимфоциты, специфичные к CD4, как причину гибели незараженных CD4+ лимфоцитов при ВИЧ инфекции, получила название аутоиммунной гипотезы СПИДа. Согласно данной гипотезе индуктором аутоиммунных реакций к CD4 служит gp120 гликопротеин ВИЧ, а именно его CD4 связывающий домен. Лимфоциты, специфичные к gp120 ВИЧ, активируют аутореактивные лимфоциты, специфичные к CD4, посредством идиотип-антиидиотипических взаимодействий. Однако наряду с убедительными фактами в пользу данной гипотезы существуют факты, не позволяющие принять аутоиммунную гипотезу истощения CD4 лимфоцитов при ВИЧ-инфекции. Например, противоречивы данные о наличии аутоантител к CD4 у ВИЧ инфицированных [6, 7]. Одной из причин противоречивости и невоспроизводимости результатов определения аутоантител к CD4 может быть нестандартизованность методов определения аутоантитела к CD4, нестабильность рекомбинантного CD4 белка, используемого для определения аутоантител к CD4.

Исследование выполнено на базе Удмуртского республиканского центра по профилактике и борьбе со СПИДом и инфекционными заболеваниями. Исследовано 33 образца крови ВИЧ-инфицированных и 14 образцов серонегативных доноров. Было испытано 2 антигена для выявления антител к CD4. Одним из них являлся рекомбинантный белок CD4. Был использован рекомбинантный CD4 производства R&D и SinoBiological. Антитела к рекомбинантному CD4 определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА). Другим исследуемым антигеном были аллогенные лимфоциты доноров. В этом случае для выявления антител, связавшихся с лимфоцитами, были использованы антитела против иммуноглобулинов человека, меченные изотиоцианатом флуоресцеина FITC (ИМТЕК). О количестве антилимфоцитарных антител судили по количеству светящихся лимфоцитов, подсчитанных методом проточной цитофлуориметрии.

Рекомбинантные CD4 белки производства R&D и SinoBiological не позволяют обнаруживать антитела к CD4, ассоциированные с ВИЧ-инфекцией. Антитела к данным рекомбинантным CD4 белкам выявлены у доноров и являются естественными антителами. У 50 % ВИЧ-ин­фицированных обнаружены антитела против аллогенных лимфоцитов. Данные антитела не
были обнаружены у ВИЧ-серонегативных доноров, поэтому аллогенные лимфоциты могут использоваться для выявления антилимфоцитарных антител, специфичных для ВИЧ-инфекции.

**Список использованной литературы**

1. Levy J. A. Pathogenesis of human immunodeficiency virus infection // Microbiological reviews. 1993. Vol. 57. P. 183–289.‏

2. Richman D. D., Bozzette, S. A. The impact of the syncytium-inducing phenotype of human immunodeficiency virus on disease progression // Journal of Infectious Diseases. 1994. Vol. 169. P. 968–974.‏

3. Akbar A. N., Salmon M. et al. Role of bcl-2 and apoptosis in viral infections // International archives of allergy and immunology. 1994. Vol. 105. P. 359–362.‏

4. Gougeon M. L. Apoptosis as an HIV strategy to escape immune attack // Nat. Rev. Immunol. 2003. Vol. 3. P. 392–404.

5. Dockrell D., Badley A., Algeciras-Schimnich A. Activation-induced CD4+ T cell death in HIV-positive individuals correlates with Fas susceptibility, CD4+ T cell count, and HIV plasma viral copy number /// AIDS Res. Hum. Retroviruses. 1999. Vol. 15. P. 1509–1518.

6. Sekigawa I., Groopmen, J. E., Allan et al. Characterization of autoantibodies to the CD4 molecule in human immunodeficiency virus infection // Clinical immunology and immunopathology. 1991. Vol. 58. P. 145–153.

7. Luo Z., Li Z., Martin L., et al. Pathological Role of Anti-CD4 Antibodies in HIV-Infected Immunologic Nonresponders Receiving Virus-Suppressive Antiretroviral Therapy // J. Infect. Dis. 2017. Vol. 216. P. 82–91.

***Артемьев Алексей Петрович, Удмуртский государственный университет, aartemev2010@gmail.com***

***Научный руководитель — Худякова Нина Алексеевна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. биол. н.***

**ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОГЕКСИМИДА НА РАСПОЛОЖЕНИЕ КОРКОВЫХ
ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВ У БЕЛОЙ МЫШИ
В РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ**

**INFLUENCE OF CYCLOHEXIMIDE ON THE POSITION
OF NEOCORTEX MOTOR REPRESENTATIONS OF THE WHITE MOUSE
IN EARLY POSTNATAL ONTOGENESIS**

**Аннотация.** Во время работы лаборатории КИКБ было обнаружено, что циклогекси­мид — блокатор синтеза белка — не работает на молодых мышах тем же образом, что и на взрослых особях — уменьшая возбудимость клеток, снижая площади двигательных представительств (ДП) [1]. Считается, что это вызвано разрушением синапсов после прекращения син­теза белков, поддерживающих эти соединения, вследствие нарушения целостности синапсов значительно возрастают пороговые токи двигательных ответов (ДО) [2]. Нашей целью в этом исследовании стало изучение влияния циклогексимида (ЦГ) на расположение корковых двигательных представительств в ходе раннего постнатального онтогенеза белых нелинейных мышей. В ходе работы были проведены эксперементы на 30 мышах. Ингибирование синтеза белков при помощи циклогексимида эффективно лишь на 27 день постнатального развития мыши.

**Abstract.** During the research of the DICB laboratory, it was found that the cycloheximide-inhibitor of protein synthesis does not work in young mice in the same way as in adults - reducing the excitability of cells, reducing the area of motor representation. It is believed that this is caused by the destruction of synapses after the termination of the synthesis of proteins supporting these compounds, due to the disruption of the integrity of the synapses, the threshold currents of motor response considerably increase. Our goal in this study was to study the effect of cycloheximide on the location of cortical motor sites during early postnatal ontogeny of white non-linear mice. During the work, experiments were performed on 30 mice. Inhibition of protein synthesis with cycloheximide is effective only on the 27th day of postnatal development of the mouse.

***Ключевые слова***: циклогексимид, моторная кора, онтогенез, белые нелинейные мыши.

***Keywords***: cycloheximide, motor cortex, ontogenesis, white nonlinear mice.

**Методика.** Проведены острые опыты на 30 нелинейных белых мышах в возрасте от 5 до 30 дней под общим (Золетил 100) и местным (1 % р-р новокаина) наркозом. Для внутрикорковой микростимуляции (ВКМС) использовали стеклянные микроэлектроды, заполненные 1,5 М цитратом натрия, с кончиками, обломленными под микроскопом до диаметра 10 мкм и сопротивлением около 1,0 МОм. Для ВКМС использовались короткие серии прямоугольных импульсов длительностью 0,4 мс, частотой 300 имп./с, по 7 импульсов в пачке, интенсивностью тока не более 200 мкА. Шаг погружения микроэлектрода составлял 0,5 мм. После первоначального картирования проводилось внутрикорковое введение 1 мкл раствора с помощью шприца Гамильтона в область расположения двигательного представительства передней конечности. Вводили либо растворитель (20 % раствор этанола в 0,9 % хлорида натрия), либо р-р циклогексемида (Sigma, 40 мг/мл растворителя) [3]. Картирование повторяли через 40 мин. Достоверность различий пороговых токов оценивали по критерию Вилкоксона. Достоверных различий пороговых токов до и после введения растворителя не обнаружено. Далее представлены данные влияния циклогексимида на расположение корковых двигательных представительств у белой мыши.

При контрольном картировании у животных до 14–16 дней обнаруживали преимущественно билатеральные ДО мышц конечностей и морды. Характер двигательных ответов после введения блокатора синтеза белка ЦГ практически остается неизменным. Пороговые токи, например, ДО мышц конечностей составляли (в 7 дней) 47 ± 5,9 мкА. После инъекции ЦГ значения тока ДО составили порядка 62,2 ± 2,6 мкА. Разница между показаниями мышат является статистически достоверной (*p* < 0,05). При сборе данных у 11 дневных мышей мы получили следующие показатели 48,0 ± 3,3 мкА до инъекции ЦГ. После инъекции ЦГ значения пороговых токов ДО мышц конечностей у мышат того же возраста достоверно (*p* < 0,05) возрастали и составляли 67,8 ± 1,5 мкА, но поскольку значения пороговых токов ДО оказывались ниже 100 мкА, что исключает затекание тока на соседние участки коры, эти ДО наносились на карту. Сохраняя схожую амплитуду изменения токов первые две недели, мы обнаружили, что на 17‑й день после введения ЦГ ток достоверно снижается с 54,6 ± 6,2 мкА до 33,1 ± 1,0 мкА (*p* < 0,05), смены положения представительств обнаружено не было. Похожая ситуация наблюдается
в течение всей третьей недели развития и, предположительно, она связана с повторной реструктуризацией неокортекса. Таким образом, ингибируя синтез белка во время перестроек, мы, возможно, блокируем синтез белков апоптоза, тем самым ЦГ выполняет роль протектора синаптических связей и понижает пороговые значения тока. Еще одной особенностью онтогенеза в эту неделю стал переход ДО от билатеральных к контралатеральным и ипсилатеральным ДО. С 25-го дня вновь наблюдается достоверное повышение тока после ввода ЦГ. До инъекции ЦГ наблюдались показания тока, равные 47,0 ± 4,2 мкА ДО задних конечностей. После инъекции ЦГ пороговые токи составили 83,0 ± 2,5 мкА для ДО задних и передних конечностей. Полученные показатели мышей 25 дня постнатального онтогенеза статистически отличаются (*p* < 0,05). На 27 день было зарегистрирован типичный для взрослой мыши результат с повышением тока более 100 мкА. Пороговые токи при первоначальном картировании мышей составляли 11,7 ± 0,5 мкА. При картировании после ввода ЦГ ДО достигались при стимуляции в 155,0 ± 6,5 мкА. При данной силе тока импульс заливает соседние колонки [4], а картирование становится невозможным. Разница в этот день между токами ДО до и после ввода ЦГ являлась статистически достоверной (*p* < 0,001).

Выводы. В первые две недели наблюдается достоверное (*р* < 0,05) повышение поро­говых токов при действии циклогексимида, однако это повышение не достигает 100 мкА, что позволяет нам говорить о сохранности моторной карты. На третьей неделе раннего постнатального онтогенеза не наблюдается изменения возбудимости под действием циклогексимида. Ингибирование синтеза белков при помощи циклогексимида эффективно лишь на 27 день постнатального развития мыши.

**Список использованной литературы**

1. Худякова Н. А. Влияние циклогексимида на активность мышей линии BALB в условиях суок-теста и теста «решетка» // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2014. № 4. С. 67–71.
2. Худякова Н. А. Влияние блокатора синтеза белка и ингибитора NO-синтазы на расположение корковых двигательных представительств // VI Междунар. конф. по когнитивной науке: тез. докл. Калининград, 2014. С. 608–609.
3. Kleim J. A., Bruneau R., Calder K., Pocock D., VandenBerg P. M., MacDonald E., Mon­fils M. H., Sutherland R. J. Functional organization of adult motor cortex is dependent upon continued protein synthesis // Neuron. 2003. Vol. 40. P. 167–176.
4. Asanuma H., Arnold A., Zarzecki P. Further study on the excitation of pyramidal track cells by intracortical microstimulation // Exp. Brain Res. 1976. Vol. 26. № 3. P. 443–461.

***Артемьева Диана Сергеевна, Удмуртский государственный университет, dianka.artemeva.93@mail.ru;
Мусалимова Мария Леонидовна, Удмуртский государственный университет,***
***3510-96@mail.ru***

***Научный руководитель — Мокрушина Елена Анатольевна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. б. н.***

**Изменения в функциональной организации двигательных
представительств мышц при микростимуляции
верхнего двухолмия после отключения ядер шва у белой мыши**

**CHANGES IN THE FUNCTIONAL ORGANIZATION OF motor representations of muscles IN MICROSTIMULATION OF superior colliculus
AFTER disconnecting OF THE NUCLEI raphe IN THE WHITE MOUSE**

**Аннотация.** Проведено комплексное электрофизиологическое исследование на белых мышах для изучения изменений в функциональной организации двигательных представительств лицевых мышц при микростимуляции верхнего двухолмия после отключения ядер шва. В результате данных исследований выявлены особенности в изменении характера двигательных ответов мышц, что указывает на непосредственное участие ядер шва в функционировании текто-фациальной системы у белой мыши. Полученные нами результаты согласуются с морфологическими данными. Различный характер двигательных ответов мышц на микростимуляцию верхнего двухолмия при отключении различных ядер шва указывает на дифференцированное влияние ядер шва в регуляции текто-фациальных взаимодействий.

**Abstract.** A complex electrophysiological study was carried out on white mice to study changes in the functional organization of the motor facial muscles in the microstimulation of the colliculus superior after disconnecting of the nuclei raphe. As a result of these studies, specific features in the change in the character of the motor responses of the muscles were revealed, which indicates the direct involvement of the nuclei raphe in the functioning of the tecto-facial system in the white mouse. The results obtained by us agree with the morphological data. The different nature of the motor responses of the muscles to the microstimulation of the colliculus superior when the various nuclei raphe are disconnected indicates the differentiated effect of the nuclei raphe in the regulation of the tecto-facial interactions.

***Ключевые слова:*** двигательные представительства лицевых мышц, микростимуляция, верхнее двухолмие, распространяющаяся депрессия, ядра шва.

***Keywords:*** motor representations of facial muscles, microstimulation, colliculus superior, spreading depression, nuclei raphe.

Ранее проведенные исследования на белых мышах выявили, что одной из центральных систем управления лицевой мускулатурой является текто-фациальная ситема [1, 2, 3]. В ее состав входят: высший центр — верхнее двухолмие (ВД), сегментарный уровень — ядро лицевого нерва (ЯЛН) и надсегментарный уровень, включающий ряд стволовых образований мозга, среди которых особого внимания заслуживают ядра шва (ЯШ) [1, 4, 5]. На сегодня известно, что ЯШ принимают участие в регуляции смены сна и бодрствования, сенсорной габитуации
и регуляции двигательного контроля [4, 5]. Данные функциональной морфологии и электрофизиологии показали, что ЯШ выступают коллекторами в текто-фациальной системе управления лицевыми мышцами у белой мыши, собирая информацию от высшего центра — верхнего двухолмия и промежуточных структур и направляя ее к ядру лицевого нерва [1, 4, 5]. Однако роль ЯШ в текто-фациальной системе у белой мыши до конца не выяснена.

В связи с этим, целью нашей работы явилось изучение изменений в функциональной организации двигательных представительств (ДП) лицевых мышц при микростимуляции (МС) верхнего двухолмия после отключения ядер шва у белой мыши.

Опыты проводились на 60 нелинейных взрослых белых мышах обоего пола весом
25–35 г. В качестве наркоза использовали золетил 100 (70 мг/кг) внутрибрюшинно, для подкож­ной анестезии — 0,5 % новокаин. Для отключения ЯШ применяли метод распространяющейся депрессии. Микроэлектрод (МЭ), заполненный 20 % раствором хлорида калия и метиленового синего, вводили в I серии экспериментов (15 мышей) в скрытое ЯШ, во II — (15 мышей) в большое ЯШ, в III серии (15 мышей) — бледное ЯШ, в IV серии (15 мышей) — дорсальное ЯШ. МС ВД осуществляли до и после отключения ЯШ с использованием МЭ с диаметром кончика 5–10 мкм и сопротивлением 1,5 МОм, заполненным 1,5 М цитратом натрия. Парамет­рами МС служили 7 импульсов в пачке длительностью 0,4 мс, частотой 300 импульсов в секун­ду, интенсивностью до 35 мкА, на катоде. Регистрацию двигательных ответов (ДО) лицевых мышц производили с помощью визуального контроля. С помощью программы «Сart-V1,0» строили плоскостные карты двигательных представительств (ДП) лицевой мускулатуры в ВД после отключения ЯШ. На основе полученных плоскостных карт с помощью компьютерной программы «КОМПАС» создали объемные реконструкции ДП мышц в ВД после отключения ЯШ. Дополнительную обработку плоскостных карт и объемных реконструкций проводили при помощи программы «Adobe Photoshop 9.0». Процентное соотношение ДП мышц в ВД оп­ре­де­ляли по количеству точек в треках определенного ДП мышц от общего количества всех треков в определенном холме ВД.

МС ВД до и после отключения ЯШ вызывала ДО лицевой и соматической мускулатуры у белой мыши. Так, регистрировались ДО вибрисс, верхней губы, нижней челюсти, век, ушных раковин, конечностей и хвоста. На МС ВД до отключения ЯШ ДО вибрисс, верхней губы, ушных раковин носили, в основном, контралатеральный характер. Отключение ЯШ с последующей МС ВД позволили выявить особенности в изменении характера ДО мышц. На МС ВД после отключения скрытого ЯШ доминировали билатеральные, реже ипси- и контралатеральные ДО вибрисс, век, верхней губы и ушных раковин; после отключения большого, бледного и дорсального ЯШ резко преобладали ипсилатеральные ДО вибрисс, век, ушных раковин. Кроме того, на МС ВД после отключения ЯШ наблюдалось преобладание ДО лицевых мышц больше
в правом холме ВД, чем в левом. Различия в локализации ДП лицевых мышц на МС левого и правого холмов ВД после отключения ЯШ указывают, вероятно, на морфо-функциональную асимметрию ВД у белой мыши. Таким образом, МС ВД с отключением ЯШ вызывала ДО лицевых мышц, характер ответов которых отличался от характера ответов мышц до отключения ЯШ [2], что указывает на непосредственное участие ЯШ в функционировании текто-фациаль­ной системы у белой мыши. Полученные нами результаты согласуются с морфологическими данными [1, 4]. Смещение и изменение размеров ДП лицевых мышц в ВД после отключения ЯШ, возможно, связано с уменьшением афферентного притока получаемой информации, поскольку отключение ЯШ повлекло за собой отключение определенных связей в тектофациальной системе. Известно, что ЯШ имеют прямые и обратные связи с ВД [4], и, по всей видимости, отключение ЯШ может снимать тормозное влияние на ВД, тем самым расширяя области ДП. Различный характер ДО мышц на МС ВД при отключении различных ЯШ указывает на дифференцированное влияние ЯШ в регуляции текто-фациальных взаимодействий.

**Список использованной литературы**

1. Мокрушина Е. А., Проничев И. В. Организация тектофациальной системы у белой мыши (данные морфологии) // Вестник УдГУ, Ижевск. 2005. С. 157–165.
2. Проничев И. В., Емельянова В. В. Новые представления о функциональной организации верхнего двухолмия // Успехи физиологических наук. 1994. Т. 25. № 4. С. 57–58.
3. Проничев И. В., Ленков Д. Н. Лицевые двигательные ответы на микростимуляцию верхних холмов у белой мыши // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 1989. Т. 25. № 1. С. 81–87.
4. Мокрушина Е. А., Проничев И. В. Роль ядер шва в регуляции двигательной активности лицевой мускулатуры у белой мыши // Российский физиологический журнал. 2004. Т. 90. № 8. Ч. 1. С. 394.
5. Мокрушина Е. А., Проничев И. В. Функциональная организация ядер шва у белой мыши (данные микростимуляции) // Сборник статей X Международной научно-практичес­кой конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине», 2016. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2016. С. 43–45.

Ахунзянов Ринат Ирекович, Удмуртский государственный университет, rinatimmortal@yandex.ru

Научный руководитель — Кожевников Сергей Павлович, Удмуртский государственный университет, доцент, к. б. н.

ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЭЭГ-АКТИВНОСТИ У ЛИЦ
С АЛКОГОЛЬНОЙ ЭПИЛЕПСИЕЙ

PECULIARITIES OF EEG-ACTIVITY PARAMETERS OF PERSONS
WITH ALCOHOL EPILEPSY

**Аннотация.** При исследовании параметров ЭЭГ у лиц с алкогольной эпилепсией были обнаружены крайне высокая амплитуда дельта-ритма во фронтальных и височных отделах. Отчетливо выраженные различия амплитуды тета-ритма по сравнению с группой больных алкоголизмом. Отсутствие реакции медленноволновой части спектра в ответ на гипервентиляцию, кроме незначительного увеличения амплитуды тета-ритма и снижения амплитуды в бета-2 частотном диапазоне. Снижение амплитуды бета-1 ритма в ответ на пробу с открыванием глаз. Данные изменения могут быть следствием дистрофических и нейродегенеративных процессов в тканях головного мозга, обусловленных воздействием токсических метаболитов алкоголя.

**Abstract.** When studying EEG parameters in persons with alcoholic epilepsy, it was found: an extremely high amplitude of delta rhythm in the frontal and temporal divisions. Distinctly expressed differences in the amplitude of the theta rhythm compared with the group of patients with alcoholism. The lack of a slow-wave response in response to hyperventilation, except for a slight increase in the amplitude of the theta rhythm and a decrease in amplitude in the beta-2 frequency range. Decrease in the amplitude of the beta-1 rhythm in response to a test with eye opening. These changes may be the result of dystrophic and neurodegenerative processes in the brain tissues caused by exposure to toxic alcohol metabolites.

***Ключевые слова*:** эпилепсия, алкоголизм, алкогольная эпилепсия.

***Keywords*:** epilepsy, alcoholism, alcohol epilepsy.

Алкогольная эпилепсия — одна из самых опасных форм эпилептического психоза, возникающая на фоне потребления алкоголя. На сегодняшний день основной метод ее диагностики — анамнез, который является довольно субъективным и требует дополнительных объективных физиологических критериев для постановки диагноза. Одним из перспективных методов диагностики различных неврологических патологий является метод электроэнцефалографии.

**Цель.** Целью нашего исследования явилось изучение особенностей биоэлектрической активности мозга у лиц с диагнозом алкогольной эпилепсии.

**Методы исследования.** В исследовании приняли участие 13 больных алкогольной зависимостью, 17 больных алкогольной эпилепсией в возрасте от 28 до 64 лет. ЭЭГ фиксировалась на стадии выписки из лечебного учреждения (больные не получали никаких психотропных препаратов). В качестве группы сравнения использовались данные ЭЭГ исследования 10 пси­хи­чески здоровых, не злоупотребляющих алкоголем человек в возрасте от 18 до 22 лет. Все испытуемые были праворукими мужчинами. ЭЭГ регистрировали от 8 отведений. В качестве функциональных проб использовались регистрация фоновой активности с открытыми, закрытыми глазами и проба гипервентиляции.

**Результаты.** Прямые сравнения параметров ЭЭГ в группах больных алкоголизмом и алкогольной эпилепсии показывают, что для алкоголиков с эпилепсией характерны повышенные значения амплитуд в дельта- и тета-диапазонах.

Высокие показатели медленноволновой активности в состоянии спокойного бодрствования (открытые и закрытые глаза) могут свидетельствовать о развитии дистрофических процессов и сниженных активизирующих влияний ствола головного мозга в результате воздействия токсических метаболитов алкоголя на нервное волокно с последующей аксональной дегенерацией [1].

В ответ на гипервентиляцию не наблюдается значительных изменений амплитуды медленноволновой активности, что не согласуется с работами других авторов при исследовании иных патологий эпилептического генеза [2]. За исключением немного увеличенной амплитуды в тета-диапазоне.

Однако нами выявлено снижение амплитуды бета-2-диапазона после гипервентиляции, что также нехарактерно для патологий эпилептического генеза, отличительной чертой которого являются вспышки и пароксизмы генерализованной медленноволновой активности [3, с. 232–234].

Сравнение параметров ЭЭГ активности в других частотных диапазонах показало, что для алкоголиков и алкоголиков с эпилепсией по сравнению с нормой (здоровые испытуемые) характерны сниженные показатели амплитуды альфа-2-ритма, особенно во фронтальных отделах левого полушарии, что может свидетельствовать о высоком уровне неспецифической активации головного мозга и нарушении мозгового кровообращения [4]. У больных с алкогольной эпилепсией наблюдается слабая реакция на открывание глаз в *α*2-диапазоне, что свидетельствует о нарушении процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга. Все это хорошо сочетается с психической (алкогольной) дегенерацией у лиц с алкогольной зависимостью, которая изменяется в сторону эпилептоидной психопатии. У таких больных на ЭЭГ ярко выражены угнетение активности альфа-ритма фронтального отдела коры и повышение медленноволновой активности.

Особое внимание привлекает неадекватное изменение амплитуды в бета-1-диапазоне
в ответ на открывание глаз, в норме амплитуда данного ритма должна повышаться, однако в нашем исследовании фиксируется снижение активности бета-1-диапазона. Это можно связать с нейродегенеративными процессами в коре вследствие токсического воздействия алкоголя как нейродегенеративного яда, угнетающего и разрушающего активность головного мозга, повреждающего кортико-таламические связи и снижающего активность ретикулярной формации среднего и продолговатого мозга.

Таким образом, для больных алкогольной эпилепсией характерна высокая амплитуда дельта- и тета-диапазонов по сравнению с группой алкоголиков, отсутствие значительных изменений медленноволновой активности в ответ на гипервентиляцию и снижение активности бета-2-ритма. Парадоксальна реакция бета-1-ритма в ответ на открывания глаз, что является отличительной особенностью больных алкогольной эпилепсии и может расцениваться как диагностический маркер.

**Список использованной литературы**

1. Иванец Н. Н. Алкоголизм: Руководство для врачей / Н. Н. Иванец, М. А. Винникова. М.: ООО «Издательство «Медицинское Информационное агенство», 2011. 522 с.
2. Drury I. Activation of seizures by hyperventilation / In: Luders H. O., Noachtars, eds. Epilep­tic seizures: pathophysiology and clinical semiology. Philadelphia: Churchill & Livingstone, 2000. P. 575–579.
3. Колягин В. В. Эпилепсия: монография. Иркутск: РИО ГБОУ ДПО ИГМАПО, 2013.
4. Иваницкая Л. Н., Пустовая О. В. Исследование влияния хронической алкогольной интоксикации на показатели биоэлектрической активности головного мозга // Валеология. 2009. № 3. С. 67–75.

Большакова Ксения Васильевна, Удмуртский государственный университет, bolschakova.ks@yandex.ru.

Научный руководитель — Холмогорова Надежда Владимировна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. биол. н.; Томилина Ирина Ивановна, Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина, РАН, к. биол. н.

**ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ОДНОСТЕННЫХ
УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ТЕСТ-ОРГАНИЗМЫ
РАЗЛИЧНОЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

**ESTIMATION OF TOXIC EFFECTS OF SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBES
ON TEST ORGANISMS OF VARIOUS SYSTEMATIC GROUPS**

**Аннотация.** Приведены результаты опытов токсического действия углеродных нанотрубок (УНТ) на различные тест-организмы. Отмечено повышение смертности *Daphnia magna* под воздействием концентраций УНТ 1, 5, 10 мг/л, а отрицательное воздействие на *Ceriodaph­nia dubia* проявлялось в концентрациях 0,01, 0,1 и 1 мг/л. В хроническом опыте отмечена концентрация УНТ 0,1 мг/л, при которой наблюдалась минимальная плодовитость и среднее число пометов на одну самку. УНТ в концентрации 1 мг/л стимулировали всхожесть и энергию прорастания кресс-салата.

**Abstract.** Presents the results of experiments of the toxic effect of carbon nanotubes (CNT) on the test-organisms of various systematic position. It is noted that in acute experiments the solutions of CNT have a negative impact on the crustaceans *Daphnia magna* at concentrations of 1, 5, 10 mg/l (mortality) while at on *Ceriodaphnia dubia* in concentrations of 0,01, 0,1 and 1 mg/l. In chronic experiment the most toxic concentration of CNT is 0,1 mg/l, at which the lowest rate of fertility and of mean number of litters per female are demonstrated. CNT concentration of 1 mg/l stimulated the germination and energy of germination of the cress-salad seeds.

***Ключевые слова:*** наночастицы, углеводные нанотрубки, биотестирование.

***Keywords:*** nanoparticle, carbon nanotubes, biotesting.

Наступающая эра нанотехнологий неизбежно связана с увеличением производства наноматериалов, что конечно же отразится на окружающей среде. Безопасность (или опасность) некоторых из них до сих пор еще не доказана, поэтому на сегодняшний день вопрос изучения токсичности УНТ является одним из ведущих.

Целью данной работы является исследование токсического действия одностенных УНТ на тест-организмы различной систематической принадлежности.

Под биотестированием понимают процедуру установления токсичности проб по изменению признаков, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-организмов. Благодаря простоте, оперативности и доступности биотестирование получило широкое признание во всем мире, и его постоянно используют наряду с методами аналитической химии в анализах биобезопасности. В биотестировании мы использовали организмы разной таксономической принадлежности, ракообразных — дафний и цериодафний и овощное однолетнее растение — кресс-салат.

Исходным материалом для опытов был углеродный наноматериал «Таунит» (одностенные УНТ).

УНТ — молекулярные соединения, принадлежащие к классу аллотропных модификаций углерода и представляющие собой протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной от одного до нескольких микрометров.

УНТ входят в состав многих промышленных и бытовых изделий. Компоненты наноматериалов — наночастицы, наноплёнки и нановолокна — могут попадать в окружающую среду разными путями на протяжении всего цикла их жизни — получения, обработки, перевозки, использования и утилизации продукции [1].

Полученный материал измельчали с помощью диспергатора. Затем приводили полученный раствор к различным концентрациям: 20; 10; 5; 1; 0,1; 0,01; 0,001 мг/л.

**Методика биотестирования.** Острый опыт проводили в течение 48 часов на цериодафниях и дафниях, учитывая смертность в опыте и контроле.

Хроническое токсическое действие исследуемого раствора на цериодафний определяли по смертности и изменению плодовитости за 12 суток. Критерием хронической токсичности служит гибель 20 % и более тест-организмов и (или) достоверное отклонение в плодовитости из числа выживших самок по сравнению с контролем [2].

В проведении опытов на кресс-салате в качестве субстрата использовали фильтровальную бумагу. В каждую чашку Петри помещали 30 семян и увлажняли их исследуемым раствором. Опыты проводили в 2 повторностях. Биотестирование проводили в лаборатории физиологии и токсикологии водных животных ИБВВ РАН (п. Борок).

**Результаты и обсуждение.** Наибольший процент (80 %) смертности особей *Daphnia magna* наблюдается в концентрациях 10; 5; 1 мг/л, а в концентрациях 0,01; 0,001 мг/л смертность особей не зафиксирована. Это можно объяснить тем, что большие концентрации УНТ оказывают большее отрицательное влияние на особей в остром опыте. Процент гибели особей изменяется в диапазоне от 5 (0,001; 0,01 мг/л) до 50 (0,1 мг/л).

При повышении концентрации УНТ в растворе смертность цериодафний возрастает (от 20 до 45). Это свидетельствует о том, что большие концентрации оказывают отрицательное воздействие на ракообразных. В хроническом опыте смертность заметно возрастала при концентрации УНТ 0,1 мг/л (50 % особей), а в концентрации 1 мг/л погибало 20 % особей. Таким образом, концентрация 0,1 мг/л оказывает наибольшее влияние на жизнедеятельность особей в отличие от других концентраций. В концентрациях 0,01; 0,001; 1 мг/л и в контроле наблюдается наибольшее среднее число молоди на одну самку (от 18,7 до 8,8 экз.), а в концентрации 0,1 мг/л наименьшее число молоди на одну самку (4,5 экз.).

В концентрациях 0,01; 0,001; 1 мг/л и в контроле наблюдается относительно одинаковое значение (от 3 до 3,5 экземпляров) среднего числа пометов цериодафний, а в концентрации 0,1 мг/л это значение меньше (1,8).

Опыт на кресс-салате показал, что наибольший процент всхожести и энергии прорастания наблюдается в концентрации УНТ 1 мг/л и в контроле. Возможно, что концентрация 1 мг/л оказывает стимулирующее воздействие на описываемые параметры.

Длина корня статистически значимо отличается от контроля в концентрациях 0,01 и 0,001 мг/л. По результатам биотестирования можно сделать следующие выводы:

1. В ходе острого опыта было замечено, что растворы УНТ оказывают отрицательное воздействие на ракообразных *Daphnia magna* в концентрациях 1, 5, 10 мг/л (показатель смертности).

2. Отрицательное воздействие на *Ceriodaphnia dubia* в остром опыте прослеживается в концентрациях 0,01, 0,1 и 1 мг/л. В хроническом опыте отмечена наиболее токсичная концентрация УНТ *—* 0,1 мг/л, при которой наблюдался наименьший показатель плодовитости и среднее число пометов на одну самку.

3. В ходе опыта на кресс-салате *Lepidium sativum* отмечена максимальная длина побега и корня в концентрации 0,01 мг/л. Стимуляцию всхожести и энергии прорастания оказывала концентрация УНТ 1 мг/л.

**Список использованной литературы**

1. Годымчук А. Ю., Савельев Г. Г., Зыкова А. П. Экология наноматериалов: учебное пособие / под ред. Патрикеева Л. Н. и Ревиной А. А. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2016. 272 с.

2. Томилина И. И., Гремячих В. А., Мыльников А. П., Комов В. Т. Изменение биологичес­ких параметров пресноводных гетеротрофных жгутиконосцев и ветвистоусых ракооб­разных при действии нано и микрочастиц оксидов металлов // Институт биологии внут­ренних вод им. И. Д. Папанина РАН. 2011. С. 102–112.

3. Гусев А. А. Исследование содержания аэрозольных наночастиц в воздухе рабочей зоны нанотехнологического производства и оценка воздействия наноматериала на бактерии на примере углеродного наноматериала «ТАУНИТ» / А. А. Гусев, В. В. Родаев, И. А. Васюкова и др. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и тех­нические науки. 2013. Т. 18. № 1. С. 299–303.

Вайтина Алла Магфуровна, Удмуртский государственный университет, allaaa85@mail.ru

Научный руководитель — Бедулева Любовь Викторовна, Удмуртский государственный университет, профессор, д. б. н.

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ИММУНИЗАЦИИ КРЫС ЛИМФОЦИТАМИ
ЧЕЛОВЕКА НА ПРОДУКЦИЮ АУТОАНТИТЕЛ К СD4, ВЫЗВАННУЮ gp120 ВИЧ**

**INFLUENCE OF PRELIMINARY IMMUNIZATION OF RATS
BY HUMAN LYMPHOCYTES ON THE PRODUCTION OF ANTIBODIES
TO CD4 CAUSED BY HIV gp120**

**Аннотация.** Причиной истощения CD4+ лимфоцитов при ВИЧ-инфекции является аутоиммунная реакция против CD4, индуцированная gp120 белком ВИЧ-1. Предварительная иммунизация лимфоцитами может оказаться эффективным средством предотвращения развития аутоиммунной реакции к CD4, индуцируемой gp120 ВИЧ. В плазме крови крыс, предварительно иммунизированных лимфоцитами человека, в ответ на последующую иммунизацию gp120 гликопротеином ВИЧ в 80 % случаев продукции аутоантител к CD4 не наблюдалось. Иммунизация лимфоцитами вызывает у крыс продукцию регуляторного ревматоидного фактора. Регуляторный ревматоидный фактор может быть ответственен за предотвращение продукции аутоантител к CD4, вызываемой gp120 ВИЧ-1.

**Abstract.** The reason for the depletion of CD4+ lymphocytes in HIV infection is an autoimmune reaction against CD4, induced by the gp120 protein HIV-1. Lymphocytes immunization can be an effective means of preventing the development of an autoimmune response to CD4 induced by HIV gp120. In 80 % rats previously immunized with human lymphocytes CD4 autoantibodies production was not observed in response to the immunization with gp120 HIV. Lymphocyte immunization causes the production of regulatory rheumatoid factor in rats. The regulatory rheumatoid factor may be responsible for preventing the production of CD4 autoantibodies caused by HIV-1 gp120.

***Ключевые слова:*** аутоантитела, CD4, gp120 ВИЧ-1, лимфоциты.

***Keywords:*** AIDS, autoantibodies, CD4, gp120 HIV-1, lymphocytes.

В настоящее время ВИЧ-инфекцию рассматривают как обычное вирусное заболевание. Однако антиретровирусная терапия не останавливает прогресс ВИЧ-инфекции, поэтому заболевание всегда заканчивается летально в результате присоединения оппортунистических инфекций. Известно, что развитие и прогрессирование ВИЧ-инфекции в направлении СПИДа у ВИЧ-инфицированных людей является результатом глубокого истощения CD4+ лимфоцитов, объяснить которое прямым цитопатическим действием вируса не удается [1, 2]. Наиболее обос­нованной гипотезой, объясняющей истощение лимфоцитов при ВИЧ-инфекции, является аутоиммунная гипотеза СПИДа, предполагающая, что причиной истощения CD4+ лимфоцитов является аутоиммунная реакция против CD4, индуцированная gp120 белком ВИЧ [3, 4, 5].

Если причиной истощения незараженных CD4+лимфоцитов являются аутоиммунные реакции, направленные против этих клеток, тогда предотвратить развитие иммунодефицита, вызываемого ВИЧ, можно посредством блокирования развития аутоиммунных реакций к CD4 лимфоцитам, запускаемых gp120 ВИЧ [2]. Возможно, предварительная иммунизация лимфоцитами может оказаться эффективным средством предотвращения развития аутоиммунной реакции к CD4, индуцируемой gp120 ВИЧ. Данная идея возникла на основе результатов исследований E. J. Stott, который показал, что иммунизация обезьян неинфицированными С8166 клетками (человеческие Т лимфобластные клетки) предотвращает последующее заражение обезьян вирусом иммунодефицита [6].

Крысам Wistar вводили обработанные митомицином С мононуклеарные клетки периферической крови человека. Через 4 недели крыс иммунизировали gp120-гликопротеином ВИЧ с целью индукции аутоиммунной реакции к CD4 [7]. В плазме крови определяли антитела к gp120 ВИЧ, аутоантитела к CD4 и титр регуляторного ревматоидного фактора.

У 80 % крыс, предварительно иммунизированных лимфоцитами, продукции аутоантител к CD4 в ответ на иммунизацию gp120 ВИЧ не выявлено. У крыс, не продуцирующих аутоантитела к CD4 в ответ на иммунизацию gp120, гуморальный иммунный ответ против gp120 слабее, чем у крыс, которые их продуцируют. Выявленная ассоциация между отсутствием продукции антител к CD4 в ответ на иммунизацию gp120 и слабым иммунным ответом на данный белок ожидаема, так как именно лимфоциты против gp120 индуцируют аутоиммунную реакцию против CD4 [8, 9]. Обнаружено, что иммунизация лимфоцитами человека вызывает у крыс продукцию регуляторного ревматоидного фактора. Как известно, регуляторный ревматоидный фактор сдерживает экспансию активированных лимфоцитов [10], поэтому причиной слабой продукции антител к gp120, и, как следствие, отсутствие продукции аутоантител к CD4 у крыс, предварительно иммунизированных лимфоцитами, может быть продукция регуляторного ревматоидного фактора.

**Список использованной литературы**

1. Bourinbaiar A. S., Root-Bernstein R. S., Abulafia-Lapid R., Rytik P. G., Kanev A. N. Jirathitikal V. and Orlovsky V. G. Therapeutic AIDS vaccines // Current Pharmaceutical Design. 2006. Vol. 12. P. 2017–2030.

2. Ansari A. A. Autoimmunity, anergy, lentiviral immunity and disease // Autoimmun. Rev. 2004. Vol. 7–8. P. 530–40.

3. Kennedy J. R. AIDS — an autoimmune model // Med. Hypotheses. 1992. Vol. 37. P. 16–19.

4. [Kuwata T](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Kuwata%20T%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Nishimura Y](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Nishimura%20Y%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Whitted S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Whitted%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Ourmanov I](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ourmanov%20I%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Brown C. R](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Brown%20CR%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Dang Q](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Dang%20Q%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Buckler-White A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Buckler-White%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Iyengar R](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Iyengar%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Brenchley J. M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Brenchley%20JM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097)., [Hirsch V. M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Hirsch%20VM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19360097). Association of progressive CD4(+) T cell decline in SIV infection with the induction of autoreactive antibodies // [PLoS Pathog.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Association+of+Progressive+CD4%2B+T+Cell+Decline+in+SIV+Infection+with+the+Induction+of+Autoreactive+Antibodies) 2009. Vol. 5. № 4. P. 1–17.

5. Moller C., Kukel S., Bauer R. Relationship of antibodies against CD4+ T cells in HIV-infec­ted patients to markers of activation and progression:autoantibodies are closely associated with CD4 cell depletion // Immunology. 1993. Vol. 79. P. 248–254.

6. Stott E. J., Kitchin P. A., Page M., Flanagan B., Taffs L. F., Chan W. L., Mills K. H. G., Silve­ra P. and Rodgers A. Anti-cell antibody in macagues // Nature. 1991. Vol. 353. P. 393.

7. Beduleva L., Khramova T., Menshikov I., Stolyarova E., Pavlova S. [Combined Action of Anti-CD4 Autoantibodies and Rheumatoid Factor in the Development of CD4 Lymphocytopenia in Rats I mmunized with HIV-1 gp120](https://p.360pubmed.com/pubmed/26916783) // AIDS Res. Hum. Retroviruses. 2016. Vol. 32. № 12. P. 1173–1179.

8. Keay S., Tacket C., Murphy I. Anti-CD4 anti-idiotype antibodies in volunteers immunized with rgp160 of HIV-1 or infected with HIV-1 // AIDS Res. Hum. Retroviruses. 1992. Vol. 8. P. 1091–1098.

9. Corre J., Fevrier M., Chamaret S. Anti-idiotypic antibodies to human anti-gp120 antibodies bind recombinant and cellular human CD4 // Eur. J. Immunol. 1991. Vol. 21. P. 743–751.

10. Stolyarova E., Beduleva L., Menshikov I., Snigiryev A., Khramova T. [Mechanism by which regulatory rheumatoid factor prevents experimental autoimmune encephalomyelitis](https://p.360pubmed.com/pubmed/29521254) // Endocr. Metab. Immune Disord. Drug Targets. 2018. doi: 10.2174/1871530318666180308123350.

Зайцев Александр Михайлович, Удмуртский государственный университет, aleksandr.za.mi@yandex.ru

Научные руководители — Беляков Евгений Александрович, Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН (п. Борок, Ярославская обл.), к. биол. н.; Платунова Гузель Рашидовна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. биол. н.

**БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *ACORUS CALAMUS* L.
ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В ЯРОСЛАВСКУЮ ОБЛАСТЬ**

**BIOMORPHOLOGICAL FEATURES OF *ACORUS CALAMUS* L.
IN THE INTRODUCTION TO THE YAROSLAVL AREA**

**Аннотация.** В работе представлено исследование по изучению морфологии вегетативной и генеративной сфер ценного лекарственного растения Аира болотного (*Acorus cala­mus*L.) — прибрежно-водного растения, родиной которого является тропическая Азия. В ходе исследования описана жизненная форма этого растения.

**Abstract.** The paper presents a study on the morphology of the vegetative and generative spheres of the valuable medicinal plant *Acorus calamus* L. — a riparian-aquatic plant, which is native to tropical Asia. The study describes the morphology of the life form of this plant.

***Ключевые слова:*** биоморфология, Acorus calamus L., Ярославская область, прибрежно-водный, интродукция.

***Keywords*:** biomorphology, Acorus calamus L., Yaroslavl oblast, riparian-water, introduction.

В некоторых регионах России в естественных условиях произрастает ограниченное число полезных растений, в особенности из группы лекарственных. В связи с этим, вопросы интродукции и внедрения в широкую практику новых высокопродуктивных видов и сортов полезных растений по-прежнему не теряют своей актуальности. Вместе с тем, необходимо помнить, что неконтролируемое внедрение новых видов во флору может привести к существенным потерям биологического разнообразия и экономической значимости экосистем, подверженных биологическим инвазиям [1].

Прежде чем вводить растение в культуру, необходимо изучить особенности его роста и развития, оценить биологическую продуктивность в новых для него условиях, а также сравнить продуктивность популяций различного происхождения и качество получаемого в условиях культуры сырья. В этом отношении не теряют своей актуальности исследования биоморфологических особенностей развития побеговой системы Аира болотного (*Acorus calamus* L., представитель семейства Ароидных (Аrасеае)) в различных географических зонах, куда он был постепенно интродуцирован человеком из стран тропической Азии (Китай, Индия) [2, с. 176–182]. В настоящее время *A. calamus* произрастает в Европе, Прибалтике [3], на Кавказе, в Малой Азии, Индии, Китае [4], Японии, в Северной Америке [5, с. 276]. Встречается в средней
и южной полосе европейской части России, почти по всей территории Украины, Белоруссии, Казахстана. Растет по берегам рек и водоемов, на болотах и болотистых лугах со стоячей
и спокойно текучей водой [6, с. 185].

Все части растения широко используются как в лекарственных и парфюмерных целях, так и для приготовления пищи [4]. Сборы Аира используют в качестве средства для лечения болезней желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистых и гинекологических заболеваний, при ревматизме, пневмонии, бронхитах, как ранозаживляющее, спазмолитическое, противолихорадочное средство.

Цель работы: изучение морфологических особенностей *A. calamus* в условиях Ярославской области. Для решения поставленной цели нами решались следующие задачи: 1) с современных биоморфологических позиций рассмотреть характерные особенности побеговой системы; 2) описать жизненную форму этого растения.

В рамках изучения биоморфологии в вегетативной сфере растения мы исследовали такие морфометрические показатели как число живых и отмерших листьев и корней на главном (материнском) и боковых побегах растений, измеряли максимальную длину и ширину листьев, максимальную длину корней, длину и диаметр метамеров побега, определяли ёмкость верхушечной почки. В генеративной сфере измеряли длину и диаметр цветоносов и початковидных соцветий.

Наши наблюдения свидетельствуют о том, что эпигеогенные корневища (формирующиеся в результате постепенного естественного погружения надземного побега в грунт) обладают диаметром 2,0 ± 0,2 см. Хотя в отдельных случаях их диаметр может достигать и больших размеров — до 2,3–3,0 см [7]. Установлению числа циклов роста побега в течение вегетационного сезона способствует характерное волнообразное изменение длины и диаметра его метамеров. Так, годичный побег этого растения (сформированный 14–22 метамерами; средняя длина метамера колеблется от 1,3 до 3,2 см) в условиях Ярославской области представлен двумя побегами ритма (весенне-летний и осенний). Границы побегов ритма определяются по характерным перехватам (участкам корневища, с меньшим диаметром метамеров). Отметим, что на территории Армении число циклов роста у этого растения может достигать 3–4 [8].

Корневая система *A. calamus* сформирована из шнуровидных стеблеродных придаточных корней, белого или желтовато-белого цвета, длиной до 26,0 ± 2,7 см (хотя нередко их длина может достигать и 50–60 см [7, 8]). Ветвление корней осуществляется до *n* + 1, редко до *n* + 2 порядков. Число корней, приходящихся на один годичный побег, достигает 96,0 ± 25,4. Корни на побеге могут сохраняться в живом состоянии до 2–3 лет [7]. Отметим, что участки корневища со стеблеродными придаточными корнями, выходящие на поверхность, нередко способны к ассимиляции (несут в клетках хлорофилл) [8].

Листья *A. calamus* темно-зелёного цвета, расположены очерёдно. Как и для многих растений, для Аира свойственна гидрофилия. Нижние листья (2–3) у него плёнчатые, чешуевидные, как правило, лишённые хлорофилла. За ними следуют листья промежуточного типа (2–3), способные к ассимиляции и обладающие отдельными чертами, характерными для настоящих
листьев. Последние узколинейные, мечевидные, по концам заострённые, а по бокам нередко гафрированные, длиной 137,0 ± 7,0 см и шириной 2,0 ± 0,1 см. С одной стороны листья желобчатые, в то время как с другой имеют ребро. Как указывают И. М. Евсеенко и Л. В. Петухо­ва [7], в связи с тем, что побег Аира плагиотроный, медианы листьев оказываются сдвинуты на верхнюю сторону, что также способствует смещению в этом направлении и пазушных почек, одна часть из которых в течение вегетационного сезона трогается в рост, а другая остаётся спящей. Заметим, что нормально развитый лист сохраняет бифациальную структуру лишь при основании (где располагается листовое влагалище), в то время как его пластинка унифациальна [8].

Моноподиальное нарастание осуществляется до реализации в апикальной меристеме главного побега цветоноса. Вследствие этого происходит перевершинивание. Дальнейшее нарастание побега осуществляется за счёт активного развития самой верхней по положению пазушной почки [7]. Однако при рассмотрении растения кажется, что именно цветонос занимает как бы боковое положение. Цветение наблюдается в конце июня. Цветки у *A. calamus* зеленовато-жёлтые, мелкие, обоеполые, собранные в початок до 10 см длиной, имеющие длинное покрывало (в отдельных случаях до 70 см [9]). В условиях Ярославской области, так же как и на всей территории европейской России [9], семена не вызревают, поэтому размножение и самоподдержание местных популяций происходит исключительно вегетативным путём. Его расселение и распространение происходит при помощи фрагментов корневищ, которые переносятся водными потоками.

По нашим данным, жизненная форма *A. calamus* — травянистый поликарпик; короткокорневищный многолетник со симподиально нарастающей побеговой системой, со стеблеродными придаточными корнями, початковидным соцветием, гемикриптофит. Морфологическая дезинтеграция — полная нормальная, не специализированная. Жизненная форма растения не изменяется при интродукции его за пределами естественного ареала.

**Список использованной литературы**

1. Мальцева С. Ю., Бобров А. А. Чужеродные виды сосудистых растений Рыбинского водохранилища (Верхняя Волга, Россия) // Российский журнал биологических инвазий. 2017. № 3. С. 30–37.

2. Систематика высших растений. Покрытосеменные. Класс Однодольные: пособие для студентов биол. фак. спец. 1-31 01 01 «Биология (по направлениям)», 1-33 01 01 «Биоэкология» / В. В. Черник, М. А. Джус. Минск: БГУ, 2012.

3. Вторичный ареал: аир обыкновенный URL: <http://www.bookblack.ru/areal/5.htm> (дата обращения: 20.02.2018).

4. Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР // Ресурсы Аира обыкновенного (*Acorus calamus* L.) на Российском Дальнем Востоке / Нечаев А. А. М.: Щербинская типография, 2016. С. 131.

5. Соловьёва В. В., Лапиров А. Г. Гидроботаника: учебное пособие. Самара: ПГСГА, 2013.

6. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР // П. С. Чиков. М.: Картография, 1983.

7. Евсенко И. М., Петухова Л. В. Некоторые биоморфологические особенности *Acorus calamus* L. // V Всеросс. конф. по водным растениям «Гидроботаника 2000». Борок,
10–13 окт. 2000 г.: Тез. докл. Борок, 2000. С. 136–137.

8. Оганезова Г. Г., Бороян Р. Г., Барсегян Н. А. Морфолого-анатомические особенности вегетативных частей аира болотного (*Acorus calamus* L.) // Биологический журнал Армении. 1996. Т. 49 (3–4). С. 149–152.

9. Рязанова С. Ю. Изучение биологических особенностей *Acorus calamus* L. при интродукции в центральном нечерноземном регионе России: автореф. дисс. канд. биол. наук. М., 2009. 19 с.

Клименко Юлия Михайловна, Удмуртский государственный университет, yulya.klimenko.1997@gmail.com

Научный руководитель — Рубцова Анна Викторовна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. биол. н.

**ЛИШАЙНИКИ СЕЛА ШАРКАН ШАРКАНСКОГО РАЙОНА
УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**LICHENES OF the SHARKAN VILLAGE OF SHARKAN DISTRICT
OF UDMURT REPUBLIC**

**Аннотация.** Объектом исследования является видовой состав лишайников села Шаркан. Цель исследования — выявление таксономических и экологических особенностей лихенофлоры села Шаркан. Сбор материала проводился традиционным маршрутным методом в течение вегетационных сезонов 2016–2017 годов. Всего было собрано около 300 гербарных образцов.

В лихенофлоре села Шаркан достоверно зарегистрировано 38 видов лишайников из 18 родов, 8 семейств, 4 порядков и 1 класса. Морфологический анализ показал преобладание листоватых форм (58 %). По результатам субстратного анализа лидирующее положение занимают эпифитные (49,1 %) и эпиксильные (35,1 %) лишайники. При этом большая часть видов лишайников является стенотопными.

**Abstract.** The object of the study is the species composition of lichens of Sharkan village. The purpose of the research is the identification of taxonomical and ecological features of the lichenoflora of the Sharkan village. Collection of material conducted in the traditional routing method during the growing seasons of 2016 and 2017. In total, about 300 herbarium specimens were collected.

In the lichenoflora of the Sharkan village validly registered 38 lichen species from 18 genera, 8 families, 4 orders and 1 class. Morphological analysis showed predominance of leafy forms (58 %). According to the results of substrate analysis of the leading position is occupied by epiphytic (49,1 %) and epixilic (35,1 %) lichens. At the same time, most of the lichen species are stenotopic.

***Ключевые слова:*** лихенофлора, инвентаризация, село Шаркан.

***Keywords:*** lichenoflora, inventory, Sharkan village.

Выявление видового состава лихенофлоры является актуальной задачей для всех регионов России и для Удмуртской Республики в том числе. На территории Удмуртии лишайники изучались в разное время и разными исследователями. Однако не во всех районах республики инвентаризация лихенофлоры завершена. В Шарканском районе лишайники не были предметом отдельных исследований. Лихенофлора села Шаркан, которое является районным центром, также изучалась лишь в ходе общих флористических исследований. Однако достаточно интересным было бы проследить изменение в видовом составе лихенофлоры крупного населенного пункта и сравнить распределение лишайников и их экологическую приуроченность в местах
с сильным антропогенным прессингом и естественных биоценозах. Кроме того, проведение исследований лихенофлоры позволит заложить основу мониторинговых исследований.

Целью нашей работы является всестороннее изучение лихенофлоры села Шаркан Шарканского района. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: инвентаризация видового состава лишайников с. Шаркан; выявление особенностей лихенофлоры на основании результатов таксономического и экологического анализов.

Сбор материала проводился в летний период 2016–2017 годов маршрутным методом. Маршруты прокладывались как в лесных участках, расположенных на территории села, так и по улицам с. Шаркан [1]. Обработка и определение собранного материала осуществлялись по современным определителям лишайников [2, 3] на кафедре ботаники, зоологии и биоэкологии института естественных наук Удмуртского государственного университета.

Согласно проведенным исследованиям, в лихенофлоре села Шаркан было выявлено 38 видов лишайников из 18 родов, 8 семейств 4 порядков. Все они относятся к классу *Lecanoro­mycetes*. Ведущие по числу видов семейства объединяют 79 % (30 видов) от общего числа видов. Наибольшее количество видов лишайников принадлежит семействам *Parmeliaceae* (13 видов), *Physciaceae* (7 видов)*, Cladoniaceae* (5 видов)и *Lecanoraceae* (5 видов). Ведущими родами в лихенофлоре с. Шаркан являются *Cladonia* (5 видов), *Lecanora* (5 видов), *Physcia* (5 видов) и *Usnea* (3 вида). К представителям лидирующих таксонов относятся *Usnea hirta* (L.) Weber ex F.H. Wigg(сем. *Parmeliaceae*), *Physcia stellaris* (L.) Nyl. (сем. *Physciaceae*), *Cladonia chlorophaea* (Flörke ex Sommerf.) Spreng. s. l. (сем. *Cladoniaceae*), *Lecanora symmicta* (Ach.) Ach. s. l. (сем. *Lecanoraceae*).

По результатам эколого-морфологического анализа, в лихенофлоре с. Шаркан преобладают лишайники с листоватым талломом (58 % от общего числа видов), накипные и кустистые лишайники составляют 18 % и 24 % соответственно. Наиболее часто встречающимся листоватым лишайником является *Parmelia sulcata* Taylor s. l*.*; *Candelarella vitellina* (Hoffm.) Mull. Arg. имеет накипной таллом, *Evernia mesomorpha* Nyl. — кустистый.

По экологии произрастания все лишайники были разделены на 4 группы — напочвенные (эпигеиды), эпифитные и эпиксилы (обитатели гнилой древесины) и эпилиты. Больше всего видов лишайников являются эпифитами — 28 видов (49,1 % от общего числа видов). В основном, это представители родов Parmelia, Usnea, Xantoria. Роль эпиксильных лишайников в лихенофлоре с. Шаркан намного выше, чем в Шарканском районе и Удмуртской Республике в целом — 20 видов (35,1 %). Вероятно, в населенном пункте лишайниками используется для заселения не валежная древесина, а обработанная (заборы, крыши, столбы и так далее). В естественных условиях лишайники используют данный субстрат в качестве запасного и заселяют его только в условиях усиления внутри- и межвидовой конкуренции. Напочвенные формы в лихенофлоре с. Шаркан объединяют 5 видов (8,8 %). Чаще всего это представители 2 родов — Cladonia и Peltigera. Эпилитных лишайников обнаружено только 4 вида (7 %).

Лишайники могут произрастать как на одном типе субстрата, так и на нескольких. По числу заселяемых субстратов тем или иным видом можно определить его экологическую валентность и активность расселения. В лихенофлоре с. Шаркан 63 % видов имеют узкую экологическую валентность и были обнаружены лишь на одном типе субстрата (*Peltigera canina* (L.) Willd., *Lecanora albellula* (Nyl.) Th. Fr.). 24 % видов способны поселяться на 2 различных типах субстратов (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.). На 3 типах субстратах обнаружены только 13 % ви­дов, что свидетельствует об их широкой экологической валентности и высокой активности расселения (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.).

Таким образом, в лихенофлоре с. Шаркан выявлено 38 видов лишайников, относящихся к 18 родам, 8 семействам и 4 порядкам. Лидирующими по числу видов семействами являются *Parmeliaceae* (13), *Physciaceae* (7), *Cladoniaceae* (5), *Lecanoraceae* (5). Морфологический анализ показал преобладание в лихенофлоре с. Шаркан листоватых (58 %) форм лишайников. По результатам субстратного анализа выявлено преобладание эпифитных (49,1 %) и эпиксильных (35,1 %) лишайников. В лихенофлоре с. Шаркан преобладают лишайники с узкой экологической валентностью (63 %).

**Список использованной литературы**

1. Артаев О. Н., Башмаков Д. И., Безина О. В. и др. Методы полевых экологических исследований. Саранск: «Мордовский университет», 2014. 412 с.

2. Тычинин В. А. Определитель лишайников. Ижевск: «Удмуртский университет», 1994. 63 с.

3. Мучник Е. Э., Инсарова И. Д., Казакова М. В. Учебный определитель лишайников средней России: Учебно-методическое пособие. Рязань: «Рязанский гос. университет им. С. А. Есенина», 2011. 360 с.

Корепанова Дарья Григорьевна, Удмуртский государственный университет

Научный руководитель — Семакина Алсу Валерьевна, Удмуртский государственный университет, доцент, доцент, к. геогр. н.

**ОЦЕНКА ВКЛАДА ВЫБРОСОВ ПРИГОРОДНОГО ТРАНСПОРТА
В ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

**EVALUATION OF THE CONTRIBUTION OF REGIONAL TRANSPORT EMISSIONS
IN AIR POLLUTION**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается вклад основных поллютантов, выбрасываемых автомобилями пригородной локализации в загрязнение атмосферного воздуха. Исследована зависимость величины выбросов загрязняющих веществ от структуры, интенсивности и скоростного режима транспортных потоков.

**Abstract.** This article discusses the contribution of the main pollutants emitted by cars of suburban localization to air pollution. The dependence of pollutant emissions on the structure, intensity and speed of traffic flows is investigated.

***Ключевые слова:*** загрязнение атмосферы автотранспортом, пригородный транспорт.

***Keywords:*** air pollution by motor transport, suburban transport.

Транспорт является одним из важнейших элементов материально-технической базы отечественного производства и необходимым условием функционирования современного индустриального общества. Наряду с преимуществом, которое обеспечивает обществу развитая транспортная сеть, ее прогресс также сопровождается негативными последствиями — отрицательным воздействием транспорта на окружающую среду [2]. Целью нашей работы является рассмотрение степени влияния выбросов автомобильного транспорта на атмосферный воздух на пригородных автодорогах.

На загрязнение атмосферы большое влияние оказывает интенсивность движения, состав и структура транспортного потока, следовательно, наибольший выброс мы наблюдали в точках, расположенных на ул. Камбарская, 110 (напротив магазина «Лента») и на Шабердинском тракте, поворот на с. Вараксино. Наименьшие объемы выбросов наблюдаются в точках, расположенных на перекрестке ул. Азина и ул. Пойма, Якшур-Бодьинском тракте (ул. Песочная), Воткинском шоссе, поворот на д. Хохряки. Здесь также прослеживается связь между интенсивностью и составом транспортного потока, скоростью движения автомобилей.

Существенное влияние на токсичность отработавших газов оказывают режимы движения автомобиля, которые можно подразделить на установившиеся и неустановившиеся. В условиях пригорода эксплуатации преобладающими являются неустановившиеся режимы движения, характеризующиеся постоянным изменением скорости [3].

Если рассматривать внутрисуточную динамику, то наибольший выброс приходится на утренние и вечерние часы, так как в это время наблюдается наибольшая интенсивность движения автомобилей по сравнению с потоком в дневное время. Это главным образом связано с трудоустройством основной массы пригородного населения в г. Ижевск.

Основная доля выбросов приходится на СО2 — 91 %, на втором месте NO2 — 8 % и на третьем — формальдегид — менее 1 %. Такое соотношение загрязняющих веществ характерно для всех точек.

Таблица 1. Среднесуточное значение выбросов загрязняющих веществ

|  |  |
| --- | --- |
| Номер точек  | Среднесуточное значение выбросов загрязняющих веществ (г/с) |
| CO | NO | формальдегид |
| Точка№1 | 1,485158333 | 0,174583333 | 0,001452333 |
| Точка№2 | 4,09404375 | 0,505829167 | 0,003839167 |
| Точка№3 | 1,3963125 | 0,167372222 | 0,001331667 |
| Точка№4,1 | 1,1926125 | 0,1564 | 0,001174917 |
| Точка№4,2 | 1,267416667 | 0,158337963 | 0,001094167 |
| Точка№5 | 1,706308333 | 0,223469444 | 0,002111444 |
| Точка№6 | 1,2458875 | 0,1599375 | 0,001081417 |
| Точка№7 | 1,134270833 | 0,146266667 | 0,001376111 |
| Точка№8 | 1,09195 | 0,140425 | 0,001054111 |

При сравнении объемов выбросов поллютантов (табл. 1) мы видим, что наибольшие значения получились в точках под номерами 2 и 5, расположенных на ул. Камбарская, 110 (напротив магазина «Лента») и на Шабердинском тракте, поворот на с. Вараксино. Обосновать такие значения можно тем, при анализе интенсивности потока в этих точках была выявлена максимальная интенсивность движения транспортных средств, разнородностью состава потока и скоростями движения автомобилей.

Наименьшие объемы выбросов наблюдаются в точках, расположенных на перекрестке ул. Азина и ул. Пойма, Якшур-Бодьинском тракте (ул. Песочная), Воткинском шоссе, поворот на д. Хохряки. Здесь также прослеживается связь между интенсивностью и составом транспортного потока, скоростью движения автомобилей.

Большое влияние на загрязнение атмосферы пригорода оказывает интенсивность и скорость движения. Разнородность состава транспортного потока (из-за значительных различий тягово-динамических, тормозных, скоростных качеств отдельных транспортных средств) также является причиной частого изменения режимов движения [1].

Наиболее неблагоприятными режимами работы являются малые скорости и «холостой ход» двигателя. Техническое состояние двигателя непосредственно влияет на экологические показатели выбросов. Низкое расположение выхлопной трубы от поверхности земли приводит к тому, что отработавшие газы автомобилей скапливаются в зоне дыхания людей и слабее рассеиваются естественным образом [4].

**Список использованной литературы**

1. Евгеньев И. Е., Каримов Б. Р. Автомобильные дороги и окружающая среда. М., 1997.

2. Луканин Н. В., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология. М.: Высшая школа, 2003. 284 с.

3. Павлова Е. И. Экология транспорта: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 2000. 248 с.

4. Санник А. О. Комплексная оценка влияния динамических характеристик автотранспортного потока на уровень загрязнения окружающей среды города. Тюмень: 2005. 129 с.

***Николаев Никита Владимирович, Удмуртский государственный университет,*** ***nikitos\_1240@mail.ru***

***Научный руководитель — Загуменов Михаил Николаевич, Удмуртский государственный университет, старший преподаватель***

**К ЭКОЛОГИИ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ Г. ИЖЕВСКА**

**TO ECOLOGY OF POLYPORE FUNGI IN IZHEVSK**

**Аннотация.** Трутовые грибы — несистематическая группа базидиомицетов, развивающихся на древесине. Целью данной работы явилось изучение видового состава трутовиков и особенностей их распространения в Ижевске. Сбор грибов производился в бесснежный период 2017 г. В результате обнаружено 52 вида трутовиков. Чаще всего поражались ель (*Picea*)
и береза (*Betula*). Наибольшая видовая насыщенность выявлена в микрорайоне Строитель.

**Abstract.** Polyporefungiarean unsystematic group of basidiomycetes developing on wood. The purpose of this work was to study the species composition ofpolypore, the features of their distribution in Izhevsk. The mushroom picking conducted in snowless period of 2017. As a result, 52 species ofpolyporewere found. Spruce and birch were affectedmost often. The greatest species saturation was in the microdistrict Stroitel.

***Ключевые слова****:* микобиота, трутовые грибы, видовое разнообразие, антропогенная нагрузка, видовая насыщенность, экологическая приуроченность.

***Keywords:*** mycobiota, polypore fungi, species diversity, anthropogenic load, species saturation, ecological affinity.

Трутовые грибы — несистематическая группа базидиомицетов, развивающихся на древесине. Целью данной работы явилось изучение видового состава трутовиков и особенностей их распространения в Ижевске. Сбор грибов производился в бесснежный период 2017 г. на улицах, жилых массивах и в лесопарковой зоне города. Систематика грибов даётся согласно труду В. М. Маркова [1]. Определение велось с помощью определителей В. М. Маркова [1]
и Т. Лессо [2].

В Ижевске нами было обнаружено 52 вида трутовиков (из 78 видов, обнаруженных в Удмуртии [1, 3, 4] — 67 %); из 35 родов и 14 семейств. Наиболее массово представлены семейства Полипоровые (20 видов), Гименохетовые (8 видов), Фомитопсисовые (5 видов).

Список обнаруженных видов трутовых грибов

|  |
| --- |
| **Сем. Полипоровые** |
| Гапалопилус красноватый (*Hapalopilus ruti­lans*) | Гапалопилус шафранно-желтый (*Hapalopilus croceus*) |
| Дедалеопсис трёхцветный (*Daedaleopsis tricolor*) | Ирпекс молочно-белый (*Irpex lacteus*) |
| Ишнодерма смолистая (*Ischnoderma re­si­no­sum*) | Кориолеллус рядовой (*Coriolellus serialis*) |
| Лензитес Рейхарда (*Lenzite sreichardtii*) | Лензитес берёзовый (*Lenzites betulinus*) |
| Скелетокутис бесформенный (*Skeletocutis amorpha*) | Стекхеринум Мурашкинского (*Steccherinum murashkinskyi)* |
| Траметес горбатый (*Trametes gibbosa*) | Траметес жестковолосистый (*Trametes hir­su­ta*) |
| Траметес охряный (*Trametes ochracea*) | Траметес разноцветный (*Trametes versicolor*) |
| Траметес Трога (*Trametes trogii*) | Трутовик зимний *(Polyporus brumalis*) |
| Трутовик каштановый (*Poliporus badius*) | Трутовик плоский (*Ganoderma applanatum*) |
| Трутовик чешуйчатый (*Polyporus squamosus*) | Церрена одноцветная (*Cerrena unicolor*) |
| **Сем. Глеофилловые** |
| Глеофиллум заборный (*Gloeophyllum se­pia­rium*) | Глеофиллум пихтовый (*Gloeophyllum abie­ti­num*) |
| Глеофиллум продолговатый *(Gloeophyllum protractum*) |  |
| **Сем. Стереовые** |
| Стереум кровяно-красный (*Stereum san­guin­lentum*) | Стереум нежновойлочный (*Stereum sub­to­men­tosum*) |
| **Сем. Фомитопсисовые** |
| Постия вяжущая (*Postia stiptica*) | Постия синевато-серая (*Postia caesia*) |
| Трутовик берёзовый(*Piptoporus betulinus*) | Трутовик окаймленный (*Fomitopsis pinicola*) |
| Трутовик розовый (*Fomitopsis rosea*) |  |
| **Сем. Кориолусовые** |
| Тиромицес белый (*Tyromyces albellus*) | Тиромицес молочный (*Tyromyces lacteus*) |
| Тиромицес оранжевый (*Tyromyces aurantia­cus*) |  |
| **Сем. Гименохетовые** |
| Инонотус заячий (*Inonotus leporinus*) | Ложный осиновый трутовик (*Phellinus tre­mu­lae*) |
| Онния войлочная (*Onnia tomentosa*) | Онния заячья (*Onnia leporina*) |
| Сухлянка двулетняя (*Coltriciaperennis*) | Трутовик ложный (*Phellinus igniarius*) |
| Трутовик ложный чернеющий (*Phellinus nig­ricans*) | Феллинус раковинообразный (*Phellinus con­chatus*) |
| **Сем. Феоловые** |
| Пикнопореллус блестящий (*Pycnoporellus ful­gens*) |  |
| **Сем. Бондарцевиевые** |
| Глиодон щетинистый (*Gloiodon strigosus*) | Корневая губка (*Heterobasidion annosum*) |
| **Сем. Мерулиевые** |
| Бьеркандера опалённая (*Bjerkandera adusta*) | Климакодон северный (*Climacodon sep­ten­trionalis*) |
| Мерулиус дрожащий (*Merulius tremellosus*) |  |
| **Сем. Фанерохетовые** |
| Биссомерулиус корковый (*Byssomerulius co­rium*) |  |
| **Сем. Миценовые** |
| Панеллюс вяжущий(*Panellus stipticus*) |  |
| **Сем. Щелелистниковые** |
| Щелелистник обыкновенный (*Schizophyllum commune*) |  |
| **Сем. Кориоловые** |
| Трутовик настоящий (*Fomes fomentarius*) |  |

Трутовые грибы встречались повсеместно на территории Ижевска на улицах и в лесных массивах. Видовое разнообразие выше в лесах, что связано с богатством видового состава растений и экологическими условиями.

Наибольшее число видов — 13 обнаружено в окрестности гор. Металлургов. Видовая насыщенность здесь составила 2,1 видов/км2. Наибольшая видовая насыщенность — 2,25 видов/км2 (9 видов) — в микрорайоне Строитель.

Трутовые грибы поражали чаще больные, повреждённые и старые деревья. Многие виды трутовиков обнаружены на пнях. Экологическая приуроченность трутовых грибов отличалась по семействам и видам трутовиков. Так, Полипоровые чаще всего поражали лиственные породы, прежде всего березу, Глеофилловые — хвойные. Чаще всего трутовыми грибами из лиственных пород поражалась береза (16 видов), из хвойных — ель (11 видов). Данный факт объясняется, прежде всего, распространенностью и высокой численностью этих древесных пород в лесных массивах г. Ижевска [5]. В случае с березой — ее низкой физиологической устойчивостью к патогенам и малой продолжительностью жизни [6]. На улицах Ижевска трутовики чаще встречались на клене ясенелистном (*Acernegundo*), тополях (*Populus*). Здесь преобладали трутовик настоящий, трутовик окаймленный, трутовик чешуйчатый.

**Список использованной литературы**

1. Марков В. М. Руководство по определению шляпочных трутовиков. Ижевск, 1989. 43 с.

2. Лессо Т. Грибы: Определитель. М.: ООО «Изд-во АСТ»; ООО «Изд-во Астрель», 2003. 304 с.

3. Тычинин В. А., Кузьмина Н. П. Предварительный список макромицетов Удмуртии // Вестник Удм. ун-та. Сер. Биология. 2003. С. 169–177.

4. Капитонов В. И. Дополнение к списку макромицетов Удмуртии // Вестник Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2008. Вып. 2. С. 131–138.

5. Растительность Удмуртии // <http://liveudm.ru/rastitelnost-udmurtii/rastitelnost-udmurtii/> (дата обращения: 19.05.2018).

6. Новикова М. А. Особенности естественного возобновления березы в условиях Ленинградской и Тверской областей: Дис. канд. с.-х. наук. СПб., 2016. 158 с.

Павлова Алина Леонидовна, Айдарова Диляра Дилюсовна, Белова Вероника Михайловна, Дмириева Вероника Эдуардовна, Толстова Наталья Сергеевна, Фазульянова Илюза Ришатовна, Удмуртский государственный университет, alinka.pavlova.2016@mail.ru,

Научный руководитель — Барсуков Алексей Константинович, Удмуртский государственный университет, доцент, к. биол. н.

**Технологически приемлемые полуфабрикаты альбумина,
производство которых осуществляется
в нестандартных условиях**

**Technologically admissible albumin intermediate products
PRODUCED under non-standard conditions**

**Аннотация.** Всевозрастающие объемы невостребованных биоресурсов, производимых категорийными объектами здравоохранения и ветеринарии, содержат наиболее широкий спектр физиологически активных белков с надлежащим уровнем их конформационной нативности. Целью исследования является создание универсальной технологии, способной перерабатывать невостребованные биоресурсы в фармацевтические биопрепараты с наивысшим уровнем инфекционной и биологической безопасности, путем разработки дополнительной стадии очистки действующего начала в производственных помещениях, не соответствующих условиям надлежащей чистоты.

**Abstract.** Increasing volumes of unclaimed bioresources produced by health and veterinary category objects contain the widest spectrum of physiologically active proteins with an appropriate level of their conformational nativity. The aim of this research is to create a universal technology that can process unclaimed biological resources into pharmaceutical biologics with the highest level of infectious and biological safety, by developing an additional purification stage of basic raw materials in the production facilities without proper purity conditions.

***Ключевые слова:*** альбумин-трансферриновая фракция, нестандартные условия.

***Keywords:*** albumin-transferrin fraction, non-standard conditions.

Надежды, возлагаемые на масштабирование исследовательских подходов генной инженерии и гибридомной технологии, оправдались в фармацевтической биоиндустрии не в полной мере. Отсутствие фундаментальных знаний о механизмах фолдинга не позволяет создавать надлежащие системы экспрессии и производить биотерапевтические препараты без известных реактогенных свойств. При этом всевозрастающие объемы невостребованных биоресурсов, производимых категорийными объектами здравоохранения и ветеринарии, содержат наиболее широкий спектр физиологически активных белков с надлежащим уровнем их конформационной нативности.

С учетом изложенного, исследовательский проект УдГУ ориентирован на:

– обеспечение перевода сырьевых заготовок и сопряженных коллоидных растворов, сложных по составу индивидуально-своеобразных белков, в технологически приемлемые полуфабрикаты на базе производственных помещений категорийных объектов (Н. Суворова и соавторы; см. с. 95 данного сборника);

– разработку дополнительных стадий очистки действующего начала в производственных помещениях категорийных объектов, не отвечающих требованиям надлежащей чистоты (А. Л. Павлова и соавторы).

**Материалы и методы.** Боенскую кровь от коров из благополучных животноводческих хозяйств получали и сепарировали на ООО «Телец». Индивидуальные образцы сыворотки исследовали на наличие антител к актуальным вирусным инфекциям (вирус инфекционного ринотрахеита (ВИРТ) и вирус лейкоза КРС (ВЛ КРС)) с помощью непрямых схем ИФА, зало­женных в конструкции диагностического набора «ИРТ-СЕРОТЕСТ» и набора для выявления антител к ВЛ КРС [1]. Фракционирование белков плазмы осуществляли с учетом уровня их гидрофобных свойств [2]. Достижение надлежащих концентраций белок-осаждающих реагентов осуществляли за счет разведения их концентрированных растворов образцами плазмы. Из надосадочного раствора центрифугата *γ*-глобулинов выделяли белки альбумин-трансферрино­вой фракции [3]. Уровень распределения целевых белков в изолированных фракциях определяли с помощью электрофореза в полиакриламидном геле, соответственно, нативные и восстановленные образцы в диссоциирующих условиях. Фракцию, обогащенную альбумином, дополнительно обрабатывали дезинфектантом, осадок отделяли центрифугированием, а в надосадок вносили сухой порошок нейтральной соли для осаждения тотального белка. Конечные образцы экспериментального полуфабриката исследовали на: 1) контаминирование микрофлорой; 2) растворимость в 0,85 % растворе хлорида натрия [4]; 3) сохранение физиологической активности; 4) сохранение конформационной нативности [5, с. 107–122].

**Результаты и обсуждение.** Схему заготовки крови с целью получения плазмы моделировали на основе немецкой технологии, действующей на мясоперерабатывающих предприятиях Республики Татарстан. Интервал 10–15 минут — регламентное время конвейерной обра­ботки индивидуального животного. Именно в течение этого времени стерильная кроводача подвергается контаминированию микрофлорой, свойственной производственным помещениям мясокомбинатов. В лабораторных условиях производственные масштабы 63 л бактерицидно-фракционирующего раствора и 125 л боенской плазмы, то есть по 5 л плазмы из 10 литров крови 25 коров сводили к 63 мл исследуемого раствора и 125 мл боенской плазмы крови. Образцы плазмы по 5 мл вносили в концентрированный раствор «осадителя» в присутствии известных и экспериментальных дезинфектантов. На основании предварительных результатов, полученных Н. Суворовой и соавторами, собственные исследования выполняли с использованием экспериментальных образцов альбумин-трансферриновой фракции. В зависимости от состава исходного бактерицидно-фракционирующего раствора в составе целевой фракции присутствуют следовые количества IgG. При этом концентрация осадителя позволяет варьировать полноту осаждения целевого белка с учетом практической потребности в биопрепаратах иммуноглобулиновой или альбуминовой природы. На следующем этапе исследований нами апробирована растворимость белков альбуминовой фракции с бактерицидно-вироцидным дезинфектантом при его максимальной концентрации 1 % (вес/объем). Установлено, что при концентрациях дезинфектанта 0,5 % в надосадочный раствор переходит 96,7 % белка из осадочной фракции альбумина. При использовании более концентрированных растворов дезинфектанта формируется осадок в пределах 40 % от общего содержания белка. При этом примесные белки переходят в осадок при концентрации дезинфектанта в пределах (0,9 ± 0,2) %, что обеспечивает более высокий уровень электрофоретической гомогенности целевого белка. В надосадочный раствор вносили осадитель, формирующий суспензию. Суспензию заложили на хранение при температуре (20 ± 5) оС. Исследование технологических свойств белков альбумин-трансферриновой фракции проводили на 20-й и 40-й день наблюдений. В указанные сроки исследованные образцы были стерильны. По результатам эксклюзионной хроматографии умеренного давления не выявлено олигомеризации целевого белка.

Полученные нами результаты носят предварительный характер. Планируется многократное повторение экспериментов с целью их масштабирования в заводских условиях.

**Список использованной литературы**

1. Егоров А. М. Теория и практика иммуноферментного анализа / Егоров А. М., Осипов А. П., Дзантиев Б. Б., Гаврилова Е. М. М.: Высшая школа, 1991. 278 с.

2. Скоупс Р. Методы очистки белков: Пер. с англ. М.: Мир, 1985.

3. Геккелер К. Аналитические и препаративные лабораторные методы / Геккелер К., Экштайн Х. М.: Химия, 1994. 327 с.

4. ГОСТ Р 53420-2009. Кровь донорская и ее компоненты. Общие требования к обепечению качества при заготовке, переработки, хранении и использовании донорской крови ее компонентов.

5. Остерман Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот. М.: МЦНМО, 2002.

***Сидоров Александр Юрьевич, Удмуртский государственный университет, sau@udsu.ru***

***Научный руководитель — Бедулева Любовь Викторовна, Удмуртский государственный университет, профессор, д. б. н.***

**СТРУКТУРА FC ФРАГМЕНТОВ IGG ЧЕЛОВЕКА, НЕСУЩИХ
НЕОАНТИГЕННЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ, РАСПОЗНАВАЕМЫЕ
РЕГУЛЯТОРНЫМ РЕВМАТОИДНЫМ ФАКТОРОМ**

**STRUCTURE OF HUMAN IGG FC FRAGMENTS CARRIED NEOANTIGENIC
DETERMINANTS RECOGNIZED BY REGULATORY RHEUMATOID FACTOR**

**Аннотация.** Ранее мы показали, что не все Fc фрагменты IgG человека могут экспонировать антигенные детерминанты, распознаваемые регуляторным ревматоидным фактором человека [1]. Поэтому цель данного исследования — выяснить структурные особенности молекул Fc фрагментов IgG человека, ассоциированные с наличием в ее составе неоантигенных эпитопов, распознаваемых регуляторным ревматоидным фактором. Методы: электрофорез в полиакриламидном геле, хроматография, метод Эллмана, ИК-спектроскопия. О наличии эпитопов мы судили по способности Fc фрагментов подавлять агглютинацию танизированных нагруженных IgG эритроцитов, вызванную регуляторным ревматоидным фактором (регРФ). В ходе исследования было обнаружено, что Fc фрагменты IgG человека, экспонирующие эпитопы, распознаваемые регуляторным ревматоидным фактором (регРФ), имеют конформационные изменения
в шарнирном участке и области CH2 и CH3 доменов.

**Abstract.** Previously, we showed that not all Fc fragments of human IgG can expose antigenic determinants recognized by regulatory rheumatoid factor of a human [1]. Therefore the aim of this study was to determine structural features of the molecules of human Fc IgG fragments associated with the presence in its composition neoantigenic epitopes recognized by regulatory rheumatoid factor. Methods: PAGE, chromatography, Ellman methods, IR spectroscopy. The presence of an epitopes for regulatory rheumatoid factor on IgG fragments was inferred from the fragments’ ability to inhibit the agglutination caused by regulatory rheumatoid factor. In the course of the study, it was found that Fc fragments of human IgG, exposing epitopes recognized by the regulatory rheumatoid factor, have conformational changes in the hinge and CH2 and CH3 domain domains.

***Ключевые слова*:** Fc фрагменты IgG, регуляторный ревматоидный фактор, неоантигенные детерминанты, ИК-спектроскопия.

***Keyworlds*:** IgG Fc fragments, regulatory rheumatoid factor, neoantigenic determinants, IR spectroscopy.

На модели коллаген-индуцированного артрита крыс ранее была показана эффективность Fc фрагментов IgG крысы, несущих эпитопы, распознаваемые регРФ крысы, в подавлении аутоиммунного процесса к коллагену крысы с редукцией симптомов экспериментально вызванного заболевания [2]. Также было показано, что Fc фрагменты IgG человека, полученные папаиновым протеолизом, могут экспонировать антигенные детерминанты, распознаваемые регРФ человека. Однако было обнаружено, что не все Fc фрагменты IgG человека несут эпитопы, специфичные регРФ [1]. Поэтому цель данного исследования — выяснить структурные особенности молекул Fc фрагментов IgG человека, ассоциированные с наличием в ее составе неоантигенных эпитопов, распознаваемых регРФ.

Fc фрагменты IgG человека получали методом папаинового протеолиза. Выделение и очистку Fc фрагментов проводили методами эксклюзионной хроматографии на колонке Sephacryl S 100 26/400, аффинной хроматографии на protein A- и protein G-сефарозе. О наличии антигенных детерминант, распознаваемых регРФ, на Fc фрагментах IgG человека судили по способности последних вызывать дозозависимое торможение агглютинации нагруженных гомологичным IgG эритроцитов, вызванной регРФ. Количество свободных сульфгидрильных групп на Fc фрагментах IgG человека определяли методом Эллмана. Алкилирование сульфгидрильных групп проводили избытком йодацетамида с последующей очисткой от примеси йодацетамида. Структурные особенности Fc фрагментов IgG человека, несущих и не несущих эпитопы, распознаваемые регРФ, исследовали методом инфракрасной спектроскопии. Анализ чистоты и оценку молекулярной массы Fc фрагментов IgG человека проводили методом электрофореза в полиакриламидном геле.

Сравнивая структуру Fc фрагментов IgG человека, экспонирующих и не имеющих эпитопов, распознаваемых регРФ, было обнаружено, что наличие на Fc фрагментами IgG человека неоантигенных эпитопов, распознаваемых регРФ, связано с состоянием остатков цистеина шарнирной области. На нескольких независимо полученных образцах Fc фрагментов IgG человека, экспонирующих эпитопы, распознаваемые регРФ, и нескольких образцах, не имеющие таковых эпитопов, было исследовано количество свободных поверхностных SH групп. На Fc фрагментах IgG человека, несущих эпитопы, распознаваемые регРФ, определяется в среднем 1,3 моль SH/моль Fc, тогда как Fc фрагменты, не конкурирующие за связывание с регуляторным ревматоидным фактором, а следовательно, не экспонирующие исследуемых эпитопов, не содержат свободных поверхностных SH групп. Также было установлено, что алкилирование йодацетамидом свободных сульфгидрильных групп Fc фрагментов, несущих эпитопы, распознаваемые регРФ, ведет к потере их свойства подавлять агглютинацию нагруженных IgG эритроцитов, вызванную регРФ.

Сравнение ИК-Фурье спектров Fc фрагментов IgG человека несущих и не несущих эпитопы, распознаваемые регРФ, показало совпадение в областях amide I и amid II. Различие в характере и положении полос наблюдается в области «фингерпринта». В интервалах 560–640 см–1 и 800–1000 см–1, относимых к колебаниям связей -С-S-, а также скелетным валентным колебаниям, для Fc фрагментов, несущих эпитопы, распознаваемые регРФ, характерна более тонкая структура спектра, что свидетельствует о конформационных различиях Fc фрагментов IgG, несущих эпитопы, распознаваемые регРФ, и Fc фрагментов, таковых не несущих.

Таким образом, исследование структурных особенностей Fc фрагментов IgG человека, несущих эпитопы, распознаваемые регуляторным ревматоидным фактором, показало, что наличие эпитопов ассоциировано с восстановленным состоянием остатков цистеина шарнирной области и конформационными различия в области шарнира, CH2 и CH3 доменов.

**Список использованной литературы**

1. Sidorov A. Fc fragments of immunoglobulin G are an inductor of regulatory rheumatoid factor and a promising therapeutic agent for rheumatic diseases / L. Beduleva, I. Menshikov, A. Terentiev, E. Stolyarova, N. Abisheva // International Journal of Biological Macromolecules. 2017. Vol. 95. P. 938–945. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.10.081.
2. Menshikov I. The idiotypic network in the regulation of autoimmunity: Theoretical and experimental studies / L. Beduleva, M. Frolov, N. Abisheva, T. Khramova, E. Stolyarova, K. Fomina // Journal of Theoretical Biology. 2015. Vol. 375. P. 35–39. doi: 10.1016/j.jtbi.2014.10.003.

Суворова Надежда Андреевна, Васильева Татьяна Сергеевна, Замалетдинова Лейсан Ильгамовна, Першина Юлия Федоровна, Шамсутдинова Юлия Винеровна, Удмуртский государственный университет, 17Nadi@mail.ru

Научный руководитель — Барсуков Алексей Константинович, Удмуртский государственный университет, доцент, к. биол. н.

**Исследования и разработки, ориентированные
на создание биосферно-допустимой подотрасли
фармацевтической биоиндустрии**

**research and development focused on creating of the biospherically assumed sub-sector of pharmaceutical bioindustry**

**Аннотация.** Принципы биосферно-экологического жизнеустройства человечества требуют перспективных технологических нововведений для перевода невостребованных биоресурсов в приемлемые полуфабрикаты, которые позволяют устранить проблематику сырьевого обеспечения промышленных предприятий фармацевтической биоиндустрии и очистки территорий от биологических загрязнителей, генерирующих инфекционную угрозу, в том числе за счет реассортантных микроорганизмов.

**Abstract.** The principles of the biosphere-ecological life of mankind require promising technological innovations for transferring all unclaimed bioresources into acceptable intermediate products. They allow eliminating the problems of raw materials supply for pharmaceutical bio-industrial enterprises and cleaning up their territories from biological pollutants that generate an infectious threat due to reassortant microorganisms.

***Ключевые слова:*** плазма крови, *γ*-глобулиновые и альбуминовые полуфабрикаты, дезинфектанты.

***Keywords:*** blood plasma, *γ*-globulin and albumin intermadiate products, disinfectants.

Фармацевтическая биотехнология — междисциплинарная область знаний, ориентированная на разработку, согласование и утверждение нормативно-технической и технологической документации (НТД и ТД) на производство биотерапевтических и иммунобиологических лекарственных средств. Разработка, согласование и утверждение профильной НТД и ТД подчиняется порядку, действующему в РФ, международной практике и практике фармацевтической биоиндустрии. Напомним, что соответствующий инновационно-технологический цикл характеризуется стандартно длительным сроком исследований и разработок, который выполняется крупными межведомственными коллективами на основе новейших достижений фундаментальной науки.

Исследовательский проект УдГУ направлен на изучение возможностей использования невостребованных биоресурсов категорийных объектов здравоохранения и животноводства для сырьевого обеспечения биофармацевтических предприятий. Необходимо отметить, что такое направление исследований и разработок не поддерживается современными стратегиями развития фармацевтической биоиндустрии. Из-за неразвитости промышленных технологий невозможно удалить примесные белки из состава действующего начала и гарантировать отсутствие вирусных агентов в составе готовых лекарственных средств.

Вместе с тем, принципы биосферно-экологического жизнеустройства человечества требуют перспективных технологических нововведений для перевода невостребованных биоресурсов в приемлемые полуфабрикаты, которые позволяют устранить проблематику сырьевого обеспечения промышленных предприятий фармацевтической биоиндустрии. Не менее значимо за счет биосферно-допустимых технологических нововведений обеспечить очистку территорий от биологических загрязнителей, генерирующих инфекционную угрозу, в том числе за счет реассортантных микроорганизмов.

**Материалы и методы.** Боенскую кровь получали на ООО «Телец» от коров из благополучных по инфекционным заболеваниям животноводческих хозяйств. Дополнительно сыворотку крови индивидуальных кроводач исследовали на наличие антител к вирусам лейкоза и инфекционного ринотрахеита с помощью ИФА наборов [1]. Плазму крови получали на основе антикоагулянта, изготовленного с помощью натрия фосфата (Na3PO4), без соблюдения стерильности сырья и надлежащей чистоты производственных помещений. Фракционирование белков плазмы, в соответствии с их гидрофобными свойствами, осуществляли на основе нейтральных солей [2]. Белковый спектр изготовленных фракций определяли электрофорезом в гомогенном и градиентном полиакриламидном геле. Электрофоретическому анализу подвергали нативные и восстановленные образцы в диссоциирующих условиях [3]. Концентрацию белка в *γ*-глобулиновой и альбуминовой фракциях измеряли биуретовым методом [4]. Ферментативную активность определяли колориметрически, конечный результат выражали удельной активностью фермента, то есть скоростью превращения субстрата за единицу времени на единицу белка в исследуемом образце [5]. Белковые фракции, обогащенные белками с гидрофобными или гидрофильными свойствами, подвергали дополнительному фракционированию с помощью органических кислот и искусственных полимеров. Конечные образцы исследовали на: 1) контаминирование микрофлорой; 2) растворимость по уровню мутности белковых осадков
в 0,85 % растворе натрия хлорида при концентрации белка 30 мг/мл и длине волны 540 нм; 3) сохранение физиологической активности; 4) сохранение хроматографической мономерности целевых белков [5].

**Результаты и обсуждение.** На современном этапе развития науки и техники не существует технологий, обеспечивающих переработку невостребованных биоресурсов в фармацевтические биопрепараты категории «жизненно необходимые». Международная биоиндустрия ориентирована на использование сырья с надлежащим уровнем инфекционной безопасности,
в том числе не контаминированного микрофлорой. Указанные требования достигаются за счет совершенствования приборно-методической составляющей лабораторных исследований с использованием самых современных диагностических наборов, сконструированных на основе новейших достижений фундаментальной науки, организации карантинирования индивидуальных сырьевых заготовок и повторной проверки хранящихся образцов на отсутствие в их составе потенциально возможных инфекционных агентов. Указанные условия возможно технически организовать только для заготовки донорской крови человека и для производства биопрепаратов плазмы. Для заготовки невостребованных биоресурсов, то есть коллоидных растворов с максимально возможным спектром индивидуально-своеобразных белков, возможно только обсуждать на этапе создания проектной документации, в основе которой заложены технологии на конечных стадиях их согласования и утверждения. Из-за неразвитости технологий в настоящее время необходимо создавать только научно-технические предпосылки, которые возможно перевести на стадию инструкции по изготовлению и контролю.

С учетом изложенного, нами изучены известные дезинфектанты на основе фенола и его производных, коммерческих препаратов, представленных четвертичными аммонийными солями, и экспериментальных образцов, производимых предприятием «Ижсинтез». Апробированные дезинфектанты добавляли в концентрированные растворы нейтральных солей или искусственных полимеров. Контаминированную микрофлорой плазму крови общим объемом 125 мл вносили по 5 мл с интервалом 10–20 минут в подготовленные вышеуказанным способом бактерицидно-фракционирующие растворы с постоянным объемом 63 мл. Указанные параметры определены регламентным временем технологии обработки индивидуального животного, действующего на современных мясокомбинатах РФ. Объемные соотношения обусловлены технико-экономическими нормативами проектируемых конструкторско-технологических нововведений из расчета бактерицидно-фракционирующей заготовки плазмы на один промышленный реактор объемом 250 л, заполненный 63 л специального раствора, позволяющий инкубировать 125 л боенской плазмы, полученной из 250 л крови от 25 животных. Изложенный процесс в лабораторном варианте позволяет формировать фракцию гидрофобных белков, обогащенных IgG, в различных количествах от 17 до 60 % от общего содержания белка.

В надосадочную фракцию вносили дополнительное количество сухого реагента осадителя и дополнительно инкубировали при оптимальных значениях рН. После осаждения белков альбумин-трансферриновой фракции в центрифугате определяли концентрацию белка. Подбирали значения рН и концентрацию осадителя таким образом, чтобы в постальбуминовом центрифугате концентрация белка была менее 1 мг/мл. Центрифугаты, не содержащие остаточный белок, использовали для суспендирования изготовленных осадков.

По результатам электрофореза во фракцию, обогащенную гидрофобными белками, помимо IgG входят в качестве примесей остальные белки плазмы вплоть до наличия в минорных количествах альбумина. В зависимости от заданной концентрации реагента-осадителя, создаваемой за счет разведения концентрированных растворов образцами плазмы, наблюдается варьирование примесного альбумина в *γ*-глобулиновом осадке и наличие IgG в составе альбумин-трансферриновой фракции. Полученные результаты позволяют управлять заготовкой плаз­мы с учетом направления производственного фракционирования, ориентированного, например, на максимальный выход иммуноглобулиновых или альбуминовых биопрепаратов. Отметим также, что суммарная фракция гидрофобных белков относится к первому (второму) классу
вирусной опасности. При минимальных концентрациях осадителя в альбумин-транс­фер­ри­новой фракции (третий класс вирусной опасности) присутствуют остаточные количества IgG. Обнаруженная закономерность позволяет создавать стадии для перевода IgG из технологической линейки производства, например, альбумина, в технологию производства иммуногло­булиновых биопрепаратов, то есть остаточные количества IgG не отправлять в отходы производства.

Суспензии полуфабрикатов анализировали на наличие контаминирующей микрофлоры, свойственной исходной плазме и процессам перевода плазмы в сопряженные полуфабрикаты в лабораторных помещениях УдГУ. Установлено, что суспензия плазмы в бактерицидно-фрак­ционирующих растворах, полученных в условиях мясокомбинатов, не содержит микрофлору при посеве 0,1 мл индивидуального образца на поверхность мясопептонного агара. Не обнаружено также колониеобразующих единиц при проведении микробиологических исследований образцов из суспензий альбумин-трансферриновых фракций, изготовленных в условиях лабораторий УдГУ. Состав суспендирующего раствора подбирали на основе его возможности ингибировать естественные протеазы плазмы. В качестве модели использовали уровень активности трипсина в оптимальных и экспериментальных условиях.

Для дальнейших исследований, касающихся длительного хранения белковых суспензий, отбирали бактерицидно-фракционирующие растворы, обеспечивающие ингибирование трипсина на 80 и более процентов. Условия хранения суспензий целевых фракций предполагают их экспозицию при 20–25 °С в течение неопределенно долгого срока. В частности, на 40-й день хранения в составе фракций не выявлены микроорганизмы, способные формировать КОЕ на мясопептонном агаре. Не обнаружено также существенных изменений в хроматографических профилях суммарных белков, свидетельствующих о формировании олигомерных форм IgG или альбуминов.

Изложенные выше результаты экспериментов носят предварительный характер. Воспроизводимость технологически ориентированных исследований всегда носит длительный характер, представленный множеством повторений лабораторной схемы производства. Технически значимые результаты подлежат масштабированию в заводских условиях, а далее выполняются доклинические и клинические испытания.

**Список использованной литературы**

1. Егоров А. М. Теория и практика иммуноферментного анализа / А. М. Егоров, А. П. Оси­пов, Б. Б. Дзантиев, Е. М. Гаврилова. М.: Высшая школа, 1991. 278 с.
2. Скоупс Р. Методы очистки белков: Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
3. Гааль Э. Электрофорез в разделении биологических макромолекул / Э. Гааль, Г. Медьеши, Л. Верецкеи. М.: Мир, 1982. 448 с.
4. Геккелер К. Аналитические и препаративные лабораторные методы / К. Геккелер, Х. Экштайн. М.: Химия, 1994. 327 с.
5. Практическая химия белка / Под ред. А. Дарбре. М.: Мир, 1989. 623 с.

***Танаева Мария Сергеевна, Удмуртский государственный университет, tanaeva\_mary@mail.ru***

***Научный руководитель — Сергеев Валерий Георгиевич, Удмуртский государственный университет, д. биол. н.***

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОГЛИАЛЬНЫХ
ЦИТОФЕНОТИПОВ ЧЕРНОЙ СУБСТАНЦИИ**

**Morphometric characteristic of microglial cytophenotypes
of substantia nigra**

**Аннотация.** Целью этой работы являлось изучение морфометрических характеристик микроглиоцитов чёрной субстанции мозга крыс в покое и после интраперитонеального введения различных доз липополисахарида (ЛПС). В ходе исследования мы выделили 6 основных цитофенотипов. Морфометрическое исследование и кластерный анализ полученных цитофенотипов подтвердили предварительно проведённую нами визуальную оценку. Рассмотрев полученные результаты с функциональной точки зрения, мы отнесли цитофенотип А к покоящейся форме, цитофенотип B к стимулированной форме, цитофенотип С к активированной форме
и цитофенотипы D, E и F к провоспалительной форме.

**Abstract.** The aim of this work was to study the morphometric characteristics of microglial cells of the substantia nigra of the rat brain at rest and at intraperitoneal injection of various doses of lipopolysaccharide (LPS). We identified 6 main cytophenotypes. Morphometric examination and cluster analysis of this cytophenotypes confirmed the previously conducted visual assessment. From a functional point of view, we classified cytophenotype A as a resting form, cytophenotype B as a stimulated form, cytophenotype C as an activated form, and cytophenotypes D, E and F as a pro-inflammatory form.

***Ключевые слова:*** микроглия, микроглиальный цитофенотип, нейровоспаление.

***Keywords:*** microglia, microglial cytopfenotype, neuroinflammation.

Microglial cells are resident macrophages of the nervous tissue. Microglial activation is a protective reaction that is triggered in response to a wide range of factors, such as pathogens [1], stress [2], and trauma [3]. It has been shown that microglial activation is characterized by the synthesis of various cytokines, which, depending on the degree of activation, may have a neuroprotective or neurodegenerative effect [4, 5]. This activation is accompanied by a gradual spectrum of morphological transformations from highly ramified to amoeboid forms [6].

It is logical to assume that the study of the morphology of microglial cells can be a way of determining their functional state. In connection with this, it becomes actual to search for morphometric criteria for a more complete and accurate description of microglial cytophenotypes. Several classification systems for activated microglial cytophenotypes have already been proposed, but all of them differ from each other.

We identified 6 basic cytophenotypes and designated them by letters from A to F, assuming just such a sequence of morphometric changes. Based on visual analysis, it is possible to give a morphological characterization of each cytophenotype. Cytophenotype A is characterized by a minimal soma area, a small box area and a low degree of branching. For cytophenotypes B and C, the area of the box and soma and the degree of branching increase. For cytophenotypes D, E, and F, the area of the soma increases, but the area of the box and the degree of branching of the cells decrease. The processes become thicker and shorter.

Morphometric examination allowed to support visually observed differences in numerical expression. The determination of the average values of the morphometric parameters chosen by us (the areas of box and soma, the length of the processes and the number of their bifurcations) made it possible to trace all the main changes that we observed earlier visually.

To confirm the visual assessment of the isolated microglial cytophenotypes, we also used cluster analysis. As the most informative indicators, we chose the area of the cell body and the area of the box. The constructed schedule is not tied to the earlier visual assessment. The resulting clusters exhibit the same basic trends, confirming a visual assessment from a mathematical point of view (Fig. 1). It is important to note that the isolated centroids corresponded to typical representatives of the cytopheno­typic groups, which we identified on the basis of a visual assessment.

 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Fig. 1. Distribution of clusters of morphometric data of microgliocytes at rest and after intraperi­toneal administration of LPS |  | Fig. 2. Schematic representation of typical re­presentatives of microglia cytophenotypes (centroids) |

We also tried, from a functional point of view, to substantiate the relevancy of such a division into cytophenotypes. According to the results, cytophenotypes A and B predominate in the control and cytophenotype C are present. After the introduction of a small dose, cytophenotypes of D and E appear. The cytophenotype F appears only after the administration of a large dose of LPS. Thus, we tend to attribute cytophenotype A to a resting form, cytophenotype B to a stimulated form, cytophenotype C to activated, and cytophenotypes D, E and F to pro-inflammatory forms (Fig. 2).

In conclusion, it is necessary to said that the results of mathematical clustering completely coincide with the classification of microglial cytophenotypes compiled by us in the visual assessment.

**References**

1. Dellacasa-Lindberg I., Fuks J. M., Arrighi R. B. et al. Migratory activation of primary cortical microglia upon infection with Toxoplasma gondii // Infection and Immunity. 2011. Vol. 79.
P. 3046–3052.
2. Sugama S., Takenouchi T., Fujita M. Kitani et al. Corticosteroids limit microglial activation occurring during acute stress // Neuroscience. 2012. Vol. 232. P. 13–20.
3. Smith C., Gentleman S. M., Leclercq P. D. et al. The neuroinflammatory response in humans after traumatic brain injury // Neuropathol. Appl. Neurobiol. 2012. Vol. 39. № 6. P. 654–666.
4. Graeber M. B., Streit W. J. Microglia: biology and pathology // Acta Neuropathol. 2010. Vol. 119. P. 89–105.
5. Stence N., Waite M., Dailey M. E. Dynamics of microglial activation: a confocal time-lapse analysis in hippocampal slices // Glia. 2001. Vol. 33. P. 256–266.
6. Soltys Z., Ziaja M., Pawlinski R. et al. Morphology of reactive microglia in the injured cerebral cortex. Fractal analysis and complementary quantitative methods // J. Neurosci. Res. 2001. Vol. 63. P. 90–97.

Чазова Альбина Михайловна, Удмуртский государственный университет, savinova.albina1212@yandex.ru

Научный руководитель — Платунова Гузель Рашидовна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. биол. н.

**ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ РОСОВСКОГО ПРУДА ПРИРОДНОГО
ПАРКА «ШАРКАН» (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)**

**FEATURES OF FLORA OF THE ROSOVSKOGO POND IN NATURAL**

**PARK «SHARKAN» (UDMURT REPUBLIC)**

**Аннотация.** Представлено исследование Росовского пруда на территории природного парка «Шаркан». Таксономический состав флоры представлен 67 видами сосудистых растений, относящихся к 54 родам и 24 семействам. Содержание органических веществ изменяется от 0,89 % до 20,78 %. Росовский пруд относится к группе с малой минерализацией. Значения кислотности варьируют от 6,5 до 7,7. Исследуемая территория сохраняет тенденции естественного развития растительного покрова, но испытывает и весомое антропогенное воздействие.

**Abstract.** The Rosovsky pond in the territory of the Sharkan natural park was subject to research. The taxonomic composition of the flora is represented by 67 species of vascular plants belonging to 54 genera and 24 families. The content of organic substances varies from 0,89 % to 20,78 %. Rosovsky pond belongs to the group with low mineralization. Values of acidity ranging from 6,5 to 7,7. The study area retains the natural development trends of vegetation cover, but also experiences significant anthropogenic impact.

***Ключевые слова:***флора, Росовский пруд, природный парк «Шаркан», антропогенное воздействие, минерализация, кислотность.

***Keywords:*** flora, Rosowski pond, the natural park «Sharkan», anthropogenic impact, salinity, acidity.

Исследование закономерностей распределения растительного покрова водоемов и водотоков является одним из наиболее актуальных направлений в современной экологии растений. Актуальность работы состоит в том, что исследуемый нами Росовский пруд находится на территории буферной зоны природного парка «Шаркан» и имеет рекреационное значение. Ис­следования флоры в природном парке проводились неоднократно, но комплексного изучения водной и прибрежно-водной флоры Росовского пруда ранее не было. Изучение растительного покрова исследуемого объекта является важным для оценки состояния антропогенно преобразованной территории.

Цель работы: изучить разнообразие, состав и структуру прибрежно-водной растительности Росовского пруда. Задачи: 1) выявить видовой состав флоры Росовского пруда; 2) выполнить анализ таксономической и экологической структуры флоры; 3) составить конспект прибрежно-водной флоры; 4) определить количество органического вещества в донных отложениях и гидрохимические показатели р. Шаркан и Росовского пруда (кислотность, минерализация).

При выполнении настоящего исследования применялся маршрутно-детальный метод [1]. Полевые флористические и геоботанические исследования Росовского пруда проводились с июля по август 2017 г. Выполнено описание 32 геоботанических площадок. Собрано 105 гербарных листов. В результате исследований было выявлено произрастание 67 видов сосудистых растений, относящихся к 54 родам и 24 семействам.

Для выявления «лица» флоры и положения в иерархии флор недостаточно составления списка видов растений на исследуемой территории [2]. Познание сложных вопросов флорогенеза достигается путем применения различных приемов анализа флор [3]. «Лицо» флоры выявляется при рассмотрении 10–15 ведущих семейств (или родов), составляющих главную часть флористического спектра [4].

Анализ систематической структуры показывал, что наибольшим видовым разнообразием представлены следующие семейства: *Asteraceae* (12 видов), *Poaceae* (11 видов), *Rosaceae*, *Onagraceae*, *Fabaceae*, *Apiaceae* (по 4 вида), *Potamogetonaceae*, *Equisetaceae*, *Araceae* (по 3 вида), *Ranunculaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae* (по 2 вида).

В семейственно-видовом спектре в лидирующих позициях находятся семейства *Astera­ceae* и *Poaceae*, что характерно для бореальных флор. Данные семейства вблизи антропогенных источников загрязнения не снижают видовое разнообразие, а увеличивают его. Это объясняется тем, что представители семейств устойчивы к загрязнению.

Довольно высокое положение занимает *Onagraceae*, так как данное семейство по своей экологии преимущественно является мезофитом или гигрофитом. Повышена роль термофильного семейства *Fabaceae*. Усиление позиций термофильных семейств во флоре говорит о боль­шем количестве сорных растений, связанных с хозяйственной деятельностью человека [5].

В результате исследований выяснилось, что семейства, относящиеся к собственно гидрофильным, не имеют наибольшего видового разнообразия. Всего в 10 ведущих семействах насчитывается 50 видов, что составляет 74,6 % от общего видового состава флоры. Высокое значение десяти ведущих семейств свидетельствует о процессе трансформации флор.

Также флористическим показателем является спектр расположения ведущих по числу родов семейств. Лидирующее положение занимают всё те же семейства — *Asteraceae* и *Poa­ceae*. В семейственно-родовом спектре в десятку лидирующих семейств входит 40 родов, составляющих 74,1 % от общего числа родов.

Три ведущих положения в родово-видовом спектре Росовского пруда занимают роды *Potamogeton*, *Equisetum* и *Epilobium* (по 3 вида). Для этих родов характерны водные растения и растения, предпочитающие достаточное содержание влаги в почве.

В антропогенно нарушенных биогеоценозах происходит изменение видового состава в результате влияния факторов разнообразной природы, главным образом, загрязнения и рекреации. Известно, что с увеличением уровня загрязнения количество семейств изменяется незначительно, а количество видов при этом снижается [6].

Под экологической структурой флоры понимается распределение видов, составляющих флору растений, по экологическим группам [7, 8]. Экологический спектр включает следующие группы: гидрофиты (13,4 %), гелофиты (6 %), гигрогелофиты (4,5 %), гигрофиты (19,4 %),
а также гигромезофиты и мезофиты (56,7 %). Для представленной флоры характерно преобладание видов, не относящихся к собственно водным. Такое соотношение экологических групп подчеркивает уязвимость водного ядра флоры и достаточно высокую толерантность к антропогенным факторам группы прибрежно-водных и околоводных растений.

При экологической оценке водных экосистем одним из наиболее информативных объектов изучения являются донные отложения. В ходе исследования было отобрано 13 проб донных отложений. Cодержание органических веществ изменяется от 0,89 % (верховья пруда) до 20,78 % (в зоне подпора пруда). Повышение органики на станциях отбора, располагающихся на пруду, обусловлено комплексом факторов: низкая скорость течения воды, глубина пруда, расположение на подпоре пруда, а также достаточно теплая температура воды. Все это способствует развитию застойных процессов и процессов накопления органических веществ в донных отложениях.

К гидрохимическим показателям относятся такие значения, как кислотность и минерализация. В ходе исследования Росовского пруда было изучено 4 станции. Минерализация воды изменяется от 163 мг/л (в зоне подпора пруда) до 209 мг/л (верховья пруда). Следовательно, исследуемый водный объект можно отнести к группе с малой минерализацией [9]. Уровень минерализации мог повыситься в связи со смывами в реку с участков автодорог и иных объектов, поступления со сточными водами различных минеральных удобрений с огородов, а также дождевых и организованных стоков с территорий предприятий, расположенных в пойме реки и пруда. Значения кислотности изменяются от 6,5 до 7,7. Природными источниками закисления воды могут быть избыточное накопление диоксида углерода при активном разложении органических веществ и поступление стоков, содержащих органические кислоты.

В целом, исследуемая территория сохраняет тенденции естественного развития растительного покрова, но Росовский пруд испытывает и весомое антропогенное воздействие, так как исследуемый водный объект находится на территории природного парка «Шаркан». Наличие в природном парке уникальных реликтовых ландшафтов привлекает все большее число любителей отдыха на природе. В целях нейтрализации негативного влияния рекреации на его территории необходимо создание и функционирование большого числа экологических троп и мест стоянок для отдыха экотуристов.

**Список использованной литературы**

1. Папченков В. Г. О классификации растений водоемов и водотоков // Гидроботаника: методология, методы: Материалы Школы по гидроботанике (п. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 27–32.
2. Баранова О. Г. Местная флора: анализ, конспект, охрана: учебное пособие. Ижевск, 2002. 199 с.
3. Толмачев А. И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
4. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 176 с.
5. Баранова О. Г., Борисовская Т. В., Бралгина Е. Н., Маркова Е. М., Пузырев А. Н., Рубцова А. В. Сосудистые растения природного парка «Шаркан» и их охрана: монография. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 152 с.
6. Жуйкова Т. П. Сообщества травянистой растительности в условиях химического загрязнения среды / Т. П. Жуйкова, Е. С. Мордвина // Экология, 1997. № 6. С. 452–461.
7. Папченков В. Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности // Экология. 1985. № 6. С. 8–13.
8. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья: монография. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214 с.
9. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1953. 296 с.

ХИМИЯ

Белова Татьяна Ивановна, Удмуртский государственный университет,
tatyana.belova.96-96@yandex.ru

Научные руководители — Трубачева Лариса Викторовна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. х. н.; Лоханина Светлана Юрьевна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. т. н.

**ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОБРАЗЦОВ
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЭКОАНАЛИТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ**

**FEATURES OF CREATION OF MULTICOMPONENT SAMPLES,
A SPECIAL DESTINATION FOR ECO-ANALYTICAL LABORATORIES**

**Аннотация.** Создан образец для контроля состава воды природной, представляющий собой смесь сухих солей, имитирующий состав воды по макрокомпонентам. Выбраны компоненты-реперы. Установлены метрологические характеристики образца по ряду макро- и микрокомпонентов с использованием нескольких методов, в том числе метода инверсионной вольтамперометрии и молекулярно-абсорбционной спектроскопии.

**Abstract.** The sample is designed to control the composition of natural water, which is a mixture of dry salts, imitating the composition of water by macro components. Components are selected. Metrological characteristics of the sample are established for a number of macro- and micro-components by several methods, including the metod of inversion voltammetry and molecular aberration spectroscopy.

***Ключевые слова:*** образец для контроля, метрологические характеристики, ионы марганца, инверсионная вольтамперометрия, молекулярно-абсорбционная спектроскопия, методика измерений, внутрилабораторный контроль.

***Keywords:*** the sample for the control, metrological characteristics, manganese ions, inversion voltammetry, molecular absorption spectroscopy, measurement technique, intra-laboratory control.

Качество результатов измерений в лаборатории подтверждается в ходе оперативного контроля. При его проведении используют специальные образцы [1]. Образец для контроля (ОК) — вещество (материал) с установленными путем аттестации значениями одной или нескольких величин, характеризующих его состав (свойства), предназначенное для контроля точности результатов испытаний близких по составу (свойствам) веществ (материалов) [2].

Большинство выпускаемых на сегодня ОК состава воды природной представляют собой однокомпонентные водные растворы. Однако лаборатории стремятся использовать образцы, которые по своим свойствам находятся как можно ближе к анализируемому объекту, то есть ОК, моделирующие объект испытаний [2]. Только в этих условиях результаты контрольных процедур объективно отражают качество работы, включая все этапы реализации методик измерений (в том числе перевод компонента в соединение, дающее аналитический сигнал, устранение мешающих и сопутствующих влияний).

В ходе эксперимента создан специальный ОК на основе смеси солей, имитирующий содержание основных компонентов природных вод (Na+, K+, Ca2+, Mg2+, HCO3–, Cl–, SO42–, NO3–). С использованием аттестованных методик проведен статистический эксперимент, определено содержание некоторых компонентов ОК. Рассчитаны их аттестованные значения (АЗ) и метрологические характеристики образца (таблица).

Наряду с макрокомпонентами матрицы образец содержал ионы Mn2+ и других металлов. Содержание ионов Mn2+ определяли несколькими методами (таблица).

**1. Метод инверсионной вольтамперометрии (ИВА) на анализаторах типа ТА.** Сущность метода заключается в способности элементов накапливаться на рабочем электроде из исследуемых растворов, а затем электрохимически растворяться при определенном потенциале, который характерен для каждого элемента [3]. Потенциал максимума регистрируемого анодного пика Mn2+ на фоне сульфита натрия (–1,5 ± 0,1) В. Массовые концентрации в пробе определяются по методу добавок аттестованных смесей элементов. Метод позволяет определять элементы при низких концентрациях с предварительным концентрированием анализируемого компонента на рабочем электроде.

**2. Метод молекулярно-абсорбционной спектроскопии с использованием градуировочного графика.** В основе метода лежит окислительно-восстановительная реакция, в ходе которой происходит окисление ионов Mn2+ до перманганат-ионов MnO4–. Образующийся в ходе реакции перманганат-ион придает раствору розовую окраску [4, 5].

1. По ПНД Ф 14.1:2.61 — в присутствии HNO3 действием персульфата аммония в присутствии ионов серебра Ag+ с измерением оптической плотности при *λ* = 540 нм [4]. При определении мешают Сl–-ионы, для их устранения используют Hg(NO3)2.

2. По неаттестованной методике — окислением KIO4 с измерением оптической плотности при *λ* = 525 нм. Метод позволяет определять Mn2+  в присутствии хлоридов [5].

Таблица. Метрологические характеристики ОК

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Массовая концентрация, мг/дм3 | АЗ/теоретич. | Неопределенность АЗ (*Р* = 0,95) | Неопределенность от: |
| способа аттестации | неоднородности |
| хлорид-ионы | 285,9/263,9 | 9,2 | 0,88 | 4,36 |
| нитрат-ионы | 59,6/57,1 | 5,6 | 0,53 | 2,67 |
| гидрокарбонат-ионы | 298,8/335,6 | 7,2 | 0,51 | 3,56 |
| карбонат-ионы | 40,5 | 3,3 | 0,23 | 1,61 |
| рН, ед. рН | 9,72 | 0,15 | 0,01 | 0,07 |
| Значение щелочности, ммоль/дм3 |
| свободная (Ар) | 0,68 | 0,05 | 0,004 | 0,03 |
| общая (АТ) | 6,25 | 0,04 | 0,003 | 0,02 |
| Массовая концентрация Mn2+, мг/дм3 |
| ИВА | 0,80/1 | 0,10 | 0,01 | 0,04 |
| ПНД Ф 14.1:2.61 | 1,26/1 | 0,04 | 0,006 | 0,02 |
| Неаттестованная МИ | 1,02/1 | 0,20 | 0,03 | 0,08 |

Таким образом, разработан ОК состава воды природной, являющийся смесью неорганических веществ. Проведена его метрологическая аттестация по ряду компонентов — установлены АЗ по выбранным показателям и их неопределенности. Установлено также, что неаттестованная методика для определения содержания Mn2+ дает удовлетворительные результаты, в то время как метод ИВА — заниженные, а аттестованная МИ — завышенные.

**Список использованной литературы**

1. Р 50.2.011-2005 ГСИ. Проверка квалификации испытательных (измерительных) лабораторий, осуществляющих испытания веществ, материалов и объектов окружающей среды (по составу и физико-химическим свойствам) посредством межлабораторных сличений. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2005. 50 с.

2. ГОСТ 8.315. ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. М.: Стандартинформ, 2010.

3. ПНД Ф 14.1:2:4.217-06. Методика выполнения измерений массовой концентрации марганца методом ИВА на анализаторах типа ТА. Томск, 2006. 21 с.

4. ПНД Ф 14.1:2.61-96. Методика измерений массовой концентрации марганца в природных и сточных водах фотометрическим методом с персульфатом аммония. М.: ФБУ «ФЦАО», 2013. 13 с.

5. Лазарева В. И., Лазарев А. И., Харламов И. П. Исследование условий ускоренного фотометрического определения марганца периодатом // Заводская лаборатория. 1979.
№ 45. С. 193.

Боталова Ольга Олеговна, Удмуртский государственный университет,
olga141097@gmail.com

Научный руководитель — Черепанов Игорь Сергеевич, Удмуртский государственный университет, доцент, к. хим. н., cherchem@mail.ru

**ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРОДУКТОВ КАРАМЕЛИЗАЦИИ АЛЬДОГЕКСОЗ
В ЩЕЛОЧНЫХ ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ СРЕДАХ**

**DYNAMICS OF FORMATION OF STRUCTURAL ELEMENTS
OF CARDENCY PRODUCTS OF ALDOGEKSOS
IN ALKALINE WATER-ETHANOL ENVIRONMENTS**

**Аннотация.** Изучена динамика процессов и структура продуктов карамелизации *D*‑глюкозы, *D*-маннозы и *D*-галактозы в щелочной водно-этанольной среде. Отмечена близость структурных элементов формирующихся карамелей к традиционно образующимся в водных средах и при сухой деструкции продуктам. Показано, что подбор условий реализации процессов превращений углеводов, в том числе температурного режима, растворителей и катализаторов особенно перспективный, поскольку, позволяя получать традиционные продукты в мягких условиях синтеза, дополнительно оптимизирует технологические операции очистки, снижая процент побочных процессов и продуктов.

**Abstract.** The dynamics of processes and structure of *D*-glucose, *D*-mannose and *D*-galactose caramelization products in alkaline aqueous-ethanolic medium is studied. The closeness of the structural elements of the formed caramels to the products traditionally formed in aqueous media and under dry degradation is noted. It is shown that the selection of the conditions for the realization of carbohydrate’s transformation processes, including the temperature value, type of solvents and catalysts is especially promising, allowing to obtain traditional products under mild synthesis conditions, further optimizes the technological operations of raw material purification, reducing the percentage of side processes and products.

***Ключевые слова:*** карамелизация, углеводы, водно-этанольные среды, спектроскопия.

***Keywords:*** caramelization, carbohydrates, aqueous-ethanol media, spectroscopy.

Реакции неферментативного окрашивания являются одними из важнейших в пищевой и агропромышленной индустрии, при этом остаются малоизученными потенциальные возмож­ности «браун»-полимеров, в частности, как меланоидины, так и продукты карамелизации обла­дают антиоксидантными свойствами, а также рядом других биологически важных показате­лей [1]. Проявление последних определяется соответствующей структурой «браун»-продуктов, которая в свою очередь связана с динамикой их формирования. Реализация синтеза карамели­зованных углеводов в смешанных средах даёт возможность проводить реакции в мягких усло­виях [2] с меньшим количеством летучих продуктов, присутствие в реакционной системе незначительных количеств щелочи способствует протеканию целевых процессов. Целью нас­тоящего исследования явилось изучение динамики формирования, а также изучение структур­ных элементов продуктов карамелизации *D*-глюкозы, *D*-маннозы и *D*-галактозы при температу­рах 80–90 °С в щелочных водно-этанольных средах.

Спектры поглощения термостатированных растворов углеводов имеют близкий характер (рис. 1).

Аналогичная динамика нарастания оптической плотности сохраняется для реакционных систем, термостатированных в течение большего времени. В видимой области максимальное поглощение при длине волны 420 нм, отвечающей образованию окрашенных продуктов, имеет наибольшее значение для *D*-маннозы, что обусловлено структурными особенностями ее молекул [1].

ИК-спектры продуктов, выделенных из термостатированных в течение 1 часа реакционных систем, характеризуются наличием одних и тех же полос поглощения для всех трех углеводов (рис. 2), при этом более продолжительное нагревание рабочих растворов практически не изменяет характер спектров выделяемых продуктов.



Рис. 1. Спектры поглощения водно-этанольных растворов альдогекзоз (80 °С, 1 ч):
1 — *D*-галактоза; 2 — *D*-глюкоза; 3 — *D*-манноза



Рис. 2. ИК-спектры твердых продуктов термостатирования моносахаридов в водно-этанольных средах (80 °С, 1 ч): 1 — *D*-глюкозы; 2 — *D*-маннозы; 3 — *D*-галактозы

Характер спектров, показывая близкую природу, свидетельствует об однотипном механизме формирования структуры продуктов щелочной деструкции, при этом природа выделенных продуктов близка к таковой для традиционно получаемых карамелей: выделенные караме­ли имеют профили ИК-спектров, аналогичные таковым для традиционно получаемых продук­тов [3], в том числе продуктов «сухой» карамелизации [4].

Данный вывод подтвержден детальным анализом ИК-спектров всех трех продуктов карамелизации в трех областях частотного диапазона: 700–1200 см–1, 1200–1800 см–1
и 2000–3200 см–1; отнесение полос поглощения позволяет предположить образование в процес­се гликозидных структур:



а также сопряженных карбонильных фрагментов.

Следует особо отметить, что полученные продукты образуются в более мягких в сравнении с классическими условиях, в связи с чем результаты исследований являются перспективными для оптимизации технологий переработки углеводного сырья.

**Список использованной литературы**

1. Черепанов И. С. Динамика процессов и структура продуктов карамелизации альдогексоз в щелочных водно-этанольных средах / И. С. Черепанов, О. О. Боталова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. Т. 48. № 1. С. 35–39.

2. Shen S.-C. Maillard browning in ethanolic solution / S.-C. Shen, J. S.-B. Wu // J. Food Sci. 2004. Vol. 69. No. 2. P. 273–279.

3. Tomasik P. The thermal decomposition of carbohydrates. Part I. The decomposition of mono-, di-, and oligo-saccharides / P. Tomasik, M. Pakasinski, S. Wiejak // Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. 1989. Vol. 47. P. 203–278.

4. Golon A. Characterization of «caramel-type» thermal decomposition products of selected monosaccharides including fructose, mannose, galactose, arabinose and ribose by advanced electrospray ionization mass spectrometry methods / А. Golon, N. Kuhnert // Food & Function. 2013. Vol. 4. No. 10. P. 1040–1050.

Газизянова Алина Рафаеловна, Удмуртский государственный университет, gazizyanova\_114@mail.ru

Научный руководитель — Чернова Светлана Павловна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. хим. н.

**Определение содержания нитрат-ионов в воде, фруктах
и овощах с помощью потенциометрического метода**

**DETERMINATION OF NITRATE IONS IN WATER, FRUITS AND VEGETABLES
WITH THE HELP OF POTENTIOMETRIC METHOD**

**Аннотация.** Потенциометрическим методом определено содержание нитрат-ионов в воде, фруктах и овощах. Для определения использовался ионоселективный электрод с поливинилхлоридной мембраной, а также нитратомер и мультитест. Установлено, что в исследуемых минеральных водах содержание нитрат-ионов составляет не более 10 мг/дм3. Показано, что концентрация нитрат-ионов в выбранных сортах яблок, винограда, огурцов и помидор не превышает предельно допустимой концентрации.

**Abstract.** A potentiometric method to determine the content of nitrate ions in water, fruits and vegetables. To determine the used ion-selective electrode with a PVC membrane, and also nitrate and multitest. It is established that in the investigated mineral waters the content of nitrate ions is not more than 10 mg/dm3. It is shown that the concentration of nitrate ions in the selected varieties of apples, grapes, cucumbers and tomatoes do not exceed the maximum permissible concentration.

***Ключевые слова:*** нитрат-ионы, вода, фрукты, овощи, ионоселективный электрод, потенциометрический метод.

***Keywords:*** nitrate ions, water, fruits, vegetables, ion selective electrode, potentiometric
method.

Одним из показателей качества воды и продуктов питания является содержание нитрат-ионов. Нитрат-ионы присутствуют в водах различного вида: природных, минеральных питьевых лечебных, лечебно-столовых и природных столовых. Овощи и фрукты, являясь важными поставщиками минеральных веществ, необходимых для организма человека, также опасны накапливаемыми в них нитрат-ионами. Повышенное содержание нитрат-ионов в растениях и плодах значительно ухудшает их качество и является потенциально опасным для здоровья людей и животных. Поступление в больших дозах данных ионов с водой и пищей вызывает у человека, в особенности у детей, метгемоглобинемию. Вместе с этим изменяется нормальный газообмен в тканях, сопровождающийся понижением работоспособности и другими функциональными изменениями.

Нитрат-ионы в воде можно определить: фотометрическим, колориметрическим, флуориметрическим, кондуктометрическим, потенциометрическим методами. Последний метод является экспрессным для определения нитрат-ионов в овощах и фруктах.

Цель исследования заключалась в определении содержания нитрат-ионов в воде, фруктах и овощах с помощью потенциометрического метода.

В настоящее время потенциометрические методы анализа связаны с использованием мембранных (ионоселективных) и металлических индикаторных электродов. Различают несколько видов ионоселективных электродов: первичные ионоселективные электроды — электроды с кристаллическими мембранами; электроды с жесткой матрицей (стеклянные); электроды с подвижными носителями — положительно заряженными, отрицательно заряженными, незаряженными (с нейтральными переносчиками); сенсибилизированные (активированные) электроды — газочувствительные; ферментные. В последнее время также появились пленочные электроды.

Используемый в настоящей работе электрод ЭЛИС — 121NO3 с поливинилхлоридной мембраной. Для определения содержания нитрат-ионов потенциометрическим методом использовали также хлор-серебряный электрод сравнения марки ЭСр-10101, мультитест ИПЛ‑301 и нитратомер ИТ-1201.

Согласно литературным данным, к наиболее известным задачам потенциометрического метода, которые могут быть решены с помощью ионоселективного электрода, относится определение содержания азота в воде в нитратной форме.

Первым этапом работы являлась калибровка нитрат-селективного электрода на иономере и нитратомере с помощью стандартных растворов нитрата калия по паспорту электрода и по ГОСТ 23268.9-78 «Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения нитрат-ионов».

Далее концентрации нитрат-ионов устанавливали в образцах минеральных вод различных производителей. В исследуемых минеральных водах содержание нитрат-ионов оказалось не более 10 мг/дм3, что не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) нитрат-ионов 45 мг/дм3.

Важным показателем качества фруктов и овощей также является содержание нитрат-ионов. Наиболее часто употребляемыми фруктами являются яблоки, бананы, виноград и груши, а из овощей — помидоры, огурцы, картофель. Для исследования содержания нитрат-ионов выбраны яблоки, виноград, огурцы и помидоры разных сортов и производителей.

Исследования проведены согласно ГОСТ 29270-95 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов». Данный метод основан на извлечении нитрат-ионов раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением концентрации нитрат-ионов с помощью ионоселективного нитратного электрода. Первоначально была проведена калибровка нитратного электрода на иономере и нитратомере с помощью стандартных растворов нитрата калия по ГОСТ 29270-95. Далее исследовались фрукты и овощи.

Результаты эксперимента показали, что наиболее высоко содержание нитрат-ионов в яблоках сорта «Голден» и винограде сорта «Киш-миш», однако содержание нитрат-ионов во всех исследованных сортах не превышает 60 мг/дм3, что не выше ПДК. В овощах более высокая концентрации нитрат-ионов содержится в сортах томатов «Черри» (68,66 мг/дм3), в огурцах производителя АО «Тепличный комбинат Завьяловский» (167 мг/дм3). Но и в этом случае содержание нитрат-ионов во всех сортах овощей не выше 150/300 мг/дм3, что предусмотрено ПДК.

На основании полученных данных установлено, что содержание нитрат-ионов в воде минеральных источников не выше 10 мг/дм3. Концентрация нитрат-ионов в выбранных сортах фруктов и овощей не превышает ПДК. Показано, что исследование нитрат-ионов в водах, фруктах и овощах с помощью нитратомера является более экспрессным и удобным, потому что результаты высвечиваются на экране в виде концентрации нитрат-ионов и не приходится делать лишние операции для их пересчета.

***Дерягина Татьяна Владимировна, Удмуртский государственный университет***

***Научный руководитель — Рылкина Мария Валерьевна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. хим. н.***

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОТНОСТИ РАСТВОРА ЭЛЕКТРОЛИТА
НА ПАССИВАЦИЮ ЛАТУНИ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**A STUDY OF THE INFLUENCE OF ACIDITY OF THE ELECTROLYTE SOLUTION
FOR THE PASSIVATION OF BRASS AT ELEVATED TEMPERATURES**

**Аннотация.** Потенциодинамическим методом исследовано влияние температуры и кислотности среды на пассивацию *α*-латуни. Показано, что повышение температуры и увеличение рН электролита ускоряет анодное растворение сплава и затрудняет его пассивацию, а также способствует утолщению пассивной пленки. Предположено, что в исследованной области потенциалов электрохимический процесс окисления латуни лимитируется диффузионной стадией, а при рН 9,16 в области пассивации — диффузионно-кинетической.

**Abstract.** The effect of temperature and acidity of medium on the passivation of *α*-brass was studied by the potentiodynamic method. It is shown that temperature and pH increase accelerates the anodic dissolution of brass and complicates its passivation, and also contributes to the thickening of the passive film. It was suggested that in investigated potential region an electrochemical process of brass oxidation is limited by the diffusion stage, and at pH 9,16 in the passivation region — by the diffusion-kinetic stage.

***Ключевые слова:*** латунь, пассивация, пассивная пленка, энергия активации, лимитирующая стадия, диффузия.

***Keywords:*** brass, passivation, passive film, activation energy, rate-limiting step, diffusion.

Изучение коррозионного поведения латуней представляет практический интерес в связи с широким их применением в промышленности. Коррозионная стойкость латуней зависит от их фазового состава, природы и концентрации анионов-активаторов, что подтверждается многочисленными экспериментальными данными. В то же время, влияние таких факторов, как температура и кислотность среды, изучено недостаточно.

Исследования проводили потенциодинамическим методом с помощью потенциостата IPC-Pro MF в естественно аэрируемых боратных буферных растворах (ББР) при рН 6,99÷9,16 в интервале температур от 20 до 60 °С. Исследуемым электродом служил промышленный образец латуни марки Л63 (Cu 62–65 %, Zn 34–37 %). Методика эксперимента представлена в [1]. Потенциалы приведены по шкале стандартного водородного электрода. Математическую обработку результатов проводили с помощью программы Excel.

Анодные поляризационные кривые (АПК) для латуни Л63 имеют форму, характерную для пассивирующихся металлов и сплавов (рис. 1). Во всем исследованном диапазоне потенциалов и рН в ББР образец не подвергается депассивации и находится в устойчивом пассивном состоянии при *Е* > *Е*пп.

Исходя из термодинамических расчетов, можно предположить, что поверхность сплава в пассивном состоянии покрыта пленкой, состоящей из гидратированных оксидов ZnO, Cu2O и CuO/Cu(OH)2, поскольку потенциалы коррозии (*Е*кор), пассивации (*Е*п) и полной пассивации (*Е*пп) выше, чем равновесные потенциалы образования данных оксидов и гидроксидов.

О пассивации латуни Л63 свидетельствует и наличие петли гистерезиса на циклических вольтамперограммах (ЦВА) (рис. 2), по которым также можно проследить последовательность процессов образования и восстановления оксидов на поверхности исследуемого образца.

Аналогично [1], на анодной ветви наблюдается три максимума анодного тока AI, AII и AIII, отвечающих образованию ZnO, Cu2O и CuO соответственно. При понижении поляризации также можно выделить три катодных пика КIII, КII и КI, которые относятся к восстановлению CuO до Cu2O, Cu2O до Cu и ZnO до Zn соответственно. Кроме того, при снижении поляризации от 1,2 В и с ростом рН ток в широком интервале потенциалов остается анодным, то есть увеличение рН приводит к ослаблению защитных свойств ОП.





Рис. 1. Анодные поляризационные кривые латуни Л63 в боратном буферном растворе при 20 (а) и 60 (б) °С и рН: 1 — 6,99; 2 — 7,37; 3 — 7,77; 4 — 8,19; 5 — 8,79; 6 — 9,16





Рис. 2. ЦВА кривые (10 мВ/с) латуни Л63 в боратном буферном растворе при 20 (а) и 60 (б) °С и рН: 1 — 6,99; 2 — 7,37; 3 — 9,16

При увеличении рН электролита *Е*кор и *Е*пп изменяются немонотонно, а *Е*п уменьшаются (рис. 1). В то же время отмечается ускорение анодного процесса в областях активно-пассивного перехода и пассивации. Следовательно, с увеличением рН способность латуни к пассивации снижается. Из анализа ЦВА кривых (рис. 2) можно предположить, что по мере уменьшения кислотности среды от рН 7,37 до 9,16 ОП утолщается, а при рН 6,99 обнаруживаются более толстые пленки, чем при следующем более высоким по значению рН, что особенно ярко выражено при 60 °С.

Влияние температурного фактора подробно рассмотрено в [2]. Аналогичные АПК и ЦВА кривые получены и для других значений рН. С увеличением температуры в диапазоне рН 7,37÷9,16 *Е*кор, *Е*п и *Е*пп на АПК для латуни Л63 практически не изменяются, а *i*п и *i*пп возрастают, следовательно, ускоряется процесс растворения сплава и замедляется его переход в пассивное состояние. При рН 6,99 обнаруживается различное электрохимическое поведение сплава: при 20 °С образец пассивируется при потенциалах, соответствующих образованию оксида Cu2O (рис. 1а); при 60 °С затрудняется наступление пассивности латуни, что подтверждается высокими значениями *i*п (рис. 1б).

Оценка толщин оксидных слоев по ЦВА кривым показывает, что при повышенных температурах образуются более толстые пленки ZnO и Cu2O: с увеличением температуры наблюдается тенденция к их утолщению в результате интенсификации растворения сплава. Толщина оксида CuO в средах, близких к нейтральным (рН 7,37 и 7,77), незначительна и мало изменяется под влиянием температуры. В слабощелочных средах (рН 8,19; 8,79; 9,16) слой оксида CuO также растет с увеличением температуры, однако толщина его значительно меньше толщин слоев ZnO и Cu2O.

На основании значений величин кажущейся энергии активации (*Е*акт), определяемых из графической зависимости ln *i* = *f* (1/*T*) при определенном потенциале, можно сделать заключение о природе лимитирующей стадии. Получено, что протекающие на электроде процессы в областях активного анодного растворения, активно-пассивного перехода и пассивации контролируются диффузионной стадией (*Е*акт < 20 кДж/моль), а при рН 9,16 в области пассивации осуществляется смешанный контроль (*Е*акт = 22 кДж/моль).

Таким образом, повышение температуры, как и увеличение рН электролита, приводит к ускорению процесса анодного растворения сплава и затруднению его пассивации, а также способствует утолщению сформированной на поверхности латуни пассивной пленки. На основании полученных величин кажущейся энергии активации предположено, что в областях активного анодного растворения, активно-пассивного перехода и пассивации лимитирующей стадией электрохимического процесса является диффузионная, а при рН 9,16 в области пассивации — смешанная.

**Список использованной литературы**

1. Рылкина М. В., Кузнецов Ю. И., Калашникова М. В., Еремина М. А. Депассивация лату-ней в нейтральных хлоридных средах // Защита металлов. 2002. Т. 38, № 4. С. 387–393.
2. **Дерягина Т. В., Рылкина М. В. Исследование пассивации латуни Л63 при повышенных температурах // XLV итоговая студенческая научная конференция:** материалы конференции / Отв. ред. А. М. Макаров. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2017. C. 80-82.

***Калабина Татьяна Валентиновна, Удмуртский государственный университет, kalabina.95@inbox.ru***

***Научные руководители — Трубачева Лариса Викторовна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. хим. н.; Лоханина Светлана Юрьевна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. техн. н.***

**Влияние некоторых факторов на определение содержания
золота в электролите иммерсионного золочения**

**Influence of some factors on determination of gold content
in electrolyte immersion gold plating**

**Аннотация.** Внедрена аттестованная методика количественного химического анализа. Гравиметрическим и титриметрическим методами проверена воспроизводимость результатов анализа.

**Abstract**. The certified technique of the quantitative chemical analysis is introduced. Reproducibility of the analysis results was checked by gravimetric and titrimetric methods.

***Ключевые слова:*** печатные платы, электролиты золочения, гравиметрический и титриметрический методы определения содержания золота.

***Keywords:*** PCB, gold plating electrolytes, gravimetric and titrimetric method for the determination.

Золотое покрытие печатной платы является финишным, которое наносится в процессе ее производства на контактные площадки и другие открытые элементы печатного рисунка. Основная функция финишного покрытия — защита поверхности контактных площадок и других открытых элементов печатного рисунка, а также обеспечение качественной пайки электронных компонентов на печатную плату, в течение определенного срока хранения.

На сегодня разработана перспективная технология нанесения золотого покрытия из электролитов химическим методом, в [1, 2] указывается ряд преимуществ этого метода: толщина покрытия составляет 0,05–0,15 мкм; иммерсионное золото является безопасным бессвинцовым покрытием; покрытие мелкокристаллическое и беспористое; имеется возможность проводить дополнительное внутрисхемное тестирование; создаются идеально плоские, гладкие контактные площадки; обеспечивается хорошая паяемость. Это позволяет проводить несколько циклов паек (в отличие от гальванического осаждения золота). Материал долговечен (средний срок хранения 1 год), не подвержен ионному загрязнению, не окисляется.

Наиболее применяемыми электролитами иммерсионного золочения являются условно бесцианистые. Согласно [3] они подразделятся на три группы: щелочные, нейтральные и кислые. Для соблюдения технологического режима важно поддержание основных компонентов в растворе электролита в рабочем диапазоне. Поскольку золото — драгоценный металл, следовательно, необходимо не только определять содержание золота в растворе, но и вести его строгий учет, согласно ФЗ №41-фз [4]. В связи с этим целью работы явилось определение содержания золота в цианистом электролите иммерсионного золочения, гравиметрическим и титриметрическим методами и проведение их сравнительной характеристики.

Для достижения данной цели необходимо решить ряд задач:

1) определить содержание золота в электролите гравиметрическим методом;

2) изучить влияние добавки пероксида водорода на результаты определения золота;

3) определить содержание золота в электролите титриметрическим методом;

4) сопоставить результаты, полученные двумя методами.

Определение золота в электролитах иммерсионного золочения с использованием аттестованной методики состояло из следующих этапов:

1. Подготовка электролита: объем электролита, находящийся на производственной линии, доводили до заданного значения с последующим подогревом до оптимального значения с непрерывной фильтрацией.
2. Отбор проб и пробоподготовка: точечные пробы отбирали из 3–5 мест на разной глубине ванны золочения. Затем получали объединенную пробу в общей емкости, из которой после перемешивания отбирали требуемый объем лабораторной пробы.
3. Разрушение цианидного комплекса: добавляли в электролит смесь кислот (азотной и серной) и нагревали.
4. Восстановление золота: вносили раствор пероксида водорода, после чего отфильтровывали маточный раствор через гладкий обеззоленный фильтр «синяя лента» и осадок промывали горячей дистиллированной водой температурой 50–70 °С.
5. Получение гравиметрической формы: фильтры высушивали на воздухе до воздушно-сухого состояния, переносили в фарфоровые тигли и прокаливали при температуре (800 ± 20)°С в течение 1 часа, охлаждали в эксикаторе, взвешивали.

По массе осадка рассчитывали концентрацию золота в электролите иммерсионного золочения. Пробы анализировали в день отбора.

Далее разработали и провели статистический эксперимент по набору данных, при вариации объема добавляемого раствора Н2О2. Для каждого объема получено не менее 10 результатов в трех параллельных определениях. Работы выполнялись в условиях повторяемости и внутрилабораторной прецизионности.

Одновременно проводили набор статистических данных гравиметрическим и титриметрическим методами (рис. 1).

С(Au), г/дм3

0,50

1,00

1,50

2,00

1

2

3

4

5

6

7

8

9

№ пробы

Рис. 1. Сравнение результатов, полученных гравиметрическим () и титриметричес-
ким () методами

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

а) объем добавляемого раствора пероксида водорода на результаты определения золота гравиметрическим методом существенно не влияет;

b) при добавлении малого объема Н2О2 начальная скорость реакции незначительна и требует дополнительного механического воздействия, что приводит к увеличению СКО получаемых результатов;

c) методы гравиметрического и титриметрического определения дают воспроизводимые результаты.

**Список использованной литературы**

1. Медведев А. М. Печатные платы. Требования для поверхностного монтажа // Компоненты и технологии. 2007. № 10. С. 166.

2. Ерендеев Ю. Финишные покрытия печатных плат в промышленных технологиях производства соврепенной аппаратуры // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. № 7. С. 167.

3. Вячеславов П. М. Гальванотехника благородных и редких металлов / Вячеславов П. М., Грилихов С. Я. и др. Изд-во «Машиносторение», 1970. 99 с.

4. Федеральный закон от 26 марта 1998 г. № 41-ФЗ «О драгоценных металлах и драгоценных камнях» (с изм. и доп. от 2 мая 2015) // СЗ РФ, 1998. Ст. 10.

Макарова Александра Игоревна, Удмуртский государственный университет, makarovaalex2607@gmail.com

Научные руководители — Трубачева Лариса Викторовна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. хим. н.; Лоханина Светлана Юрьевна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. техн. н.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ПОЧВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ КАЧЕСТВА**

**STUDY OF THE INFLUENCE OF SOIL TYPE
IN DETERMINING QUALITY INDICATORS**

**Аннотация.** Статья посвящена проблемам экологического состояния почвенного покрова, а также оценке пригодности почвы для сельскохозяйственной деятельности.

Целью работы является оценка влияния типа почв на показатели качества. Для проведения исследования использованы образцы почв, отобранные на территории Малопургинского района УР. Типы исследуемых почв — суглинистая, лесная и супесчаная.

Одним из основных анализов почв является исследование агрохимических показателей. Проведен эксперимент по определению основных агрохимических показателей с использованием различных методов количественного химического анализа: титриметрия, спектрофотометрия, рентгенофлуоресцентный анализ (РФА).

**Abstract.** The article is devoted to the problems of the ecological state of the soil cover, as well as to the assessment of the suitability of the soil for agricultural activities.

The aim of the work is to evaluate the effect of soil type on quality indicators. Samples of soils of the Malopurginskiy area were used for the study. The types of soils under investigation are loamy, forest and sandy loamy.

The study of agrochemical indicators is one of the main analyzes of soils. An experiment was conducted to determine the main agrochemical indicators. Various methods of quantitative chemical analysis were used: titrimetry, spectrophotometry, X-ray fluorescence analysis.

***Ключевые слова*:**тип почвы, агрохимические показатели.

***Keywords*:**soil type, agrochemical indicators.

В современном почвоведении почва — это полифункциональная и поликомпонентная система в поверхностном слое коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, рельефа, климата, времени и обладающая плодородием. Она является одним из важнейших объектов окружающей среды, дающим более 90 % продуктов питания и сырья для производства различной продукции, и имеет сложный химический состав, включающий в себя многие элементы периодической системы Менделеева.

В почве протекают различные химические и биологические процессы, накапливаются вредные вещества, которые могут переноситься на большие расстояния, могут попадать в воду, растения и живые организмы [1]. Химико-экологическая характеристика почвы определяется общим содержанием органических соединений (гумуса), нитратов, фосфатов, ионов кальция, магния, калия, а также ряда микроэлементов. При определении этих веществ играют роль механический состав, кислотность, влагоемкость, ионообменная емкость.

Аналитическое исследование позволяет провести оценку экологического состояния и безопасности почвенного покрова, позволяет оценить пригодность почвы для сельскохозяйственной деятельности. Требования к качеству почв установлены СанПиН 2.1.7.1287-03 [2] и ГН 2.1.7.2041-06 [3].

Агрохимические показатели определяют тип почв, а также ее пригодность с целью использования для сельскохозяйственных нужд. Важнейшими из показателей являются кислотность солевой вытяжки, гидролитическая кислотность, содержание органического вещества, содержание макрокомпонентов (Ca2+, Mg2+, Cl–, SO42–). Содержание микрокомпонентов (Mn2+, Cu2+, Zn2+, Pb2+) позволяет оценить техногенную загрязненность почвенного покрова.

В ходе работы отобраны три типа почв (суглинистая, лесная и супесчаная) на территории Малопургинского района УР, проведен эксперимент по определению основных агрохимических показателей качества, результаты которого представлены в таблице.

Таблица. Сравнительная характеристика почв по агрохимическим показателям

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель качества | Суглинистая | Лесная | Супесчаная |
| рН солевой вытяжки, ед. рН | 6,07 ± 0,20 | 4,20 ± 0,20 | 7,44 ± 0,20 |
| Гидролит. кислотн., ммоль/100 г | 2,24 ± 0,27 | 6,85 ± 0,82 | 0,46 ± 0,06 |
| Органическое в-во, % | 0,96 ± 0,19 | 1,67 ± 0,33 | 3,32 ± 0,50 |
| Cl–, ммоль/100 г | 0,569 ± 0,068 | 0,641 ± 0,077 | 0,694 ± 0,083 |
| Ca2+, Mg2+, ммоль/100 г | Менее 0,5 |
| Mn2+ (подвижн.), млн–1 | 4 ± 1 | 32 ± 5 | Менее 5,5 |

Лесная почва относится к кислым почвам за счет преобладания фульвокислот, гидролитическая кислотность ее выше, чем у других исследованных, что характерно для почв с кислой реакцией.

Супесчаная почва характеризуется высоким содержанием органического вещества, по сравнению с суглинистой и лесной. Однако она отличается низким содержанием обменного Mn2+ за счет большого количества органического вещества и нейтральной реакции, уменьшающих подвижность марганца [4].

По содержанию хлорид-ионов можно сделать вывод об общей засоленности почв. Супесь содержит больше Cl–-ионов, так как и поглотительная способность этой почвы выше.

Содержание Ca2+ и Mg2+ в почвах невелико. К снижению концентрации этих металлов за счет вымывания приводят осадки, увеличивающие количество влаги в почве.

Методом РФА определили валовое содержание Cu2+, Zn2+, Pb2+, Ca2+ и Mn2+. Содержание Zn2+ и Pb2+ превышает ПДК.

**Список использованной литературы**

1. Дидик М. В. Некоторые закономерности накопления экотоксикантов в почвах Удмуртии различного генезиса / М. В. Дидик, Е. Б. Сафронова // Вестник Удмуртского университета. 2011. Вып. 2. С. 43–46.

2. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 16 с.

3. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

4. Побилат А. Е. Марганец в почвах и растениях южной части Средней Сибири / А. Е. Побилат, Е. И. Волошин // Микроэлементы в медицине. 2017. Т. 18. № 2. С. 43–47.

***Петренко Кристина Владимировна, Удмуртский государственный университет***

***Научный руководитель — Рылкина Мария Валерьевна, Удмуртский государственный университет, доцент, к. х. н.; Шарипова Альбина Григорьевна, ООО Научно-производственная фирма «Полипласт»***

**ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИТЬЕВЫХ
ПОЛИУРЕТАНОВ ОТ СОСТАВА ОТВЕРЖДАЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ**

**DEPENDENCE OF STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES OF CASTING
POLYURETHANES ON COMPOSITION OF CURING COMPOSITION**

**Аннотация.** Произведен синтез полиуретанов с помощью литья. В качестве исходных компонентов были использованы диизоцианат, полиэфир, аминные отвердители (Диамин-304, Диамет-Х). Стандартные физико-механические испытания эластомеров проводились нами сог­ласно ГОСТам. На основании проведенных испытаний установлено, что из всех исследованных ПУ самым высоким комплексом физико-механических обладает система на основе ароматичес­кого отвердителя Диамета-X, способствующего высокой степени ассоциации жесткого блока. Показана возможность замены дорогостоящего импортного отвердителя полиуретанов Диа­мета-Х на Диамин-304 отечественного производства с сохранением основного комплекса физи­ко-механических показателей.

**Abstract.** The synthesis of polyurethanes by means of casting has been carried out. Diisocya­nate, polyester, amine hardeners (Diamin-304, Diamet-X) were used as initial components. Standard physical and mechanical tests of elastomers were carried out in accordance with GOSTs. On the basis of the research carried out, the system of the highest aromatic hardener, Diamet-X, has the highest complex of physico-mechanical, which promotes a high degree of association of the rigid block. The possibility of replacing the expensive hardener of Diamet-X polyurethanes with Diamine-304 of domestic production with the preservation of the main complex of physicomechanical parameters is shown.

***Ключевые слова*:** полиуретан, аминные отвердители, физико-механические свойства, жесткий блок, морозостойкость.

***Keywords*:** polyurethane, amine curing agents, physical and mechanical properties, rigid block, frost resistance.

Возможности получения полиуретанов (ПУ) с разнообразными свойствами заложены, главным образом, в особенностях их химического строения, которые предопределяются строением исходных составляющих ПУ, их соотношением, условиями синтеза.

В настоящее время большое число предприятий химической промышленности сталкивается с проблемой импортозамещения вследствие удорожания, а порой и невозможности закупки импортных составляющих для производства ПУ. Весьма актуальным является поиск оптимальных рецептур получения ПУ на основе различных отверждающих агентов отечественного производства, позволяющих получать материалы с широким спектром физико-механических и эксплуатационных характеристик. Целью данной работы является исследование влияния состава аминной отверждающей композиции на морозостойкость и структурно-механические свойства литьевых полиуретанов.

В данной работе для синтеза литьевых ПУ использовали готовый предполимер на основе смеси простых полиэфиров с молекулярными массами 1000 г/моль политетраметиленгликоля, полипропиленгликоля и 2,4-толуилендиизоцианата. В качестве отверждающих агентов использовали импортный 3,3'-дихлор-4,4'-диаминодифенилметан (Д-Х) и аминный отвердитель отечественного производства Диамин-304 (Д-304).

Стандартные физико-механические испытания эластомеров проводили согласно
ГОСТам. Молекулярную массу полимерной цепи между узлами разветвления (Мс) определяли методом равновесного модуля. На основании проведенных исследований установлено, что из всех исследованных ПУ самым высоким комплексом физико-механических показателей и низкой стойкостью к отрицательным температурам обладает система на основе ароматического отвердителя Диамета-X, способствующего высокой степени ассоциации жесткого блока. Влияние структуры на физико-механические свойства более подробно рассмотрено в [1].

При использовании смеси Диамета-Х и Диамина-304 был обнаружен концентрацион­ный предел 0,3М Диамина-304, выше которого наблюдается резкое увеличение Мс, связанное с нарушением регулярной структуры жесткого блока полиуретанов, что коррелирует с незначи­тельным ухудшением физико-механических свойств и морозостойкостью: *Т*с (температура стеклования) смещается в более низкотемпературную область (от –22 °С для полиуретана на Диамете-Х до –36 °С для полиуретана, отвержденного Диамином-304). Такие изменения впол­не объяснимы, если исходить из внутренних структурных изменений, происходящих в системе при добавлении Д-304, представляющего собой смесь Д-Х и продуктов более высокой степени конденсации. Д-304 препятствует совершенствованию микроструктуры ПУ за счет стерических затруднений, вызванных несимметричностью строения и присутствием громоздкого фенильно­го заместителя в его молекуле по сравнению с Д-Х. Это, в свою очередь, приводит к пониже­нию плотности поперечных физических связей, что сопровождается ухудшением прочностных показателей.

Были получены полиуретановые материалы с различным стехиометрическим содержанием Диамина-304 в системе. Изменение стехиометрического содержания Диамина-304 в полиуретановой системе не оказывает существенного влияния на температуру стеклования, поэтому при выборе рецептуры морозостойкого полиуретана предпочтительным является материал, содержащий 0,95 моль Диамина-304 с максимальными прочностными показателями
в данном исследованном ряду. Подробная характеристика зависимости структуры полиуретана от состава приведена в [2]. При этом достигается оптимальная частота сетки. При достаточно частой сетке увеличение частоты начинает препятствовать ориентационным процессам: чем больше частота сетки, тем меньше возможность ориентации и тем меньше прочность. Дальнейшее увеличение содержания Диамина-304 приводит к образованию линейного полимера с ухудшением основных физико-механических характеристик и к закономерному уменьшению степени сшивания.

Таким образом, показана возможность замены дорогостоящего, импортируемого из-за рубежа, отвердителя полиуретанов Д-Х на Д-304 отечественного производства для получения морозостойких материалов с сохранением основного комплекса физико-механических показа­телей.

Результаты работы использованы в ООО «НПФ «Полипласт» (г. Ижевск) при производстве морозостойких дисков и манжет, применяемых в нефтяной промышленности.

**Список использованной литературы**

* + - 1. Терешатов В. В., Сеничев В. Ю., Макарова М. А., Терешатов С. В. Деформационное поведение сегментированных полиуретанмочевин // Пласт. массы. 2005. № 4. С. 29–31.
			2. Yang B., Huang W. M., Li C. et al. Effects of moisture on the thermomechanical properties of a polyurethane shape memory polymer // European Polymer Journal. 2006. Vol. 47. P. 1348–1356.