

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI FANLAR АКАДЕМИЯСИ
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**ЎЗБЕКИСТОН
БИОЛОГИЯ
ЖУРНАЛИ**

6

2025

**УЗБЕКСКИЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

Издается с января 1957 г. по 6 номеров в год

ТАШКЕНТ – 2025

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ УЗБЕКСКОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА

Главный редактор	акад. Сабилов Р.З.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
Зам. гл. редактора	проф. Асраров М.И.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
Отв. редактор	д. ф-м.н. Атабеков И.У.	Нац. Ком. МАБ ЮНЕСКО при АН РУз
Отв. секретарь	к.б.н. Самарходжаева Н.Р.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз

Редакционный совет

акад. Абдукаримов А.А.	Центр геномики и биоинформатики АН РУз
акад. Азимов Ж.А.	Ин-т зоологии АН РУз
акад. Арипов Т.Ф.	Ин-т биоорганической химии АН РУз
акад. Арипова Т.У.	Ин-т иммунологии и геномики человека АН РУз
акад. Мавлоний М.Э.	Ин-т микробиологии АН РУз
акад. Саатов Т.С.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
акад. Саттаров Дж.С.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека

Секционные редакторы

<i>Ботаника</i>	акад. Тожибоев К.Ш.	Ин-т ботаники АН РУз
<i>Зоология</i>	проф. Холматов Б.Р.	Ин-т зоологии АН РУз
<i>Физиология человека и животных</i>	проф. Кучкарова Л.С.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека
<i>Биофизика и биохимия</i>	д.б.н. Мерзляк П.Г.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
<i>Микробиология</i>	проф. Миралимова Ш.М.	Ин-т микробиологии АН РУз
<i>Биотехнология</i>	д.б.н. Ташпулатов Ж.Ж.	Академия наук РУз
<i>Генетика, молекулярная и клеточная биология</i>	проф. Усманов Р.М.	Ин-т генетики и эксп. биологии растений АН РУз
<i>Почвоведение и агрохимия</i>	проф. Гафурова Л.А.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека

Члены редколлегии

проф. Абрамов А.Ю.	Институт неврологии при Университетском колледже Лондона, Великобритания
к.б.н. Азимов Р.Р.	Калифорнийский университет в ЛосАнджелесе, США
проф. Азимова Ш.С.	Ин-т химии раст. веществ АН РУз
проф. Бердиев Б.К.	Ун-тет медицины и здоровья им. Мохамеда бин Рашида, ОАЭ
проф. Буриев З.Т.	Центр геномики и биоинформ. АН РУз
акад. Давранов К.Д.	Ин-т микробиологии АН РУз
проф. Далимова С.Н.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека
проф. Замараева М.В.	Белостокский университет, Польша
проф. Курбанназарова Р.Ш.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
Ph.D. Курганов Э.Ш.	Институт Броуда Массачусетского технологического института и Гарварда, США
проф. Мирходжаев У.З.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека
проф. Насиров К.Э.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
проф. Печеницын В.П.	Ин-т ботаники АН РУз
проф. Тиллябаев З.Т.	Ин-т биоорганической химии АН РУз
проф. Турдикулова Ш.У.	Академия наук РУз
проф. Усманов П.Б.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз

БИОХИМИЯ И БИОФИЗИКА

ВЛИЯНИЕ БЛОКИРОВАНИЯ ОБЪЕМ-ЗАВИСИМОГО АНИОННОГО КАНАЛА
НА ФАГОЦИТАРНУЮ АКТИВНОСТЬ ПЕРИТОНЕАЛЬНЫХ МАКРОФАГОВ
И ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ КЛЕТОК U937Н.Р. МУСАМАТОВ¹, П.Г. МЕРЗЛЯК², Р.З. САБИРОВ², Н.А. ЦИФЕРОВА^{1,2}¹Центр передовых технологий;²Институт биофизики и биохимии при НУУз им. Мирзо Улугбека

Автор для переписки: natsiferova@gmail.com

В работе исследовано влияние селективного блокатора объем-зависимого анионного канала (ОЗАК) DCPIB на фагоцитарную активность макрофагов. Показано, что ингибирование ОЗАК приводит к снижению фагоцитоза как у перитонеальных макрофагов мышей, так и у дифференцированных клеток линии U937. Выраженность эффекта зависела от концентрации DCPIB и времени инкубации, а присутствие сыворотки частично уменьшало токсическое действие ингибитора. Полученные результаты подтверждают участие ОЗАК в регуляции фагоцитарной функции, и канал может рассматриваться как потенциальная мишень для модуляции активности макрофагов в условиях воспалительных и инфекционных процессов.

Ключевые слова: макрофаги, фагоцитарная активность, U937, DCPIB, объем-зависимый анионный канал

Введение. Макрофаги являются ключевыми эффекторными клетками врожденного иммунитета, и эффективность их фагоцитарной активности определяет скорость и полноту устранения патогенов, остатков поврежденных или погибших клеток. Несмотря на хорошо изученные сигнальные пути, регулирующие активацию и фагоцитоз макрофагов, роль ионных каналов в этих процессах остаётся недостаточно раскрытой.

Объем-зависимый анионный канал (ОЗАК), формируемый комплексами белков семейства LRRC8 (A–E), известен как ключевой регулятор клеточного объема, транспорта метаболитов и реакции на осмотический стресс [1]. ОЗАК способен проводить не только ионы хлора, но также и органические осмолиты и метаболиты, участвуя в клеточной сигнализации и межклеточных взаимодействиях [2]. Кроме того, ОЗАК рассматривается как потенциальный участник иммунных функций, включая регуляцию метаболических путей и активацию воспалительных каскадов в макрофагах [3]. Исследования последних лет показали участие ОЗАК в иммунных механизмах, а также его роль в контроле клеточной миграции, динамики цитоскелета и кальциевой сигнализации [1]. Однако вклад ОЗАК в фагоцитарную активность макрофагов остаётся малоизученным: механизмы участия ОЗАК в фагоцитарном захвате, формировании фагосомы, регуляции изменений клеточного объема и сигнальных каскадов требуют экспериментального подтверждения. Это определяет необходимость исследования роли ОЗАК в обеспечении фагоцитарных процессов. Понимание этой связи может сформировать новые представления о механизмах иммунного ответа.

Материалы и методы. Все процедуры проводились с соблюдением Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 1986 г.), в строгом соответствии с рекомендациями ARRIVE (<https://arriveguidelines.org>) и были заранее одобрены Комитетом по биоэтике Института биофизики и биохимии (разрешение № ВЕС/IBB-NUU/2021/04-1).

В нашем исследовании в качестве стандартной модели резидентных макрофагов мы использовали первичную культуру перитонеальных макрофагов, которые получали из беспородных мышей (масса 15–20 г, возраст 1,5–2 месяца), согласно [4]. Вкратце, мышей анестезировали диэтиловым эфиром и умерщвляли путем смещения шейных позвонков. Брюшную полость промывали 5 мл холодного фосфатно-солевого буфера (PBS, Carlsom) для сбора перитонеальных клеток. Абдоминальную полость аккуратно массируют 2–3 минуты и забирали 3 мл перитонеальной жидкости. Далее полу-

ченную жидкость центрифугировали 10 минут при 200g при комнатной температуре. Супернатант декантировали, а осадок клеток ресуспендировали в 4 мл культуральной среды. Клетки высевали в 48-луночный планшет со средой RPMI-1640 (Sigma Aldrich), содержащей 10% фетальной телячьей сыворотки (FBS, GibcoBRL), 100 ед/мл пенициллина и 100 мкг/мл стрептомицина, 2 мМ глутамин. Клетки инкубировали в течение 2 часов во влажной атмосфере, содержащей 5% CO₂, при 37°C, по окончании инкубации не прикрепившиеся клетки удаляли промыванием PBS, а прикрепившиеся макрофаги культивировали в течение ночи.

Клетки линии U937 культивировали в среде RPMI-1640 (Sigma Aldrich), содержащей 5% FBS, 100 ед/мл пенициллина и 100 мкг/мл стрептомицина, 2 мМ глутамин. Клетки культивировали при 37°C в атмосфере 5% CO₂. Дифференциацию клеток в макрофаги проводили в 48 луночных планшетах, при этом в каждую лунку высевали по 1×10^5 кл/0,5мл, при этом использовали форбол-12-миристрат-13-ацетат (PMA, Sigma Aldrich) и витамин D3 (HiMedia) по протоколу, представленному в [5]. Для уменьшения фонового свечения использовали среду RPMI-1640 без фенолового красного (HiMedia); для изучения фагоцитарной активности использовали частицы pHrodo Red BioParticles (Invitrogen) в финальной концентрации 200 мкг/мл. Инкубацию проводили в течение 6, 12 и 24 часов. Микроскопические исследования проводили с использованием флуоресцентного микроскопа EVOSFL (ThermoFisher Scientific) (рис. 1). Жизнеспособность клеток определяли микроскопическим способом с использованием флуоресцентных меток. Для этого в световом поле высчитывали общее количество клеток, а в флуоресцентном свете ядра окрашенные Hoechst 33342 (Invitrogen). При подсчете ядер учитывалось их состояние, целостность, наличие повреждений, яркости и площади.

В экспериментах использовали наиболее селективный блокатор ОЗАК – DCPIB (Tocris). Растворы готовили в ДМСО; конечная концентрация ДМСО не превышала 0,1% и не оказывала влияния на регистрируемые параметры.

Фагоцитарную активность и жизнеспособность оценивали в следующих условиях: положительный контроль – клетки + pHrodo Red BioParticles (красный фильтр RFP), DCPIB 10 мкМ, DCPIB 30 мкМ, DCPIB 30 мкМ + FBS.

Все данные приведены как среднее значение \pm стандартная ошибка для *n* экспериментов. Сравнения между двумя экспериментальными группами проводили, используя t-тест Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $P < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлены оригинальные фотографии клеток после инкубации с pHrodo Red BioParticles в присутствии DCPIB 10 мкМ в течение 24 часов. Процент фагоцитирующих клеток (RFP-положительные) считали вручную относительно общего числа клеток в светлом поле. Для перитонеальных макрофагов общее количество фагоцитирующих клеток составило $62,5 \pm 2,1\%$, $52 \pm 1,6\%$, $66,6 \pm 2,9\%$ ($n=6$) для 6, 12 и 24 ч, соответственно. Для удобства интерпретации данные нормализовали на количество фагоцитирующих клеток в контроле.

У перитонеальных макрофагов в контроле сохранялись высокие показатели фагоцитоза и жизнеспособности на протяжении всего эксперимента. При действии 10 мкМ DCPIB наблюдалось постепенное снижение обоих параметров: через 6 часов – фагоцитоз $74 \pm 2\%$, жизнеспособность $93 \pm 1,3\%$; через 12 часов – $63 \pm 6\%$ и $86 \pm 1,1\%$; к 24-му часу – $12 \pm 3\%$ и $49 \pm 1,2\%$ ($n=6$), соответственно (рис. 2, 3).

В присутствии DCPIB в концентрации 30 мкМ динамика была иной: спустя 6 часов, фагоцитарная активность снижалась до $62 \pm 3\%$ ($n=6$), жизнеспособность до $74 \pm 1,3\%$ ($n=6$), однако к 12 часу отмечался временный подъём показателей фагоцитирующих клеток до $76 \pm 6\%$ при одновременном снижении жизнеспособности до $46 \pm 1,6\%$ ($n=6$), что свидетельствует о большей степени выживаемости фагоцитирующих клеток. Однако к 24 часу оба показателя были практически полностью подавлены – жизнеспособность снижалась до нуля, что приводило к полному исчезновению RFP сигнала (рис. 2, 3).

Добавление FBS снижало выраженность эффектов DCPIB: при 30 мкМ фагоцитарная активность оставалась на уровне 81–91% в течение первых 12 часов и снижалась до $73 \pm 3\%$ к 24-му часу, при этом жизнеспособность сохранялась высокой – $98 \pm 0,6\%$ через 6 часов, $82 \pm 0,8\%$ через 12 часов и $89 \pm 0,6\%$ через 24 часа, ($n=6$) (рис. 3).

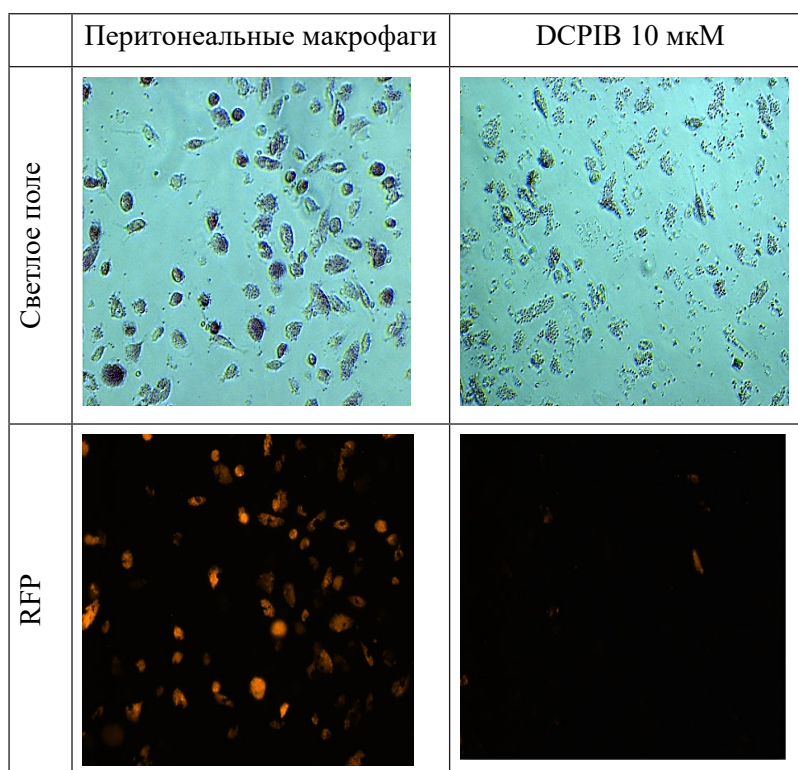


Рис. 1. Представлены оригинальные фотографии исследования фагоцитарной активности перитонеальных макрофагов в контроле и в присутствии ДСРІВ 10 мкМ. Время инкубирования с ДСРІВ 24 часа. Светлое поле и красный сигнал rHrodo Red BioParticles в фильтре RFP.

У дифференцированных клеток U937 в контроле фагоцитарная активность и жизнеспособность сохранялись на стабильном уровне. Для дифференцированных клеток U937 общее количество фагоцитирующих клеток составило $44,7 \pm 1,9\%$, $57,3 \pm 2,3\%$, $32,2 \pm 0,8\%$ ($n=6$) для 6, 12 и 24 ч, соответственно.

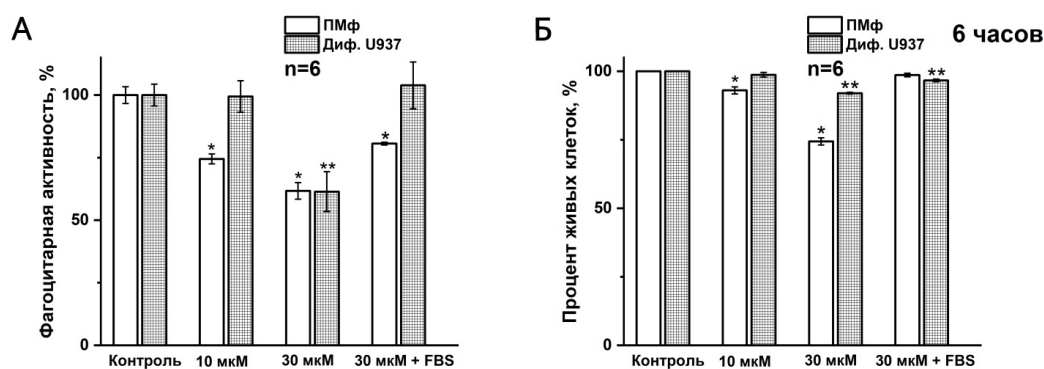


Рис. 2. Фагоцитарная активность (А) и процент живых клеток (Б) перитонеальных макрофагов и клеток U937 после дифференциации в присутствии ДСРІВ. Представлены данные, полученные при экспозиции клеток в течение 6 ч в присутствии ДСРІВ в концентрациях 10 и 30 мкМ, а также 30 мкМ +10% FBS. *Статистически значимое отличие перитонеальных макрофагов относительно контроля и **дифференцированных клеток U937 относительно контроля при уровне доверительной вероятности $P < 0,05$.

Воздействие ДСРІВ вызывало выраженные изменения, также как и в случае с перитонеальными макрофагами, зависящие от концентрации и времени инкубации. При аппликации 10 мкМ ДСРІВ в течение первых 6 часов показатели практически не отличались от контроля, однако к 12 часу наблюдалось снижение фагоцитарной активности до $84 \pm 2\%$ и жизнеспособности до $85 \pm 0,9\%$ ($n=6$)

(рис. 2). На 24-м часу эффект становился значительно выраженным: фагоцитарная активность подавлялась до $3 \pm 3\%$ ($n=6$), а жизнеспособность снижалась до $35 \pm 1\%$ ($n=6$) (рис. 3). В данном случае в противоположность перитонеальным макрофагам мыши в первую очередь происходит подавление жизнеспособности у клеток, не проявляющих фагоцитирующие свойства. При добавлении DCPiB в концентрации 30 мкМ изменения наступали быстрее и имели еще более выраженный характер: фагоцитарная активность снижалась до $61 \pm 8\%$ ($n=6$) уже через 6 часов инкубации и полностью подавлялась к 12-му часу, в то время как жизнеспособность уменьшалась до $92 \pm 0,3\%$, $58 \pm 0,3\%$ и $8 \pm 0,3\%$ для 6, 12 и 24 ч, соответственно (рис. 2, 3).

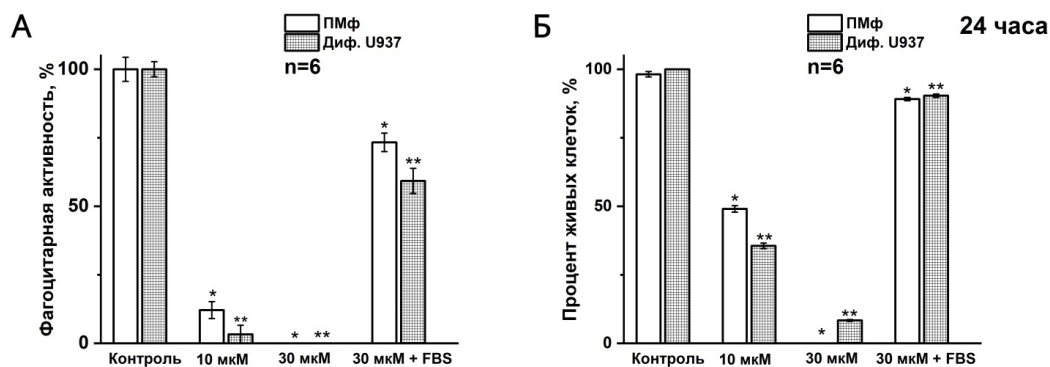


Рис. 3. Влияние блокатора ОЗАК DCPiB на фагоцитарную активность (А) и жизнеспособность (Б) перитонеальных макрофагов и клеток U937 после дифференциации при инкубации в течение 24 ч. Представлены данные полученные при аппликации DCPiB в концентрациях 10, 30 мкМ и 30 мкМ + 10% FBS. *Статистически значимое отличие перитонеальных макрофагов относительно контроля и **дифференцированных клеток U937 относительно контроля при уровне доверительной вероятности $P < 0,05$.

Добавление FBS также существенно снижало токсичность DCPiB: фагоцитарная активность при 30 мкМ оставалась близкой к контролю в течение первых 12 часов и снижалась лишь к 24ч до $59 \pm 5\%$ ($n=6$) (рис. 3). Жизнеспособность клеток даже к концу эксперимента оставалась высокой и составила $90 \pm 0,6\%$ ($n=6$) (рис. 3).

Полученные результаты демонстрируют, что ингибирование ОЗАК с помощью DCPiB приводит к выраженному снижению фагоцитарной активности как дифференцированных клеток U937, так и перитонеальных макрофагов.

Снижение фагоцитарной активности после ингибирования ОЗАК согласуется с тем, что для формирования фагосомы необходимы локальные изменения осмотического давления, приток ионов и перестройка цитоскелета – процессы, в которых ОЗАК выполняет ключевую роль. Интересным является факт частичной нормализации фагоцитоза и жизнеспособности при добавлении FBS на фоне DCPiB. Вероятно, содержащиеся в сыворотке альбумин, липиды и сигнальные молекулы, снижают цитотоксический эффект DCPiB и, тем самым, способствуют нормальному функционированию канала и, следовательно, поддержанию клеточного объема.

Полученные результаты демонстрируют функциональную связь фагоцитарной активности макрофагов с работой ОЗАК, что согласуется с нашей гипотезой о зависимости фагоцитарной активности макрофагов от ОЗАК-опосредованной регуляции клеточного объема и ионного гомеостаза, необходимых для эффективного формирования фагосомы. Таким образом, ОЗАК может рассматриваться как перспективная мишень для направленной модуляции активности макрофагов в условиях иммунной активации и других патологических состояний.

Благодарности. Данное исследование было выполнено при поддержке грантов Ф-ОТ-2021-157 и AL-9524115061, Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Конкретный вклад авторов: Н.Р. Мусаматов провел эксперименты и анализировал данные и написал статью, Н.А. Циферова и П.Г. Мерзляк принимали участие в дизайне экспериментов, анализе данных и подготовке статьи, Р.З. Сабилов руководил экспериментами, анализировал данные, редактировал статью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yanushkevich S., Ziemska A., Gonzalez J., Anazco F., Song R., Arias-Cavieres A., Granados S.T., Zou J., Rao Y., Concepcion A.R. (2025) Recent advances in the structure, function and regulation of the volume-regulated anion channels and their role in immunity. *J Physiol* 603(15): 4255-4291. DOI: 10.1113/JP285200
2. Lutter D., Ullrich F., Lueck J.C., Kempa S., Jentsch T.J. (2017) Selective transport of neurotransmitters and modulators by distinct volume-regulated LRRC8 anion channels. *J Cell Sci* 130(6): 1122-1133. DOI: 10.1242/jcs.196253
3. Wu X., Yi X., Zhao B., Zhi Y., Xu Z., Cao Y., Cao X., Pang J., Yung K.K.L., Zhang S., Liu S., Zhou P. (2023) The volume regulated anion channel VRAC regulates NLRP3 inflammasome by modulating itaconate efflux and mitochondria function. *Pharmacol Res* 198: 107016. DOI: 10.1016/j.phrs.2023.107016
4. Ray A., Dittel B.N. (2010) Isolation of mouse peritoneal cavity cells. *J Vis Exp* (35). DOI: 10.3791/1488
5. Valdes Lopez J.F., Urcuqui-Inchima S. (2018) Synergism between phorbol-12-myristate-13-acetate and vitamin D3 in the differentiation of U937 cells to monocytes and macrophages. *Morphologie* 102(338): 205-218. DOI: 10.1016/j.morpho.2018.06.001

HAJMGA BOG'LIQ ANION KANALI BLOKLANISHINING PERITONEAL MAKROFAGLAR VA DIFFERENSIYALASHGAN U937 HUYAYRALARINING FAGOTSITAR FAOLLIGIGA TA'SIRI.

N.R. Musamatov, P.G. Merzlyak, R.Z. Sabirov, N.A. Tsiferova

Tadqiqotda hajmga bog'liq anion kanali (HBAK) selektiv blokatori DCPIBning makrofaglar fagotsitar faolligiga ta'siri o'rganilgan. HBAK ingibirlanishi sichqonlarning peritoneal makrofaglarida ham, U937 liniyasining differentsiyalangan makrofagsimon hujayralarida ham fagotsitozning pasayishiga olib kelishi ko'rsatilgan. Ta'sirning kuchi DCPIB konsentratsiyasi va inkubatsiya vaqtiga bog'liq bo'lib, zardob ning mavjudligi ingibitorning toksik ta'sirini qisman kamaytirdi. Olingan natijalar HBAKning makrofaglarning fagotsitar funksiyasini boshqarishda ishtirok etishini tasdiqlaydi, HBAK esa yallig'lanish va infeksiyon jarayonda makrofaglar faolligini modulyatsiyasi uchun nishon sifatida xizmat qilishi mumkinligidan dalolat beradi.

Kalit so'zlar: makrofaglar, fagotsitar faollik, U937, DCPIB, hajmga bog'liq anion kanali.

EFFECT OF BLOCKING OF THE VOLUME-SENSITIVE ANION CHANNEL ON THE PHAGOCYTTIC ACTIVITY OF PERITONEAL MACROPHAGES AND DIFFERENTIATED U937 CELLS

N.M. Musamatov, P.G. Merzlyak, N.A. Tsiferova, R.Z. Sabirov

The present study demonstrates the impact of the selective blocker of the volume-regulated anion channel (VRAC), DCPIB, on macrophage phagocytic activity. The results demonstrate that VRAC inhibition reduces phagocytosis in both murine peritoneal macrophages and U937-derived macrophage-like cells. The magnitude of the effect is dependent on DCPIB concentration and incubation time, whereas the presence of serum partially mitigates the inhibitor's cytotoxicity. These findings support the role of VRAC channel in regulating macrophage phagocytic function, and the channel can be considered as a potential target for modulating macrophage activity in inflammatory and infectious processes.

Key words: macrophages, phagocytic activity, U937, DCPIB, volume-regulated anion channel (VRAC).

DETECTION OF AUTOANTIBODIES TO ET-1 AND APOB PROTEIN IN THE BLOOD AND LIVER OF ANIMAL MODELS OF EXPERIMENTAL ALZHEIMER'S DISEASES.S. AMANBAYEVA¹, KH.Q. BAHODIROV², S.A. ABDURAKHIMOV²¹Kokand University Andijan Branch, Andijan State University;²Institute of Biophysics and Biochemistry at the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent

kuafbiochemistry@gmail.com

Alzheimer's disease (AD) is a complex neurodegenerative disorder involving peripheral organs, particularly the liver. The brain-liver axis plays a crucial role in AD pathogenesis through metabolic and inflammatory dysregulation. This study investigated blood autoantibodies against Endothelin-1 (ET-1) and Apolipoprotein B (ApoB) in experimental AD models. ET-1 autoantibodies (2.49 ± 0.73 vs 1.85 ± 0.59 ng/L, $p < 0.05$) and ApoB (2.05 ± 0.13 vs 0.94 ± 0.11 mmol/L, $p < 0.01$) were significantly elevated. These markers strongly correlated with neuroinflammation and hepatic dysfunction, indicating that ET-1 and ApoB autoantibodies are promising blood biomarkers of brain-liver axis impairment in AD.

Keywords: Alzheimer's disease, blood biomarkers, endothelin-1, apolipoprotein B, brain-liver axis, autoantibodies.

Introduction.

Alzheimer's disease (AD) affects over 55 million people globally, representing the leading cause of dementia with profound socioeconomic implications [1]. Traditional diagnostic approaches have relied heavily on cerebrospinal fluid biomarkers and neuroimaging, yet emerging evidence suggests that peripheral blood analysis may provide accessible and reliable diagnostic alternatives [2]. The concept of AD as a systemic disorder has gained momentum, with particular attention to the brain-liver metabolic axis [3].

The liver plays a pivotal role in systemic metabolism, including cholesterol homeostasis, insulin signaling, and inflammatory regulation—all processes implicated in AD pathogenesis [4]. Hepatic dysfunction, particularly non-alcoholic fatty liver disease, has been increasingly associated with cognitive decline and neurodegeneration through multiple mechanistic pathways [5]. These include altered lipid metabolism, chronic low-grade inflammation, insulin resistance, and endothelial dysfunction. Endothelin-1 (ET-1), a potent vasoconstrictor peptide, has emerged as a critical mediator in both cardiovascular and neurodegenerative diseases [6]. In AD, ET-1 contributes to blood-brain barrier dysfunction, neuroinflammation, and vascular pathology. Similarly, Apolipoprotein B (ApoB), the primary apolipoprotein component of atherogenic lipoproteins, reflects systemic lipid dysregulation and has been implicated in AD through cholesterol transport mechanisms and neuroinflammation [7]. The detection of autoantibodies against these proteins in blood represents a novel approach to understanding AD pathophysiology. Autoimmune responses in AD have been increasingly recognized, with autoantibodies serving both as pathogenic factors and potential biomarkers [8]. The present study aims to establish blood-based detection methods for ET-1 and ApoB autoantibodies and elucidate their mechanistic roles in brain-liver tissue crosstalk in experimental AD models.

Materials and methods.*ANIMAL MODEL AND EXPERIMENTAL DESIGN*

The study was conducted at the Metabolomics Laboratory of the Institute of Biophysics and Biochemistry under the National University of Uzbekistan in accordance with the Helsinki Declaration and international guidelines for laboratory animal care and use. Male Wistar rats ($n=24$, weight 324-340g, age 6-8 weeks) were obtained from the institutional animal facility and acclimatized for one week under standard laboratory conditions (12:12 light/dark cycle, $22 \pm 2^\circ\text{C}$, ad libitum access to food and water).

Animals were randomly allocated into experimental groups based on the study design, with careful attention to weight matching (324-340g range) to ensure experimental consistency and reduce variability in metabolic responses.

ALZHEIMER'S DISEASE MODEL INDUCTION

The sporadic AD model was induced using intracerebroventricular (ICV) injection of streptozotocin (STZ) at 3 mg/kg body weight, as previously described [9]. This model reproduces key AD pathological

features including neuroinflammation, oxidative stress, and cognitive impairment through disruption of brain glucose metabolism and insulin signaling pathways.

BLOOD SAMPLE COLLECTION AND PROCESSING

Blood samples (2-3 mL) were collected from the tail vein at baseline and at 14-day intervals throughout the 20-week experimental period. Samples were collected in EDTA-coated tubes and immediately centrifuged at 3000 rpm for 10 minutes at 4°C. Serum was separated and stored at -80°C until analysis. All samples were processed within 2 hours of collection to maintain biomarker stability.

ENZYME-LINKED IMMUNOSORBENT ASSAY (ELISA) PROTOCOL

ET-1 Autoantibody Detection

ET-1 autoantibodies were quantified using a custom ELISA protocol adapted from established methods [10].

Plate Preparation: 96-well microtiter plates were coated with recombinant human ET-1 (100 ng/well) in carbonate buffer (pH 9.6) overnight at 4°C.

Blocking and Sample Incubation: Plates were blocked with 5% bovine serum albumin for 2 hours at room temperature. Serum samples (diluted 1:100) were added and incubated for 90 minutes at 37°C.

Detection: Anti-rat IgG-HRP conjugate (1:5000) was applied for 60 minutes at 37°C, followed by TMB substrate development.

Quantification: Optical density was measured at 450 nm using a microplate reader. Results were expressed as ng/L based on standard curve analysis.

ApoB Level Determination

Serum ApoB levels were measured using a commercial ELISA kit (Abcam, Cambridge, UK) following manufacturer's instructions. The assay demonstrated intra-assay and inter-assay coefficients of variation <5% and <10%, respectively.

Statistical analysis

Data were analyzed using SPSS version 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY) and Origin Pro 8.6 (USA). Results are expressed as mean \pm standard deviation (M \pm SD), with standard error (m) and coefficient of variation calculated where appropriate. Group comparisons were performed using Student's t-test and one-way ANOVA followed by Tukey's post-hoc test. Correlation analyses were conducted using Pearson's correlation coefficient. Statistical significance was set at $p < 0.05$, $p < 0.01$, and $p < 0.001$ levels as indicated.

Results

ET-1 AUTOANTIBODY LEVELS IN EXPERIMENTAL AD

Serum ET-1 autoantibody levels demonstrated significant elevation in the AD model group compared to controls (2.49 \pm 0.73 vs 1.85 \pm 0.59 ng/L, $p < 0.05$), representing a 1.35-fold increase. The temporal analysis revealed progressive elevation of ET-1 autoantibodies throughout the experimental period, with peak levels observed at 16-20 weeks post-induction. This pattern correlated strongly with behavioral cognitive decline measures ($r = 0.78$, $p < 0.001$) and neuroinflammatory markers.

APOB LEVELS

Serum ApoB concentrations showed marked elevation in AD models (2.05 \pm 0.13 vs 0.94 \pm 0.11 mmol/L, $p < 0.001$), representing a 2.18-fold increase compared to controls. The sustained elevation of ApoB levels throughout the experimental period suggests chronic disruption of ApoB-100 receptor-mediated endocytosis, contributing to hypercholesterolemia and atherogenic lipoprotein accumulation.

Discussion

MECHANISTIC INSIGHTS INTO ET-1 AUTOANTIBODY FORMATION

The significant elevation of ET-1 autoantibodies in experimental AD reflects complex immunological responses to tissue damage and chronic inflammation. ET-1, primarily synthesized by endothelial cells, plays crucial roles in vascular homeostasis and neuroinflammation [11]. In AD, several mechanisms contribute to ET-1 autoantibody formation:

Blood-Brain Barrier Dysfunction: AD-associated neuroinflammation compromises blood-brain barrier integrity, allowing increased exposure of peripheral immune cells to brain-derived antigens, including ET-1. This molecular mimicry can trigger autoantibody production against endothelial-derived ET-1 [12].

Endothelial Activation and Damage: Chronic neuroinflammation and oxidative stress in AD lead to systemic endothelial dysfunction. Damaged endothelial cells release ET-1, which can act as a neoantigen, stimulating adaptive immune responses and autoantibody formation [13].

Cross-Tissue Communication: The liver-brain axis involves bidirectional communication through various molecular pathways. Hepatic inflammation, common in AD-associated metabolic dysfunction, can influence systemic ET-1 production and subsequent autoimmune responses [14]. The substantial increase in serum ApoB levels in experimental AD reflects fundamental alterations in lipid metabolism with significant implications for both brain and liver function.

LDL Receptor Dysfunction: The persistent elevation of ApoB suggests impaired ApoB-100 receptor-mediated endocytosis in hepatocytes. This dysfunction contributes to hypercholesterolemia and promotes atherogenic lipoprotein accumulation, affecting both cerebrovascular and peripheral vascular systems [15].

Neuroinflammatory Feedback: Elevated ApoB-containing lipoproteins can cross the compromised blood-brain barrier, contributing to neuroinflammation through microglial activation and oxidative stress amplification [15].

Cerebrovascular Impact: The presence of atherogenic lipoproteins in cerebral circulation contributes to cerebrovascular disease, a significant comorbidity in AD. This vascular pathology exacerbates neurodegeneration through hypoperfusion and chronic ischemia [16].

Inflammatory Amplification: Oxidized small, dense LDL particles serve as damage-associated molecular patterns (DAMPs), triggering innate immune responses and perpetuating chronic inflammation in both brain and liver tissues [17].

BRAIN-LIVER AXIS IN AD PATHOGENESIS. THE PRESENT FINDINGS SUPPORT THE CONCEPT OF AD AS A SYSTEMIC DISORDER INVOLVING COMPLEX BRAIN-LIVER CROSSTALK:

Metabolic Coupling: The liver's role in glucose and lipid homeostasis directly influences brain metabolism. AD-associated hepatic dysfunction impairs systemic metabolic flexibility, contributing to neurodegeneration through energy substrate limitation [18].

Protein Clearance Mechanisms: The liver plays a crucial role in clearing amyloid beta and other neurotoxic proteins from peripheral circulation. Hepatic dysfunction in AD may impair these clearance mechanisms, contributing to amyloid accumulation and disease progression [19].

THERAPEUTIC IMPLICATIONS:

The identification of ET-1 and ApoB autoantibodies as blood-based biomarkers opens several therapeutic avenues:

Early Intervention: Blood-based biomarkers enable earlier detection of AD-related systemic changes, potentially allowing intervention before significant neurodegeneration occurs.

Targeted Therapies: Understanding the mechanistic roles of these biomarkers provides targets for therapeutic intervention, including ET-1 receptor antagonists and lipid-modulating therapies.

Personalized Medicine: Biomarker profiles may enable personalized therapeutic approaches based on individual patterns of brain-liver axis dysfunction.

Conclusions

This study demonstrates that blood-based detection of ET-1 and ApoB autoantibodies provides reliable biomarkers for experimental AD, reflecting complex brain-liver axis dysfunction. The mechanistic insights reveal interconnected pathways involving endothelial dysfunction, lipid dysmetabolism, and inflammatory cascades that span multiple organ systems. The significant elevation of these biomarkers in AD models, coupled with their strong correlations with disease progression, supports their potential utility in clinical settings. These findings contribute to the growing understanding of AD as a systemic disorder and highlight the importance of peripheral biomarkers in disease monitoring and therapeutic development. The brain-liver axis emerges as a critical pathway in AD pathogenesis, offering new opportunities for therapeutic intervention and biomarker development.

Acknowledgments. This research was supported by grant F-OT-2021-153 from the Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan.

Authors' contributions. Amanbayeva S.S. – formulated the research problem and developed the methodology; Bakhodirov Kh.Q.– conducted the experiments and collected the data; conducted the literature review and edited the article; Abdurakhimov S.A. – interpreted the results and performed the statistical analysis.

REFERENCES

1. 2024 Alzheimer's disease facts and figures. (2024). *Alzheimer's & dementia: the journal of the Alzheimer's Association*, 20(5), 3708–3821. <https://doi.org/10.1002/alz.13809>
2. Alawode, D. O. T., Heslegrave, A. J., Ashton, N. J., Karikari, T. K., Simrén, J., Montoliu-Gaya, L., Pannee, J., O Connor, A., Weston, P. S. J., Lantero-Rodriguez, J., Keshavan, A., Snellman, A., Gobom, J., Paterson, R. W., Schott, J. M., Blennow, K., Fox, N. C., & Zetterberg, H. (2021). Transitioning from cerebrospinal fluid to blood tests
3. Alawode D.O.T., Heslegrave A.J., Ashton N.J., Karikari T.K., Simren J., Montoliu-Gaya L., Pannee J., A O.C., Weston P.S.J., Lantero-Rodriguez J., Keshavan A., Snellman A., Gobom J., Paterson R.W., Schott J.M., Blennow K., Fox N.C., Zetterberg H. (2021) Transitioning from cerebrospinal fluid to blood tests to facilitate diagnosis and disease monitoring in Alzheimer's disease. *J Intern Med* 290(3): 583-601. DOI: 10.1111/joim.13332
4. Abdalla M. M. I. (2024). Insulin resistance as the molecular link between diabetes and Alzheimer's disease. *World journal of diabetes*, 15(7), 1430–1447. <https://doi.org/10.4239/wjd.v15.i7.1430>
5. Uehara, K., Santoleri, D., Whitlock, A. E. G., & Titchenell, P. M. (2023). Insulin Regulation of Hepatic Lipid Homeostasis. *Comprehensive Physiology*, 13(3), 4785–4809. <https://doi.org/10.1002/cphy.c220015>
6. Kjærgaard, K., Mikkelsen, A. C. D., Wernberg, C. W., Grønkjær, L. L., Eriksen, P. L., Damholdt, M. F., Mookerjee, R. P., Vilstrup, H., Lauridsen, M. M., & Thomsen, K. L. (2021). Cognitive Dysfunction in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease-Current Knowledge, Mechanisms and Perspectives. *Journal of clinical medicine*, 10(4), 673. <https://doi.org/10.3390/jcm10040673>
7. Böhm, F., & Pernow, J. (2007). The importance of endothelin-1 for vascular dysfunction in cardiovascular disease. *Cardiovascular research*, 76(1), 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2007.06.004>
8. Rasmussen, I. J., Luo, J., & Frikke-Schmidt, R. (2024). Lipids, lipoproteins, and apolipoproteins: associations with cognition and dementia. *Atherosclerosis*, 398, 118614. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2024.118614>
9. Wu, J., & Li, L. (2016). Autoantibodies in Alzheimer's disease: potential biomarkers, pathogenic roles, and therapeutic implications. *Journal of biomedical research*, 30(5), 361–372. <https://doi.org/10.7555/JBR.30.20150131>
10. Grieb P. (2016). Intracerebroventricular Streptozotocin Injections as a Model of Alzheimer's Disease: in Search of a Relevant Mechanism. *Molecular neurobiology*, 53(3), 1741–1752. <https://doi.org/10.1007/s12035-015-9132-3>
11. Xiao, L., Zhang, K., Wang, F., Wang, M., Huang, Q., Wei, C., & Gou, Z. (2023). The LDL-C/ApoB ratio predicts cardiovascular and all-cause mortality in the general population. *Lipids in Health and Disease*, 22(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s12944-023-01869-1>
12. Freeman, B. D., Machado, F. S., Tanowitz, H. B., & Desruisseaux, M. S. (2014). Endothelin-1 and its role in the pathogenesis of infectious diseases. *Life sciences*, 118(2), 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2014.04.021>
13. Brandl, S., & Reindl, M. (2023). Blood-Brain Barrier Breakdown in Neuroinflammation: Current In Vitro Models. *International journal of molecular sciences*, 24(16), 12699. <https://doi.org/10.3390/ijms241612699>
14. Sandireddy, R., Sakthivel, S., Gupta, P., Behari, J., Tripathi, M., & Singh, B. K. (2024). Systemic impacts of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD) and metabolic dysfunction-associated steatohepatitis (MASH) on heart, muscle, and kidney related diseases. *Frontiers in cell and developmental biology*, 12, 1433857. <https://doi.org/10.3389/fcell.2024.1433857>
15. Linton, M. F., Yancey, P. G., Davies, S. S., Jerome, W. G., Linton, E. F., Song, W. L., ... & Vickers, K. C. (2019). The role of lipids and lipoproteins in atherosclerosis. *Endotext* [Internet].
16. Akyol, O., Akyol, S., Chou, M. C., Chen, S., Liu, C. K., Selek, S., Soares, J. C., & Chen, C. H. (2023). Lipids and lipoproteins may play a role in the neuropathology of Alzheimer's disease. *Frontiers in neuroscience*, 17, 1275932. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1275932>

17. Krauss R. M. (2022). Small dense low-density lipoprotein particles: clinically relevant?. *Current opinion in lipidology*, 33(3), 160–166. <https://doi.org/10.1097/MOL.0000000000000824>
18. Agrawal, S., & Schneider, J. A. (2022). Vascular pathology and pathogenesis of cognitive impairment and dementia in older adults. *Cerebral circulation – cognition and behavior*, 3, 100148. <https://doi.org/10.1016/j.cccb.2022.100148>
19. Song, D., Li, Y., Yang, L. L., Luo, Y. X., & Yao, X. Q. (2025). Bridging systemic metabolic dysfunction and Alzheimer’s disease: the liver interface. *Molecular neurodegeneration*, 20(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s13024-025-00849-6>

EKSPERIMENTAL ALSEGEYMER MODELI HAYVONLARI QONIDA VA JIGARIDA ET-1 HAMDA ApoB OQSILLARIGA NISBATAN AUTOANTITANACHALARNI ANIQLASH

S.S. Amanbaeva, X.Q. Bahodirov, S.A. Abdurahimov

Altsgeymer kasalligi (AK) periferik organlarga, xususan, jigarga ta’sir qiluvchi murakkab neyrodegenerativ kasallikdir. Miya va jigarning o‘zaro aloqasi metabolizm va yallig‘lanishni o‘zgartirishi orqali AK patogenezida asosiy rol o‘ynaydi. Ushbu tadqiqotda eksperimental AK modellarida endotelin-1 (ET-1) va apolipoprotein B (ApoB) ga nisbatan qondagi autoantitanachalar miqdori o‘rganib chiqildi. ET-1 ($2,49 \pm 0,73$; va nazorat guruhida $1,85 \pm 0,59$ ng/L, $p < 0,05$) va ApoB ($2,05 \pm 0,13$; va nazorat guruhida $0,94 \pm 0,11$ mmol/L, $p < 0,01$) ga qarshi autoantitanachalar miqdori sezilarli darajada oshdi. Ushbu belgilar neyronlar yallig‘lanishi va jigar disfunktsiyasi bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, ET-1 va ApoB autoantitanachalari Altsgeymer kasalligida miya-jigar aloqasi buzilishining qon biomarkerlari ekanligini ko‘rsatadi.

Kalits o‘zlar: Altsgeymer kasalligi, qon biomarkerlari, endotelin-1, apolipoprotein B, miya-jigar o‘qi, otoantikorlar.

ВЫЯВЛЕНИЕ АУТОАНТИТЕЛ К БЕЛКАМ ЭТ-1 И АПОВ В КРОВИ И ПЕЧЕНИ ЖИВОТНЫХ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

С.С. Аманбаева, Х.К. Баходиров, С.А. Абдурахимов

Болезнь Альцгеймера (БА) – сложное нейродегенеративное заболевание, поражающее периферические органы, и в частности печень. Связь головного мозга и печени играет ключевую роль в патогенезе БА, регулируя метаболизм и воспаление. В данном исследовании изучались аутоантитела к эндотелину-1 (ЭТ-1) и аполипопротеину В (АпоВ) в крови на экспериментальных моделях БА. Уровни аутоантител к ЭТ-1 ($2,49 \pm 0,73$ против $1,85 \pm 0,59$ нг/л, $p < 0,05$) и АпоВ ($2,05 \pm 0,13$ против $0,94 \pm 0,11$ ммоль/л, $p < 0,01$) были значительно повышены. Эти маркеры тесно коррелируют с нейровоспалением и печеночной дисфункцией, что указывает на то, что аутоантитела к ЭТ-1 и АпоВ являются перспективными биомаркерами крови нарушения связи мозга с печенью при болезни Альцгеймера.

Ключевые слова: Болезнь Альцгеймера, биомаркеры крови, эндотелин-1, аполипопротеин В, ось мозг-печень, аутоантитела.

ВЛИЯНИЕ ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ШАЛФЕЯ (*SALVIA OFFICINALIS*) НА РЕГУЛЯЦИЮ ОБЪЕМА ТИМОЦИТОВ И ЦЕЛОСТНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ

О.Ж. ХАМИДОВА^{1,3}, Р.Ш. КУРБАННАЗАРОВА^{1,2}, П.Г. МЕРЗЛЯК¹, Р.З. САБИРОВ^{1,2}

¹Институт биофизики и биохимии при НУУз, Ташкент 100174, Узбекистан;

²Кафедра биофизики, факультет биологии и экологии НУУз;

³Кафедра точных и естественных наук, Каттакурганский государственный педагогический институт

Автор для переписки: ozoda_8114@mail.ru

В работе показано, что экстракт надземной части растения Шалфея лекарственного (*Salvia officinalis*) богат биологически активными компонентами, из которых флавоноиды и полифенолы составляют до 56% сухой массы. Экстракт показал высокую ингибиторную активность в отношении системы регуляции клеточного объема тимоцитов. В то же время, гемолитические свойства наблюдались при концентрациях, в 8–9 раз превышающих таковые для ингибирования регуляции объема. Значительное подавление регуляции объема в системе «НМДГ–ГрД» свидетельствует о способности экстракта подавлять объем-зависимый анионный канал.

Ключевые слова: Шалфей (*Salvia officinalis*), экстракты, флавоноиды, полифенолы, эритроциты, тимоциты, регуляция объема.

Введение. Изучение лекарственных растений приобретает особую важность, так как они являются природным резервом безопасных биологически активных соединений. Широкое использование в традиционной медицине и фармакопее Шалфея лекарственного (*Salvia officinalis*) связано с его широким спектром биологической активности. Исследования показывают, что это растение обладает антиоксидантным, противовоспалительным, антиноцицептивным, противораковым, противомикробным, антидиабетическим, антиангиогенным, гепатопротекторным, когнитивным и улучшающим память действием [1–3]. Фенольные кислоты, терпеноиды и флавоноиды являются важными фитохимическими веществами, в первую очередь ответственными за лекарственную активность *Salvia officinalis*. Влияние этого растения на иммунную систему и клеточные мембраны в настоящее время изучено недостаточно. В связи с этим, целью наших исследований явилось получение общего водно-этанольного экстракта из надземной части растения шалфей, определение содержания в нем флавоноидов и полифенолов и изучение влияния этого экстракта на регуляцию клеточного объема тимоцитов крыс при гипосмотическом стрессе и на целостность человеческих эритроцитов.

Материалы и методы. Объектом нашего исследования была измельченная, высушенная и упакованная по 100 г (100%) надземная часть растения шалфея лекарственного (производитель: ЧФ «JABBOR NORQOBILOVICH», Кашкадарьинская область, Узбекистан).

Экстракцию проводили как описано ранее [4–6]. Вкратце, 0,5 г сухого измельченного растительного сырья (части растения) заливали 10 мл 80% этанола, встряхивали 1 мин в круглодонной колбе объемом 50 мл и затем помещали в ультразвуковую баню на 30 мин. Взвесь отфильтровывали через бумажный фильтр. Определение общего содержания сухого остатка в экстракте проводили согласно ОФС.1.4.1.0021.15 Фармакопеи РФ с некоторыми модификациями: 2 мл жидкого экстракта помещали в стеклянный сосуд с плоским дном и высушивали в течение 3 ч при $102,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$. Затем сосуд плотно закрывали крышкой, охлаждали до комнатной температуры и взвешивали до постоянной массы. Содержание сухого вещества выражали в миллиграмм на миллилитр (мг/мл) экстракта.

Определение общего содержания флавоноидов в экстрактах было проведено по комплексообразованию с треххлористым алюминием по [5, 6] с некоторыми модификациями: 100 мкл экстракта вносили в стеклянную пробирку, содержащую 400 мкл воды. Затем добавляли 30 мкл 5%-го раствора нитрита натрия. Через 5 минут добавляли 30 мкл 10%-го раствора треххлористого алюминия. Спустя 6 минут добавляли 200 мкл 1 М NaOH, доводили общий объем до 1 мл дистиллированной водой и тщательно перемешивали. Концентрацию флавоноидов определяли фотометрическим методом при 510 нм и выражали в кверцетиновом эквиваленте.

Определение общего содержания полифенолов в экстрактах было проведено с помощью метода Фолина-Чокалтеу (Folin-Ciocalteu) по [5, 6] с некоторыми модификациями: 0,5 мл экстракта или стандартного раствора галловой кислоты (Sigma-Aldrich St. Louis, MO, АКШ), (20–100 мкг/мл) вносили в стеклянную пробирку, добавляли 1,5 мл реагента Фолина-Чокалтеу (Sigma-Aldrich St. Louis, MO, АКШ), (разбавленного 1:10 об/об дистиллированной водой) и оставляли на 5 мин при комнатной температуре. Затем добавляли 2 мл 7,5%-го раствора карбоната натрия. Инкубировали 90 мин в темноте при периодическом перемешивании (каждые 15–20 мин). Поглощение растворов измеряли при 725 нм относительно контроля. Общее содержание полифенолов выражали в миллиграммах галлового эквивалента на мл экстракта.

В наших экспериментах нормальный раствор Рингера содержал (мМ): 135 NaCl, 5 KCl, 2 CaCl₂, 1 MgCl₂, 11 HEPES, 5 глюкозы (pH 7,4, 290 мОсм/кг-H₂O). Гипотонический раствор (147±2 мОсм/кг-H₂O) готовился путем разведения нормотонического раствора в соотношении 3:4 Н-буфером следующего состава (мМ): 5 KCl, 10 HEPES, 2 CaCl₂, 1 MgCl₂, 5 глюкозы, pH 7,4 (40±2 мОсм/кг-H₂O). Все реактивы имели квалификацию «х.ч.» или «ч.д.а.».

Опыты проводили на белых беспородных крысах 6–8 недельного возраста, которые содержались в виварии на обычной диете. Все процедуры проводились с соблюдением Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 1986 г.), в строгом соответствии с рекомендациями ARRIVE (<https://arriveguidelines.org>) и были заранее одобрены Комитетом по биоэтике Института биофизики и биохимии. Тимоциты выделяли по стандартной методике [7].

В работе использовали метод регистрации клеточного объема по величине светопропускания [6, 7]. Изменение объема клеток тимоцитов регистрировали в проходящем свете с помощью микроколориметра МКМФ-1 (Россия). Использовали светофильтр с максимумом пропускания при 610 нм. Выходной сигнал усиливали с помощью усилителя У5-11 (Россия), оцифровывали с помощью аналого-цифрового преобразователя GO! LINK USB Data Acquisition Interface (Vernier, Beaverton, OR, США) и записывали на жесткий диск компьютера с помощью программы Logger Lite (Vernier, Beaverton, OR, США). В ходе эксперимента, 900 мкл среды, содержащей нормальный раствора Рингера (контроль), гипотонический раствор без (контроль) или с добавкой тестируемых экстрактов в указанных концентрациях, вносили в стеклянную кювету, термостатированную с помощью точной бронзовой рубашки, соединенной с водяным циркуляционным термостатом LT Esocool 100 (Grant Instruments, Cambridge, Великобритания). После уравнивания в течение 10 мин, в ячейку вносили аликвоту (100 мкл) клеточной суспензии тимоцитов до конечной концентрации 10 млн/мл.

Регуляторное уменьшение объема (параметр *RVD*) рассчитывалось по следующей формуле:

$$RVD = (T_{max} - T_{15}) / (T_{max} - T_0) \times 100\% \quad (1)$$

где T_0 и T_{max} – начальное и максимальное значения светопропускания, T_{15} – значение светопропускания, измеренное через 15 мин после начала гипотонического стресса.

Концентрационные зависимости влияния испытуемых веществ на регуляцию объема клеток аппроксимировали с помощью уравнения Хилла следующего вида:

$$RVD = RVD_{min} + (RVD_{max} - RVD_{min}) / [1 + (C/C_{50})^h] \quad (2)$$

Здесь: RVD_{min} и RVD_{max} – минимальная и максимальная величины регуляторного уменьшения объема клеток (%), C – концентрация вещества (мкг/мл), C_{50} – концентрация вещества, оказывающая полумаксимальный эффект (мкг/мл), h – коэффициент Хилла.

Опыты по изучению гемолитической активности экстракта из *Salvia officinalis* проводили при изоосмотических условиях. Кровь брали из локтевой вены у здоровых добровольцев по общепринятой методике с использованием гепарина в качестве антикоагулянта [8]. Все процедуры выделения эритроцитов человека проводились в соответствии с Хельсинкской декларацией, в соответствии с рекомендациями ARRIVE (<https://arriveguidelines.org/>) и были одобрены Комитетом по биоэтике Института биофизики и биохимии Национального университета Узбекистана. Цельную кровь разводили в соотношении 1:10 раствором Рингера и центрифугировали при 1000g в течение 10 мин, затем эритроциты отмывали аналогичным образом 3 раза в растворе Рингера и готовили 8%-суспензию. В лунки платы микротитратора помещали 200 мкл чистого раствора Рингера (контроль), или

раствора Рингера, содержащего экстракт в указанных концентрациях. В лунку к приготовленному раствору добавляли 200 мкл 8%-й суспензии эритроцитов, инкубировали смесь при 37°C в течение 60 мин и определяли содержание гемоглобина в супернатанте по светопоглощению при 540 нм. Процент гемолиза рассчитывали по формуле:

$$\text{Гемолиз} = (\text{ОП}/\text{ОП}_{100}) \times 100\% \quad (3)$$

где ОП – оптическая плотность супернатанта в опыте; ОП₁₀₀ – средняя оптическая плотность супернатанта в 3-х лунках с детергентом тритон Х-100 (1%). Гемолиз, рассчитанный для 3-х контрольных лунок, показывает уровень спонтанного гемолиза при данных экспериментальных условиях.

Данные анализировались с использованием программы Origin, версии 8 (OriginLab, Northampton, MA, США). Все данные приведены как среднее ± стандартная ошибка для *n* экспериментов. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием *t*-теста Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $P < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Результаты анализа показали наличие в экстракте, полученном из наземной части шалфея лекарственного, 11,0±1,0 мг/мл (*n*=5) сухого вещества, 1,4±0,4 мг/мл (*n*=3) суммы флавоноидов (12,7% от общей массы) и 4,8±1,0 мг/мл (*n*=3) полифенолов (43,6% от общей массы). В наших последующих экспериментах использовались жидкие экстракты, а концентрация выражалась в пересчёте на сухой вес согласно приведенным выше данным.

В изотонической среде (нормальный раствор Рингера) объем тимоцитов оставался на постоянном уровне в течение 20 мин. При попадании в гипоосмотическую среду тимоциты сначала быстро набухали, а затем восстанавливали свой объем до уровня, близкого к исходному, в течение ~15–20 мин. При 15-минутной инкубации клеток в гипоосмотической среде регуляторное уменьшение объема для контроля в среднем составило $RVD = 83,4 \pm 2,9\%$ (*n*=5). Экстракт растения уже при концентрации 1 мкг/мл заметно ингибировал процесс *RVD*, и регуляторное уменьшение объема клеток составило $65,0 \pm 2,4\%$ (*n*=5) по сравнению с контролем. При дальнейшем увеличении концентрации экстракта происходило дозозависимое понижение способности клеток восстанавливать свой объем, и при дозе 100 мкг/мл процесс практически полностью останавливался с $RVD \sim 4,6\%$ (*n*=5) (рис. 1А). Кривая доза-ответ хорошо описывается уравнением Хилла (2) с полумаксимальным ингибированием $C_{50} = 11,5 \pm 3,0$ мкг/мл и коэффициентом Хилла $0,8 \pm 0,2$ (рис. 1Б).

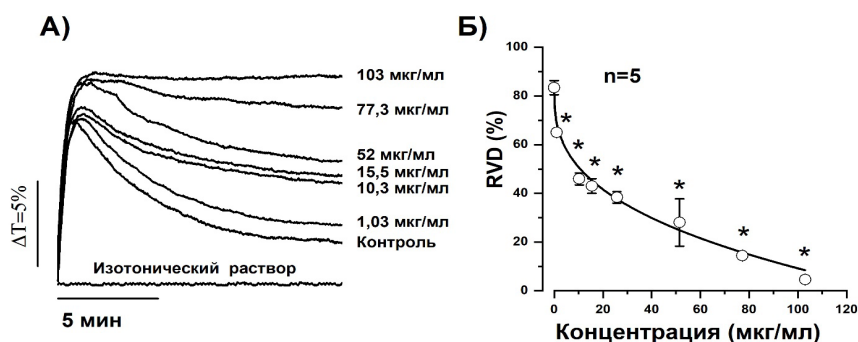


Рис. 1. Влияние экстракта, полученного из наземной части шалфея, на регуляцию объема тимоцитов в гипоосмотической среде. (А) – показаны оригиналы записи регистрации изменения светопропускания суспензии клеток во времени; (Б) – показана зависимость средних величин параметра *RVD*, определенного по формуле (1), от концентрации экстрактов. (*) обозначено статистически значимое отличие при $P < 0,05$.

Из литературы [9, 10] известно, что Грамицидин Д (ГрД) образует ионный канал, проводящий катионы в клеточной мембране лимфоцитов. При добавлении этого антибиотика к обычному гипотоническому раствору Рингера в концентрации 20 мкМ клетки полностью теряют способность восстанавливать свой объем, однако эта способность восстанавливается при замене всех одновалентных катионов на непроницающий катион N-метил-D-глюкамин (НМДГ), и в этих условиях регуляторное уменьшение объема зависит в основном от активности объем-зависимого анионного канала (ОЗАК) [11].

В наших экспериментах мы сначала заменили ионы натрия в гипотоническом растворе (контроль) на ионы НМДГ. В этих условиях *RVD*, выявленная за 15 минут наблюдения, составила $90,2 \pm 2,5\%$ ($n=4$) (рис. 2). В ходе нашего эксперимента мы добавили 20 мкМ Грамицидин Д в гипотонический раствор, содержащий НМДГ. В этих условиях регуляция объема клеток еще более усилился, и параметр *RVD* составил $109,6 \pm 1,6\%$ ($n=6$) (рис. 2А). В этих же условиях, под влиянием 10, 25, 50 и 100 мкг/мл экстракта шалфея параметр *RVD* снижался соответственно до $87,6 \pm 4,9\%$ ($n=9$); $73,9 \pm 8,1\%$ ($n=4$); $67,4 \pm 5,6\%$ ($n=4$); $33,3 \pm 2,2\%$ ($n=4$) (рис. 2Б). Значительное подавление регуляции объема в системе «НМДГ–ГрД» свидетельствует о том, что компоненты экстракта шалфея обладают способностью подавлять активность ОЗАК.

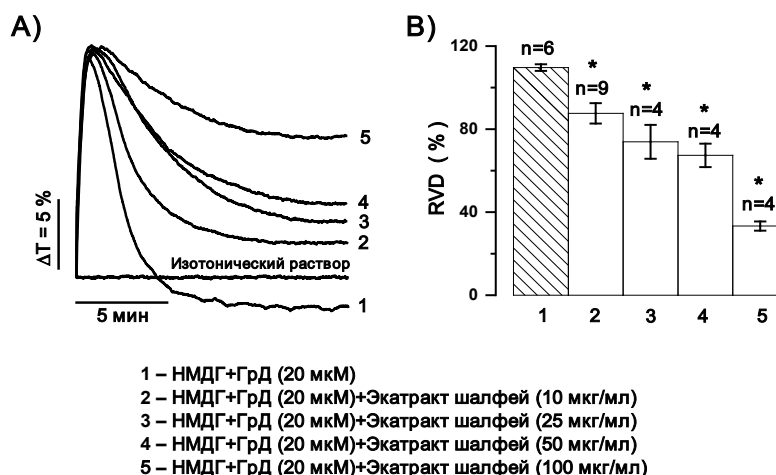


Рис. 2. Изучение механизма действия экстракта шалфея на регуляцию объема тимоцитов в условиях гипоосмотического стресса (в растворе с НМДГ). А) – показаны исходные записи изменения светопропускания клеточной суспензии; Б) – процент восстановления объема клеток (*RVD*) после набухания клеток в присутствии экстракта шалфея в различных концентрациях в гипоосмотической среде показан в контроле (заштрихованный столбец) и в присутствии различных концентраций экстракта шалфея. Во всех случаях статистически значимое различие ($P < 0,05$) по сравнению с контролем обозначено символом (*), n – количество экспериментов.

В опытах по высвобождению гемоглобина из эритроцитов человека в изотонических условиях мы наблюдали сильно выраженную гемолитическую активность экстрактов. При этом, сам растворитель (80% этанол) даже при максимальных концентрациях не вызывал разрушения клеток. В наших экспериментах влияние экстрактов, приготовленных из надземной части шалфея, на эритроциты человека изучали в широком диапазоне концентраций, с максимальной дозой, гарантированно разрушающей 100% клеток (до 258 мкг/мл). Кривые дозозависимости степени гемолиза были аппроксимированы уравнением Хилла, и полумаксимальный эффект оказался равным $100,3 \pm 0,5$ мкг/мл ($n=9$), а коэффициент Хилла $10,2 \pm 0,2$ (рис. 3).

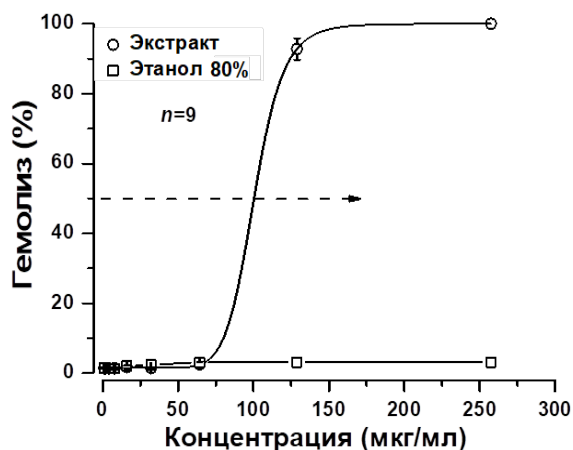


Рис. 3. Влияние экстракта шалфея на гемолитическую активность человека эритроцитов. Зависимость уровня гемолиза человека эритроцитов от концентрации экстрактов шалфея. n – число повторов.

Заключение. Таким образом, мы установили, что экстракт, полученный из надземной части растения шалфея, богат биологически активными компонентами, из которых флавоноиды и полифенолы в сумме составляют до 56% сухой массы. Экстракт показал высокую ингибиторную активность в отношении системы регуляции клеточного объема тимоцитов. В то же время, хотя экстракт и проявляет активные гемолитические свойства, полумаксимальное воздействие на целостность эритроцитов наблюдается при концентрациях, в 8–9 раз превышающих таковые для ингибирования регуляции объема. Значительное подавление регуляции объема в системе «НМДГ–ГрД» свидетельствует о том, что компоненты экстракта шалфея обладают способностью подавлять активность ОЗАК.

Благодарности. Данное исследование было выполнено при поддержке грантов Ф-ОТ-2021-157 и АЛ-9524115061, Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Конкретный вклад авторов: О.Ж. Хамидова провела эксперименты, анализировала данные и написала статью, Р.Ш. Курбанназарова и П.Г. Мерзляк принимали участие в дизайне экспериментов, анализе данных и подготовке статьи, Р.З. Сабилов руководил экспериментами, анализировал данные, редактировал статью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jedidi S., Aloui F., Selmi S., Selmi H., Sammari H., Ayari A., Abbes C., Sebai H. (2022) Antioxidant Properties of *Salvia officinalis* Decoction Extract and Mechanism of Its Protective Effects on Ethanol-Induced Liver and Kidney Injuries. *J Med Food* 25(5): 546-556. DOI: 10.1089/jmf.2021.0134
2. Zhumaliyeva G., Zhussupova A., Zhusupova G.E., Blonska-Sikora E., Cerreto A., Omirbekova N., Zhunusbayeva Z., Gemejiyeva N., Ramazanova M., Wrzosek M., Ross S.A. (2023) Natural Compounds of *Salvia L.* Genus and Molecular Mechanism of Their Biological Activity. *Biomedicines* 11(12). DOI: 10.3390/biomedicines11123151
3. Tober C., Schoop R. (2019) Modulation of neurological pathways by *Salvia officinalis* and its dependence on manufacturing process and plant parts used. *BMC Complement Altern Med* 19(1): 128. DOI: 10.1186/s12906-019-2549-x
4. Marinova D., Ribarova F., Atanassova M. (2005) Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *J Univ Chem Tech Metall* 40(3): 255-260.
5. Samatha T., Shyamsundarachary R., Srinivas P., Swamy N.R. (2012) Quantification of total phenolic and total flavonoid contents in extracts of *Oroxylum indicum* L. kurz. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 5(4): 177-179.
6. Хамидова О.Ж., Рустамова С.И., Файзуллаева Л.Х., Курбанназарова Р.Ш., Мерзляк П.Г., Сабилов Р.З. (2024) Влияние водно-этанольных экстрактов верблюжьей колючки *alhagi persarum* на целостность эритроцитов. *Узб. Биол. Ж.* (2): 3-7. // Xamidova O.J., Rustamova S.I., Faizullaeva L.X., Kurbannazarova R.Sh., Merzlyak P.G., Sabirov R.Z. (2024) Vliyanie vodno-etanolnex ekstraktov verbluyey kolyuchki *Alhagi persarum* na tselostnost eritrotsitov. *Uzb.Biol.J.* (2): 3-7.
7. Kurbannazarova R.S., Tashmukhamedov B.A., Sabirov R.Z. (2003) Osmotic water permeability and regulatory volume decrease of rat thymocytes. *Gen Physiol Biophys* 22(2): 221-232.
8. Кост Е.А. Справочник по клиническим лабораторным методам исследования. Москва: Медицина; (1975) с. 46-47. // Kost E.A. Spravochnik po klinecheskim laboratornim metodam issledovaniya. Moskva: Meditsina, 1975, s.46-47.
9. Grinstein S., Clarke C.A., Rothstein A., Gelfand E.W. (1983) Volume-induced anion conductance in human B lymphocytes is cation independent. *Am J Physiol* 245(1): C160-163. DOI: 10.1152/ajpcell.1983.245.1.C160
10. Grinstein S., Clarke C.A., Dupre A., Rothstein A. (1982) Volume-induced increase of anion permeability in human lymphocytes. *J Gen Physiol* 80(6): 801-823. DOI: 10.1085/jgp.80.6.801
11. Рустамова С.И., Курбанназарова Р.Ш., Мерзляк П.Г., Ташмухамедов Б.А., Сабилов Р.З. (2013) Метод неэлектрической оценки активности объём-зависимого анионного транспорта в плазмалемме тимоцитов. *Узбекский Биологический Журнал* 4(4): 3-7. // Rustamova S.I., Kurbannazarova R.Sh., Merzlyak P.G., Tashmukhamedov B.A., Sabirov R.Z. (2013) Metod neelektricheskoy otsenki aktivnosti ob'yom-zavisimogo anionnogo transporta v plazmalemme timotsitov. *Uzbekskiy Biologicheskij Jurnal* 4(4): 3-7.

MAVRAK (*SALVIA OFFICINALIS*) SUV-ETANOLLI EXTRACTLARINING TIMOTSITLAR HAJM BOSHQARILISHIGA VA QIZIL QON HUYAYRALARI BUTUNLIGIGA TA'SIRI

O.J. Xamidova, R.Sh. Kurbannazarova, P.G. Merzlyak, R.Z. Sabirov

Maqolada dorivor mavrak (*Salvia officinalis*) o'simligi yer ustki qismining ekstrakti biologik faol komponentlarga boy bo'lib, ulardan flavonoidlar va polifenollar quruq massasining 56% gacha tashkil etishi aniqlangan. Ekstrakt timotsitlarning hujayra hajmini boshqarilish tizimiga yuqori ingibitor faollikni ko'rsatdi. Shu bilan birga, gemolitik xususiyatlar hajm boshqarilishini ingibirlashga nnusbatan 8–9 baravar yuqori konsentratsiyalarda kuzatildi. «NMDG-GrD» sharoitida hajm boshqarilishining sezilarli darajada pasaytirilishi ekstraktning hajmga bog'liq anion kanalini bloklash qobiliyatini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: *Salvia officinalis*, ekstrakt, flavonoidlar, polifenollar, eritrotsitlar, gemoliz, timotsitlar, hujayra hajm boshqarilishi.

EFFECT OF WATER-ETHANOLIC EXTRACTS OF *SALVIA OFFICINALIS* ON THE REGULATION OF THYMOCYTE VOLUME AND RED BLOOD CELL INTEGRITY

O.J. Khamidova, R.Sh. Kurbannazarova, P.G. Merzlyak, R.Z. Sabirov

The study shows that the extract of the aerial part of the medicinal sage plant (*Salvia officinalis*) is rich in biologically active components, of which flavonoids and polyphenols account for up to 56% of the dry weight. The extract showed high inhibitory activity against the thymocyte cell volume regulation system. At the same time, hemolytic properties were observed at concentrations 8–9 times higher than those required to inhibit volume regulation. Significant suppression of volume regulation in the NMDA–GrD system indicates the extract's ability to suppress the volume-dependent anion channel.

Keywords: Sage (*Salvia officinalis*), extracts, flavonoids, polyphenols, erythrocytes, thymocytes, volume regulation.

IN SILICO ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОНОМЕРОВ И ФИЛАМЕНТОВ А-СИНУКЛЕИНА ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ТОКСИЧНЫХ АГРЕГАТОВ

Л.М. АХМАДХОЖАЕВА^{1,2}, Х.Р. РУСТАМОВ¹, А.Ю. БАЕВ¹

¹Центр передовых технологий, г. Ташкент;

²Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека

Автор для переписки: x.rustamov@cat-science.uz

Амилоидные фибриллы α -синуклеина (α -syn) играют ключевую роль в патогенезе болезни Паркинсона. Основным механизмом их образования является превращение мономеров α -syn в высокотоксичные для нервных клеток филаменты и олигомеры. Однако, молекулярные механизмы данного процесса до конца не ясны. В настоящем исследовании с помощью симуляций молекулярной динамики было проанализировано взаимодействие мономеров α -syn с фибриллами. По результатам исследования было показано, что филамент индуцирует конформационный переход мономера из α -спирального в β -листовое состояние. Результаты демонстрируют вклад электростатических и гидрофобных взаимодействий в стабилизацию комплекса и подтверждают роль вторичной нуклеации в формировании токсичных агрегатов α -syn.

Ключевые слова: альфа синуклеин, болезнь Паркинсона, мономер, амилоидная фибрилла.

Введение. Альфа-синуклеин (α -syn) представляет собой нейрональный белок, кодируемый геном *SNCA*, который играет ключевую роль в регуляции пресинаптического транспорта везикул и высвобождении нейромедиаторов. В физиологических условиях α -syn существует в виде неструктурированного мономера, обладающего высокой конформационной пластичностью. Однако при патологических состояниях, включая болезнь Паркинсона, α -syn подвергается агрегации с образованием амилоидных фибрилл, являющихся основным компонентом внутриклеточных включений – телец Леви [1].

Агрегация α -syn является многостадийным процессом, включающим первичную нуклеацию – удлинение фибрилл путём присоединения мономеров к их концам, а также вторичную нуклеацию, при которой взаимодействие мономеров с поверхностями фибрилл способствует ускоренной агрегации. Одним из критически важных факторов, определяющих склонность мономера к агрегации, являются конформационные перестройки, приводящие к экспонированию гидрофобных участков, способных к межмолекулярным взаимодействиям [2].

В настоящем исследовании с использованием структур α -syn в мономерной (PDB ID: 1XQ8) и фибриллярной (PDB ID: 6A6B) формах было проведено моделирование взаимодействий между мономером и амилоидной фибриллой при помощи симуляций молекулярной динамики (МД). Основное внимание было уделено выявлению конформационных изменений, сопровождающих связывание мономера с фибриллой, с целью раскрытия молекулярных механизмов агрегации мономеров α -syn. Полученные данные представляют собой важный вклад в понимание молекулярных механизмов патогенеза болезни Паркинсона.

Материалы и методы. *Моделирование структур для системы.* Для изучения молекулярных механизмов конформационных изменений мономера α -синуклеина были использованы экспериментально полученные структуры из базы данных PDB (ID: 1XQ8 и 6A6B) [3, 4]. Объединение структурных данных и подготовка моделей проводились с использованием программного обеспечения PyMOL [5]. В начальной конфигурации мономер и филамент были размещены в центре симуляционной ячейки на расстоянии 13,0 Å друг от друга (рис. 1).

Все системы были подготовлены с использованием силового поля GROMOS96 54a7 [6]. Размер симуляционного куба составлял 12,39 × 12,39 × 12,39 нм. Структуры были растворены в воде модели SPCE. Для нейтрализации зарядов и создания физиологических условий были добавлены противоионы Na⁺ и Cl⁻ до концентрации 0,1 моль/л. На следующем этапе была проведена энергетическая минимизация системы, продолжительностью 100 пс (50 000 шагов). После минимизации системы подвергались изотермическо-изохорическому уравниванию (NVT) при температуре 310,15 К в течение 100 пс (50 000 шагов).

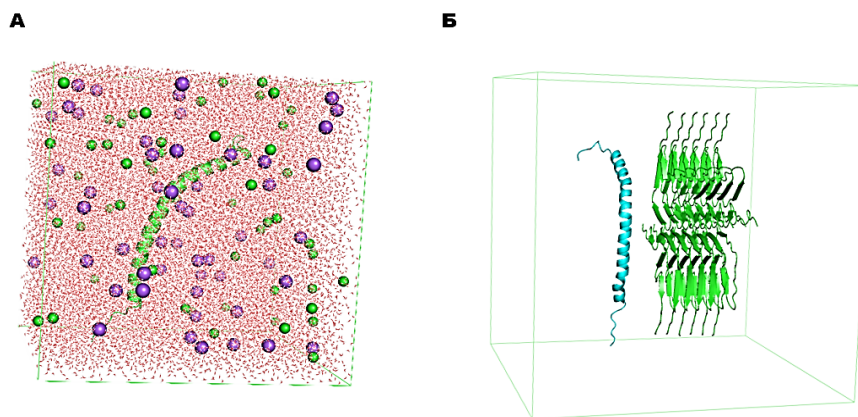


Рис 1. Начальные состояния систем с мономером α -syn в разных условиях: А – система с мономером α -syn; Б – система с комплексом мономера α -syn и фибриллы.

Симуляции молекулярной динамики. Симуляции проводились на программном обеспечении GROMACS 2023. После завершения минимизации проводились основные симуляции продолжительностью 500 нс при постоянной температуре 310 К. Температура поддерживалась с использованием модифицированного термостата Беренсенса, а давление – посредством баростата Парринелло–Рахмана. Для ограничения длины связей применялся алгоритм LINCS. Каждая система комплекса мономера и филамента моделировалась в двух независимых повторах (репликах).

Анализ моделирования. Для оценки результатов симуляций молекулярной динамики мы измеряли изменения среднеквадратичного отклонения (RMSD, Root Mean Square Deviation), которое характеризует отклонения атомов или молекул от их начальных положений, а также среднеквадратичные флуктуации (RMSF, Root Mean Square Fluctuation), которые оценивают колебания атомов относительно их среднего положения в процессе симуляции. Для анализа содержания вторичных структур компонентов (альфа-спирали, бета-листы) в мономере и филаменте был использован скрипт, написанный на Python 3, реализующий метод DSSP (Define Secondary Structure of Proteins) для вычисления доли α -спиралей и β -листов по структурным данным и углам поворота между атомами C-C α -N в молекуле белка. Также для определения числа водородных связей в комплексе использовалась встроенную команду GROMACS.

Результаты. В настоящей статье мы рассмотрели изменения, происходящие в структуре альфа синуклеина (1XQ8), когда данная структура связывается с амилоидной фибриллой α -syn (6A6B). Для изучения молекулярных механизмов положения мономера альфа синуклеина были проведены симуляции молекулярной динамики, начиная с кристаллической структуры альфа синуклеина (PDB: 1XQ8, 6A6B), в системе, которую мы создали в GROMACS.

Симуляции позволили проследить конформационные изменения мономера α -syn как в свободной форме, так и в комплексе с филаментом. В контрольной системе без взаимодействия с филаментом мономер α -syn терял свою исходную структуру в течение первых 50 нс, достигая значений RMSD около 2,4 нм (рис. 2Г).

Далее наблюдались флуктуации структуры в диапазоне RMSD 1,8–2,4 нм, что свидетельствует о высокой нестабильности мономера в водной среде.

Во второй системе мы изучали взаимодействие мономера α -syn с филаментом. В данной системе мы проводили симуляцию в двух повторах, в каждой из которых мы наблюдали различные механизмы агрегации амилоидной фибриллы.

В первой симуляции мы обнаружили, что мономер α -syn связывается с боковой поверхностью амилоидной фибриллы. Данный тип связывания считается одним из основных причин вторичной нуклеации α -syn, которая ведет к образованию токсичных олигомеров, а также новых филаментов. В первые 20–30 нс данной симуляции мономер теряет свою структуру, достигая значений RMSD в 2.3 нм, при этом он соединяется с боковой поверхностью амилоидной фибриллы и стабилизируется, и последующая флуктуации RMSD не наблюдалась. О связывании мономера и филамента α -syn также говорит и увеличение количества водородных связей между двумя конформациями белка. Так в начальный момент времени число водородных связей невелико (1–3), однако с увеличением вре-

мени моделирования (до 500 нс) наблюдается устойчивый рост количества связей, достигая 10–14 водородных связей к концу симуляции (рис. 3В). Это свидетельствует о постепенной стабилизации взаимодействия мономера с филаментом.

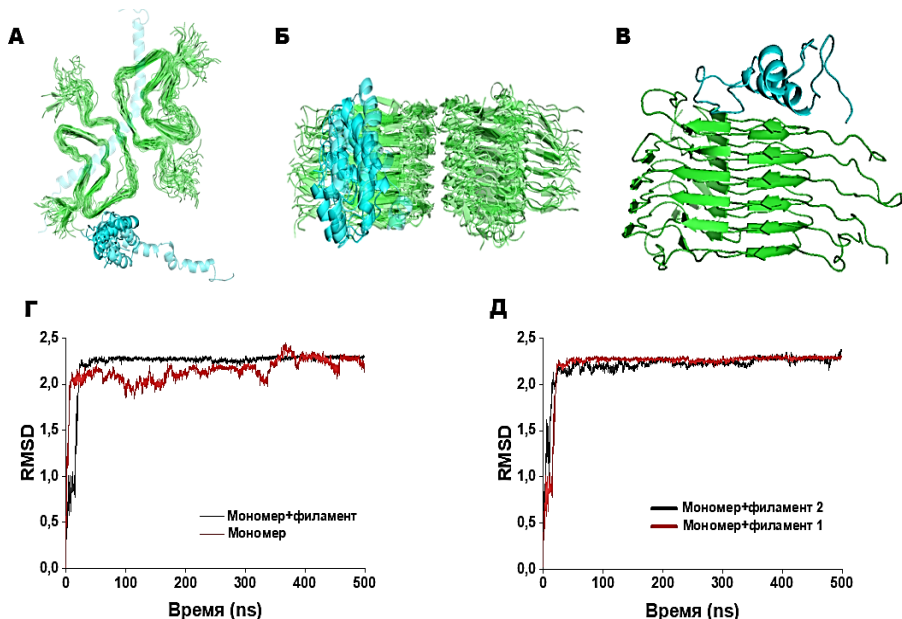


Рис. 2. Положение мономера в системе и положение взаимодействия с филаментом в течении всей симуляции 500 нс. А, Б – мономер+филамент (1 повтор); В – мономер+филамент (2 повтор); Анализ RMSD (Среднеквадратичное расстояние). Г – сравнение результатов двух систем (мономер и мономер с филаментом); Д – сравнение результатов комплекса первой и второй симуляции.

В то же время, во втором повторе симуляции МД, мы наблюдали связывание мономера α -суп с концевым участком фибриллы. Данный тип связывания предполагался одним из основных механизмов элонгации (удлинения) существующей амилоидной фибриллы. При этом мономер также достигал значений RMSD 2,2-2,3 нм в первые 20 нс симуляции, после чего происходило связывание с филаментом и дальнейшая стабилизация структуры мономера, так же, как и в предыдущей симуляции (рис. 2Д). Однако, во второй симуляции количество водородных связей достигло 20-25 в течении 200 нс, и оставалось стабильно выше в сравнении с первой симуляцией (рис. 3Б).

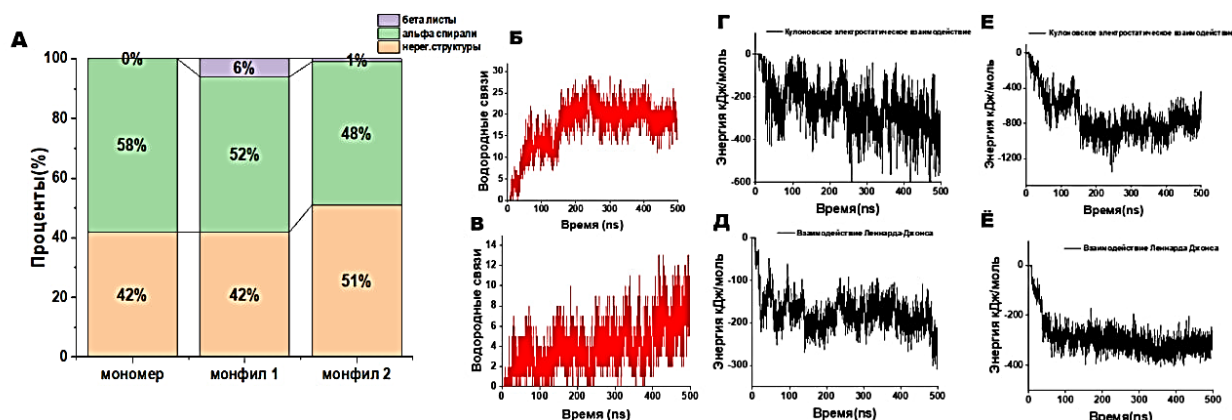


Рис. 3. Анализ структурного состава α -суп в разных условиях. А – анализ DSSP, который показывает количественное соотношение альфа спиралей и бета листов в системе мономера с филаментом; Б – определение количества водородных связей между мономером и филаментом (2 реплика); В – мономер+филамент (1 реплика); Г – Кулоновское электростатическое взаимодействие мономер + филамент (1); Д – короткодействующее взаимодействие Леннарда-Джонса мономер + филамент (1); Е – Кулоновское электростатическое взаимодействие мономер+филамент (2); Ё – короткодействующее взаимодействие Леннарда-Джонса мономер+филамент (2).

Для получения качественной оценки структурных изменений была проведена классификация вторичной структуры с использованием анализа DSSP. В свободной форме мономера его структура оставалась преимущественно α -спиральной: 58% α -спиралей, 42% нерегулярных элементов, с отсутствием β -листов. В симуляции комплекса, сопровождающейся связыванием мономера с боковой поверхностью филамента, наблюдалось снижение доли α -спиралей до 53% и появление 6% β -листов, что указывает на переход к β -структурам. Во второй симуляции комплекса, проходившего связыванием мономера с концевым участком филамента, α -спирали составляли 48%, нерегулярные структуры – 51%, β -листы – 1%.

Таким образом, анализ вторичной структуры продемонстрировал, что взаимодействие с филаментом α -syn индуцирует переход мономера из растворимой α -спиральной формы в β -структурированное состояние. Этот переход соответствует ключевому этапу патогенеза болезни Паркинсона, в котором мономеры α -syn преобразуются в составные элементы амилоидных филаментов телец Леви.

Наши данные позволяют предположить, что конфигурация взаимодействия (боковое или концевое связывание) оказывает влияние на степень и характер структурных изменений мономера. Боковое связывание ассоциировалось с увеличением содержания β -листов и устойчивым формированием водородных связей, что может способствовать ускорению агрегации и токсичности α -syn. Таким образом, филамент α -syn играет активную роль в структурной перестройке мономера, инициируя процесс патологической агрегации.

Энергетический анализ взаимодействия мономера с филаментом. В рамках данного исследования был проведён энергетический анализ взаимодействий между мономером α -синуклеина и амилоидной фибриллой на основе симуляций МД. Особое внимание уделялось электростатическим (кулоновским) и ван-дер-ваальсовым (гидрофобным) взаимодействиям, которые вносят ключевой вклад в формирование и стабилизацию комплекса.

Электростатические взаимодействия. В первой симуляции начальная энергия электростатического взаимодействия находилась на уровне, близком к 0 кДж/моль, что свидетельствует об отсутствии значимого притяжения. По мере развития симуляции в течение первых 50 нс энергия снижалась до –200 кДж/моль, указывая на усиление электростатических взаимодействий. В последующем интервале (100–500 нс) наблюдались флуктуации энергии в диапазоне от –200 до –500 кДж/моль, обусловленные изменениями ориентации молекул и реорганизацией водородных связей. К концу симуляции энергия стабилизировалась на уровне около –400 кДж/моль, что свидетельствует о формировании устойчивого электростатического взаимодействия (рис. 3Г).

Во второй симуляции наблюдалась аналогичная динамика: начальное значение энергии было близко к нулю, затем в течение первых 50 нс оно резко снижалось до –400 кДж/моль, указывая на быстрое формирование электростатических контактов. В дальнейшем фиксировались значительные колебания энергии от –600 до –900 кДж/моль, с минимальными значениями до –1200 кДж/моль. К финалу симуляции энергия стабилизировалась на уровне –800 кДж/моль, отражая прочное и динамически устойчивое взаимодействие (рис. 3Е).

Эти данные свидетельствуют о важной роли электростатических взаимодействий, обусловленных притяжением между заряженными остатками мономера и филамента, что согласуется с ранее установленным увеличением количества водородных связей в комплексе.

Гидрофобные взаимодействия (взаимодействия Леннарда-Джонса). Анализ короткодействующих взаимодействий показал, что в начале симуляции ван-дер-ваальсовы силы практически отсутствовали (энергия ≈ 0 кДж/моль), что объясняется начальными расстояниями между мономером и филаментом (~ 13 Å). В течение первых 100 нс энергия взаимодействия снижалась до –150 кДж/моль, что свидетельствует о формировании гидрофобных контактов. К 200 нс энергия достигала –250 кДж/моль и оставалась в этом диапазоне до конца симуляции (рис. 3Д).

Во второй симуляции наблюдалась схожая тенденция: снижение энергии до –200 кДж/моль в первые 100 нс, далее – стабилизация на уровне около –300 кДж/моль. Это подтверждает значительный вклад гидрофобных взаимодействий в стабилизацию комплекса мономер–филамент (рис. 3Ё).

Выводы и обсуждения. Полученные результаты молекулярной динамики и анализа взаимодействия мономера α -синуклеина (α -syn) с амилоидной фибриллой дают нам более глубокое понимание механизмов, которые лежат в основе формирования амилоидных структур, связанных с болезнью

Паркинсона и другими синуклеинопатиями. Мы продемонстрировали, что взаимодействие α -syn с амилоидными филаментами способствует значительным изменениям в его конформации, приводя к образованию стабильных бета-листов – характерной структуры амилоидных фибрилл.

Благодарности. Данная работа была выполнена при поддержке гранта № Ф3-20200929214 (Б.А.Ю.) Фонда финансирования науки и поддержки инновации Республики Узбекистан.

Конкретный вклад авторов. А.Л.М. – выполнение экспериментов, подготовка рисунков, анализ данных, написание рукописи. Р.Х.Р., Б.А.Ю. – концептуализация и дизайн экспериментов, анализ данных, написание и редактирование рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bisi N., Feni L., Peqini K., Perez-Pena H., Ongeri S., Pieraccini S., Pellegrino S. (2021) alpha-Synuclein: An All-Inclusive Trip Around its Structure, Influencing Factors and Applied Techniques. *Front Chem*, 9: 666585. DOI: 10.3389/fchem.2021.666585
2. Xu C.K., Meisl G., Andrzejewska E.A., Krainer G., Dear A.J., Castellana-Cruz M., Turi S., Edu I.A., Vivacqua G., Jacquat R.P.B., Arter W.E., Spillantini M.G., Vendruscolo M., Linse S., Knowles T.P.J. (2024) alpha-Synuclein oligomers form by secondary nucleation. *Nat Commun*, 15(1): 7083. DOI: 10.1038/s41467-024-50692-4
3. Li Y., Zhao C., Luo F., Liu Z., Gui X., Luo Z., Zhang X., Li D., Liu C., Li X. (2018) Amyloid fibril structure of alpha-synuclein determined by cryo-electron microscopy. *Cell Res*, 28(9): 897-903. DOI: 10.1038/s41422-018-0075-x
4. Ulmer T.S., Bax A., Cole N.B., Nussbaum R.L. (2005) Structure and dynamics of micelle-bound human alpha-synuclein. *J Biol Chem*, 280(10): 9595-603. DOI: 10.1074/jbc.M411805200
5. DeLano W.L.J.C.N.P.C. (2002) Pymol: An open-source molecular graphics tool. 40(1): 82-92.
6. Lemkul J.A. (2024) Introductory Tutorials for Simulating Protein Dynamics with GROMACS. *J Phys Chem B*, 128(39): 9418-9435. DOI: 10.1021/acs.jpcc.4c04901

TOKSIK AGREGATLAR SHAKLLANISHIDA A-SINUKLEIN MONOMERLARI VA FIBRILLALARINING O‘ZARO TA‘SIRINI *IN SILICO* TADQIQOTI

L.M. Ahmadxojaeva, X.R. Rustamov, A.Y. Baev

α -sinuklein (α -syn) amiloid fibrillari Parkinson kasalligi patogenezida muhim rol o‘ynaydi. Ularning shakllanishining asosiy mexanizmi α -syn monomerlarining neyron hujayralariga yuqori darajada toksik bo‘lgan filament va oligomerlarga aylanishidir. Ammo bu jarayonning molekulyar mexanizmlari hanuz to‘liq aniqlanmagan. Ushbu tadqiqotda molekulyar dinamika simulyatsiyalari yordamida α -syn monomerlarining fibrillalar bilan o‘zaro ta‘siri tahlil qilindi. Natijalarga ko‘ra, fibrilla monomerni α -spiral shaklidan β -plastinka holatiga konformatsion o‘tishini induksiya qiladi. Shuningdek, tadqiqot natijalari kompleksning barqarorlashuvida elektrostatik va gidrofob ta‘sirlarning hissasini ko‘rsatib, α -syn toksik agregatlarining shakllanishida ikkilamchi nukleatsiyaning rolini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: α -sinuklein, Parkinson kasalligi, monomer, amiloid fibrilla.

IN SILICO STUDY OF THE INTERACTION BETWEEN A-SYNUCLEIN MONOMERS AND FILAMENTS IN THE FORMATION OF TOXIC AGGREGATES

L.M. Ahmadxojaeva, X.R. Rustamov, A.Y. Baev

Amyloid fibrils of α -synuclein (α -syn) play a key role in the pathogenesis of Parkinson’s disease. The primary mechanism of their formation involves the conversion of α -syn monomers into highly toxic filaments and oligomers that damage neuronal cells. However, the molecular mechanisms underlying this process remain unclear. In the present study, molecular dynamics simulations were employed to analyze the interactions of α -syn monomers with fibrils. The results demonstrated that the fibril induces a conformational transition of the monomer from an α -helical to a β -sheet state. Furthermore, our findings highlight the contribution of electrostatic and hydrophobic interactions to the stabilization of the complex and confirm the role of secondary nucleation in the formation of toxic α -syn aggregates.

Keywords: α -synuclein, Parkinson’s disease, monomer, amyloid fibril.

МИКРОБИОЛОГИЯ

АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ГРИБОВ ИЗ ЧЕТЫРЁХ КЛАССОВ АСКОМИЦЕТОВ, УКАЗАННЫХ В УЗБЕКИСТАНЕ В КАЧЕСТВЕ ПАТОГЕНОВ *PRUNUS* SPP.О.К. КАРИМОВ¹, Д.Т. ТУРДИЕВА¹, Б.А. ХАСАНОВ²¹Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий;²Ташкентский государственный аграрный университет

Автор для переписки: khasanov.batyr@gmail.com

На видах рода *Prunus* найдены в мире 740+, а в Узбекистане 130+ видов патогенных грибов. В данном обзоре приведён список видов грибов из 4 классов филума Ascomycota: по 3 вида из классов Eurotiomycetes и Taphrinomycetes, 20 видов из класса Leotiomycetes и 1 вид из класса Pezizomycetes. Из них 8 видов, найденные в других странах мира на *Prunus*, в Узбекистане выделены из других субстратов. Все эти виды идентифицированы по результатам изучения морфологических признаков, лишь *Podosphaera pannosa* ГРЕВ-PP1 идентифицирована также проведением анализа 4-х генов. В Узбекистане важное экономическое значение имеют мучнистые росы и монилиозы КПД, курчавость листьев персика и деформация плодов сливы. Ряд других патогенов встречаются спорадически, но в дальнейшем могут представлять потенциальную угрозу.

Ключевые слова: косточковые плодовые деревья, грибные болезни.

Введение. С наступлением «молекулярной эры» в таксономии и номенклатуре грибов и грибоподобных организмов произошли и продолжают происходить большие изменения. Исследования показали, что определённые виды оказались не самостоятельными таксонами, а комплексами, состоящими из нескольких видов. Некоторые из них формально описаны в качестве новых для науки видов, но многие другие ещё достаточно не изучены [1, 2]. В данной работе современное таксономическое положение каждого вида (отдел, класс, подкласс, порядок, семейство, род), его актуальное название и номера ссылок приведены согласно информации международных баз данных Index Fungorum (*IF), Species Fungorum (*SF) и MycoBank (*MB). При отсутствии искомого названия видов грибов в IF, SF и MB, мы пользовались данными базы NCBI (National Center for Biotechnology Information, США) и других источников информации. Имеющиеся в последнем обзоре грибов [2] и сайтах базы Faces of Fungi [3] номера *FoF-ссылок для отдельных таксонов приведены в тексте.

По собранной нами информации из литературы в ассоциации с видами рода *Prunus* указано более 740 видов грибов. Среди них есть как истинные патогены этих культур, так и слабые патогены или сапротрофы. В Узбекистане сообщали о нахождении на видах рода *Prunus* более 130 видов грибов, в том числе около 90 аскомицетов и 40 базидиомицетов.

Исследователи в Узбекистане уделяют большое внимание проблеме защиты плодовых деревьев от вредных организмов, в том числе от болезней. Первым этапом защиты растений является правильная идентификация грибов, возбудителей этих болезней. В рамках этих задач, нами начата работа по составлению списков видов грибов, патогенов КПД, из разных классов. Ранее мы приводили информацию о видах грибов, вызывающих болезни листьев черешни и вишни в Узбекистане [4], а также болезни стволов и ветвей видов рода *Prunus* [5] и монилиозы плодовых деревьев в разных странах мира [6]. Целью данной работы является критический анализ информации о видах аскомицетных грибов из классов Eurotiomycetes, Leotiomycetes, Pezizomycetes и Taphrinomycetes, указанных в Узбекистане в качестве возбудителей болезней на деревьях рода *Prunus*. В список включены также виды грибов из этих групп, которые в других странах мира указаны на КПД, но в Узбекистане найдены не на *Prunus*. Для выполнения поставленной задачи мы проанализировали данные 21 публикации исследователей из Узбекистана, 11 работ авторов из СНГ и 25 публикаций зарубежных авторов. Результаты анализа показали, что в Узбекистане зарегистрированы 27 видов,

принадлежащих к 10 родам, 5+ семействам, 4 порядкам, 4 классам (табл.).

**Таксономическое положение грибов из 4-х классов аскомицетов,
указанных в Узбекистане на видах рода *Prunus* или других видах растений**

Порядок	Семейство	Род	Количество видов
Класс Eurotiomycetes, подкласс Eurotiomycetidae			
Eurotiales	Aspergillaceae	<i>Aspergillus</i>	3*
Класс Leotiomycetes, подкласс Leotiomycetidae			
Helotiales	Erysiphaceae	<i>Erysiphe</i>	1
		<i>Phyllactinia</i>	4 (2*)
		<i>Podosphaera</i>	6 (1*)
	Sclerotiniaceae	<i>Botrytis</i>	1*
		<i>Monilinia</i>	2
		<i>Sclerotinia</i>	1*
	Incertae sedis	<i>Coniothecium</i>	5
Класс Pezizomycetes			
Pezizales	Sarcocyphaceae	<i>Microstoma</i>	1
Класс Taphrinomycetes			
Taphrinales	Taphrinaceae	<i>Taphrina</i>	3
Всего: 4	5+	10	27 (8*)

Примечания. 1. Знаком * отмечены виды, найденные в Узбекистане не на *Prunus*. 2. Источники литературы, использованные для составления данной таблицы, приведены в тексте статьи.

Большинство этих видов являются валидными таксонами, однако для установления действительного таксономического статуса некоторых видов и/или форм мучнисторосяных грибов (например, *Phyllactinia suffulta* f. *amygdali*) требуется проведение дальнейших исследований. Восемь видов, найденные в других странах мира на видах рода *Prunus*, в Узбекистане выделены из почвы, воды, воздуха или найдены на видах растений из других родов или семейств.

Аннотированный список видов грибов

Царство Fungi

Подцарство Dikarya

Филум Ascomycota

Подфилум Pezizomycotina

Класс Eurotiomycetes

Подкласс Eurotiomycetidae

Порядок Eurotiales.

Семейство Aspergillaceae

Род *ASPERGILLUS* P. Micheli ex Haller. *IF7248, *MB7248. В состав рода входит 453 вида [2]. В ассоциации с КПД регистрировали несколько видов этого рода. Из них три вида находили и в Узбекистане.

Aspergillus flavus Link: Fr. *IF209842, *MB209842; *FoF09597. Вызывает плесневение плодов КПД во время хранения [7]. В Узбекистане выделен из почвы, воздуха, воды, растительных остатков и других субстратов [8].

Aspergillus glaucus (L.) Link. *IF161735, *SF161735, *MB161735. Вместе с другими видами этого рода, обнаружен на ранах на ветвях вишни и сливы [9]. В Узбекистане выделен из неизвестного субстрата [8].

Aspergillus niger van Tigh. *IF284309, *SF284309, *MB284309, *FoF10087. Вызывает плесневение плодов КПД во время хранения [7]. В Узбекистане выделен из почвы, воздуха, воды, раститель-

ных остатков и других субстратов [8].

Класс Leotiomycetes *FoF14248

Подкласс Leotiomycetidae

Порядок Helotiales *FoF13859

Семейство Erysiphaceae *FoF05856. На основании пересмотра значимости ряда морфологических признаков и результатов молекулярно-филогенетических исследований представителей этого семейства названия родов *Microsphaera* и *Uncinula* стали синонимами рода *Erysiphe*, а название рода *Sphaerotheca* – синонимом рода *Podosphaera* [10]. В отношении мучнистой росы КПД, практически все указываемые на них главные виды оказались не отдельными, самостоятельными видами, а комплексами видов: в пределах каждого из них были обнаружены по несколько «генетических» (скрытых) видов [11]. Так, было установлено, что *Podosphaera tridactyla* s.l. состоит, по меньшей мере, из 13 самостоятельных видов; кроме того, более 10 других таксонов требуют дальнейшего изучения, так как отсутствует информация об их действительном таксономическом статусе [12].

Род *ERYSIPHE* R. Hedw. ex DC. *FoF09218. Род содержит 487 видов [2].

Erysiphe prunastri DC. IF142045, MB142045. *E. prunastri* var. *prunastri* DC. вызывает мучнистую росу на сливе домашней, сливе растопыренной, терне и других видах рода *Prunus* [13, 14]. В Узбекистане её находили в Ташкентской обл. на алыче [15, 16] и сливе колючей [17] под названием *Uncinula prunastri* (DC.) Sacc. В Ферганской обл. гриб найден также на алыче [18].

Род *PHYLLACTINIA* Lév. В состав рода входят 124 вида [2]. Таксономические изменения коснулись также видов этого рода, в том числе специализированных форм вида *Phyllactinia suffulta* s.l.

Phyllactinia babayanii Simonyan. *NCBI:txid1803575. Этот вид зарегистрирован на миндале диком (*Prunus fenzliana* Fritsch.) в Азербайджане [19] и на миндале культурном в Андижанской обл. Узбекистана [18].

Phyllactinia guttata (Wallr.) Lév. *IF146972, *SF146972, *MB146972. По Wikipedia, этот вид широко распространён в регионах мира с умеренным климатом, поражает деревья и кустарники из 32-х родов, в том числе виды рода *Prunus*. Особенно часто встречается на видах лесного ореха [13]. В Узбекистане на КПД этот вид не найден, но зарегистрирован на шелковице в Средней Азии (точное место нахождения не указано) под названием *Ovulariopsis moricola* Delacr. [20] и на берёзе в Ферганской долине [21].

Phyllactinia mali (Duby) U. Braun, син. *Ph. suffulta* (Rabh.) Sacc. f. *pruni* Jacz. *IF283619, *MB283619. *Ph. mali* часто встречается на диких видах рода *Prunus* [13], зарегистрирована на вишне мелкоплодной в Азербайджане [19] и на боярышнике в Наманганской обл. Узбекистана [18].

Phyllactinia suffulta (Rabh.) Sacc. f. *amygdali* Golovin. В Узбекистане эту форму нашли на листьях миндаля бухарского в Кашкадарьинской обл. [22] и миндаля колючего в Джизакской обл. [23]. Другая информация об этой форме в литературе и в интернете отсутствует, и её статус пока остаётся невыясненным.

Род *PODOSPHAERA* Kunze содержит 133 вида [2]. Из них в качестве патогенов КПД указаны 6 видов.

Podosphaera ampla Meeboon et al. *NCBI:txid2717395. Встречается в основном в Европе на видах секции *Prunus*, подрода *Prunus*, рода *Prunus* (на алыче, вишне, сливе, терне) [12]. В Узбекистане найдена на алыче в Ферганской обл. [18].

Podosphaera clandestina (Wallr.: Fr.) Lév., син. *Podosphaera oxycanthae* (DC.) de Bary и др. *IF240146, *SF240146, *MB240146. Этот гриб поражает виды 14 родов сем. Rosaceae [24], в том числе абрикос, алычу, айву, боярышник; является одним из важных патогенов видов рода *Prunus* [12]. Исследования региона ITS р-ДНК показали, что *P. clandestina* также является сборным видом [12]. В Узбекистане её находили на вишне (точное место не указано) [20, 25] и в Ферганской долине на боярышнике [18].

Podosphaera leucotricha (Ell. Et Ev.) E.S. Salmon. *IF122748, *MB122748. Об этом известном патогене яблонь из США сообщали как о возбудителе «ржавой пятнистости», важной болезни плодов персика. Источником инфекции для персиков всегда были сильно поражённые яблони, растущие поблизости. Болезнь распространена на персиках в США повсеместно и часто развивается в форме эпифитотий [26-28]. В Узбекистане *P. leucotricha* на яблонях встречается повсеместно, но на деревьях персика не найдена.

Podosphaera pannosa (Wallr.: Fr.) de Bary, син. *Sphaerotheca pannosa* (Wallr.: Fr.) Lév., *S. pannosa* var. *persicae* Woronich., *Oidium cerasi* Jacz. *IF461807, *SF461807; *MB543008. Этот вид является известным во всём мире возбудителем мучнистой росы персика и розы [29]. В Узбекистане это заболевание широко распространено и ему посвящено много публикаций [13, 15, 17, 18, 20-22, 25, 30-34].

Podosphaera pruni-ulmifoliae Golovin, син. *P. tridactyla* var. *pruni-ulmifoliae* (Golovin) U. Braun *SF304096. Этот вид создал П.Н. Головин [35] по образцам на листьях миндаля вязолистного (*Prunus triloba* Lindl.), собранных в Южной Киргизии. Позже этот вид нашли на листьях *P. triloba* в Андижанской обл. [17, 18, 21]. У *P. pruni-ulmifoliae* филогенетические признаки не исследованы [12]. Изучения её гербарных образцов показало, что морфологические признаки гриба отличаются от таковых всех известных видов комплекса *Podosphaera tridactyla*, и *P. pruni-ulmifoliae* является самостоятельным видом, однако для валидации его статуса отсутствует необходимая филогенетическая информация [12].

Podosphaera tridactyla (Wallr.) de Bary, син. *O. cerasi* Jacz. и др. *IF240161, *MB240161. Долгое время считали, что в разных странах мира, в том числе в Узбекистане, этим видом поражаются абрикос, слива домашняя, слива растопыренная, вишня обыкновенная, вишня красноплодная, алыча, миндаль вязолистный и другие виды рода *Prunus* [13, 17, 18, 21, 25, 29]. Однако после детального изучения морфологических и молекулярных признаков большого количества гербарных образцов видов рода *Prunus*, поражённых различными видами рода *Podosphaera*, исследователи [12] заключили, что *P. tridactyla* является сборным видом, создали 7 новых видов и подтвердили валидность 3-х описанных ранее видов, в том числе *P. tridactyla* s. str. Они также заключили, что последняя встречается в Европе и её круг хозяев ограничен лишь видами секции *Padus* рода *Prunus* (видами черёмухи и лавровишни); в Азии на видах секции *Padus* паразитирует другой вид рода – *Podosphaera longiseta* Sawada [12]. Также было указано, что для *Podosphaera pruni* Golovin, *P. pruni-ulmifoliae* Golovin, *P. schwarzmaniana* Vasyagina, *P. wuyishanensis* Z.X. Chen & Y.J. Yao, *P. tridactyla* var. *prunicola* V.S. Paul & V.K. Thakur и 10 специализированных форм *Podosphaera tridactyla* – f. *armeniaca* Jacz., f. *cerasi* Jacz., f. *divaricata* Jacz., f. *institae* Jacz., f. *laurocerasi* Jacz., f. *padi* Jacz., f. *pruni* Golovin, f. *pruni-communis* Jacz., f. *pruni-mahaleb* Jacz. и f. *pruni-prostatae* Jacz. отсутствуют филогенетические данные [12].

Семейство Sclerotiniaceae

Род BOTRYTIS P. Micheli ex Pers. *IF39036, *MB7435. В состав рода входят около 70 видов [2]. В результате филогенетических исследований в таксономии этого рода произошли значительные изменения. Сейчас в его составе, кроме 70 валидных видов, известны ещё около 10-15 «скрытых» видов. Самым распространённым видом этого рода является *B. cinerea* [36].

Botrytis cinerea Pers.: Fr. *IF217312, *SF217312, MB217312. Является космополитом, полифагом, поражает ~1400 видов растений из 586 родов. По экономической вредоносности для культурных растений мира среди всех фитопатогенных грибов он занимает 2-место [37]. Наряду с другими растениями, *B. cinerea* поражает соцветия, молодые и зрелые плоды абрикоса, персика, черешни, миндаля и других КПД. Плоды поражаются во время вегетационного периода, сбора, транспортировки и хранения [38-40]. Этот вид в Узбекистане на КПД не отмечен, но найден на луке, огурце, винограде, выделен из почвы [8]; в теплицах часто поражает стебли и плоды томатов [Хасанов Б.А., неопубл.].

Род MONILINIA Honey *IF3249, *MB3249. Род содержит около 35 валидных видов [2]. В IF приведён 51 вид этого рода, для 27 из них имеются данные последовательностей ДНК 1-2 генов [41]. Виды этого рода более известны по названиям их анаморфных стадий (*Monilia* Bonord.). В пределах рода выделяют секции *Junctoriae* и *Disjunctoriae*. На культурных и дикорастущих деревьях сем. Rosaceae указывают 38+ видов, на семечковых и косточковых фруктовых породах чаще встречаются 3-5 видов, в основном из секции *Junctoriae* [39, 42]. В Узбекистане на фруктовых деревьях встречаются три вида – *M. fructigena*, *M. laxa* и *M. linhartiana* (Prill. & Delacr.) N.F. Buchw. Последний вид поражает айву, на КПД не встречается [6].

Monilinia fructigena (Aderhold & Ruhland) Honey ex Whetzel, син. *Monilia fructigena* (Pers. ex Pers.) Eaton и др. *IF120492, *SF120492, *MB120492. Этот вид чаще поражает семечковые культуры (яблоню), чем КПД. В Узбекистане он впервые описан с образца на плодах фисташки, собранных в Ташкентской обл., в качестве нового вида *Monilia pistaciae* Zaprometov [25]. Позже этот вид нашли на фисташке в лесах в Самаркандской и Сурхандарьинской обл. [43], а *M. fructigena* – на вишне-антипке в Ташкентской обл. [8]. Некоторые авторы утверждали, что гниль плодов яблони в

Узбекистане распространена широко и монилиоз по вредоносности превосходит паршу [44]. Однако в этих исследованиях возбудителя определяли по морфологическим признакам или только по внешним симптомам болезни. Для точной идентификации возбудителей монилиозов требуется проведение дальнейших исследований.

Monilinia laxa (Aderhold & Ruhland) Honey, син. *M. cinerea* (Schroet.) Honey, *Sclerotinia cinerea* (Bon.) Schröt., *Monilia laxa* Sacc., *M. cinerea* Bonorden. *IF119179, *SF119179, MB119179. Этот вид чаще поражает КПД, а на семечковых культурах встречается значительно реже. В СНГ его часто называют *Monilia cinerea*, а вызываемую им болезнь – серой гнилью плодов и монилиальным ожогом цветов и ветвей. В Узбекистане на КПД основным и часто единственным возбудителем монилиоза является *M. laxa*. Первое упоминание о массовом поражении черешни *S. cinerea* в Ташкентской обл. появилось 100 лет тому назад [20]. Годом позже этот вид (под названием *S. cinerea*, с конидиальной стадией *M. cinerea*) нашли на сливе жёлтой [25]. Позже сообщали о широком распространении болезни, вызываемой *M. cinerea* на абрикосе, персике, сливе, миндале и вишне-антипке [8, 32, 45, 46]. Вредоносность часто бывала очень высокой, болезнь могла за короткое время уничтожить до 79% цветов и плодов абрикоса [31, 45, 46]. В Сев. Америке на КПД доминирует другой вид рода *Monilinia* – *M. fructicola* (G. Winter) Honey, а *M. laxa* встречается значительно реже [39, 42].

Род *SCLEROTINIA* Fuckel. *IF4942, *MB4942. В состав рода входят около 75 видов [2]. Из них в природе наиболее часто встречается *S. sclerotiorum*.

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary. *IF212553, *SF212553, *MB212553. Этот космополит и полифаг обычно поражает травянистые растения, но иногда вызывает гниль цветов и молодых плодов КПД, а во время хранения поражает зрелые плоды [39]. В Узбекистане *S. sclerotiorum* на КПД не зарегистрирована, но найдена в Ташкентской обл. на подсолнечнике [47] и на стеблях растений огурца, поражённых гнилью [Хасанов Б.А., неопубл.].

Семейство Incertae sedis

Род *CONIOTHECIUM* Corda. *IF7757, *MB7757. Родовое название *Coniothecium* в последнем обзоре грибов отсутствует [2], но указано как валидное в базах IF и MB. Базы Wikipedia и GBIF в составе этого рода указывают, соответственно, 31 и 29 видов. В Узбекистане указан 11 видов, в том числе на КПД 5 видов рода *Coniothecium* [21, 32, 48].

Coniothecium albocinctum Preuss. *IF225435, *MB225435. В Узбекистане найден на камедеточивых ранках на ветвях персика в Бухарской обл. [32].

Coniothecium cerasi McAlp. *IF169380, *MB169380. В Узбекистане этот вид нашли на отмерших ветвях вишни обыкновенной и вишни тянь-шаньской в Ташкентской обл. и на язвах на ветвях персика в Бухарской обл. [48].

Coniothecium chomatosporum Corda. В Узбекистане *C. chomatosporum* нашли на персике в Ташкентской обл. [48].

Примечание. Согласно информации баз данных IF (*IF814116) и SF (*SF814116) название *Coniothecium chomatosporum* sensu auct. NZ в настоящее время является одним из синонимов гриба *Didymella pomorum* (Thüm.) Qian Chen & L. Cai), который входит в сем. Didymellaceae класса Dothideomycetes.

Coniothecium effusum Corda. *IF157298, *MB157298. Этот вид в Ираке найден на живых листьях тополя евфратского (туранги евфратской) [49], а в Узбекистане – на миндале в Ферганской долине [21].

Coniothecium phyllophilum Desm. *IF150651, *MB150651. Этот вид найден на миндале колючем в Ташкентской обл. [48].

Класс Pezizomycetes

Порядок Pezizales

Семейство Sarcoscyphaceae *FoF04253

Род *MICROSTOMA* Bernstein. *IF3195, *MB3195. В состав этого рода входят 8 видов [2].

Microstoma protractum (Fr.) Kanouse, син. *Peziza protracta* Fr., *Sarcoscypha protracta* (Fr.) Sacc. и др. *IF521598, *MB521598. Этот гриб-дискомицет найден под названием *S. protracta* в Ташкентской обл. Узбекистана на отмерших ветвях и листьях сливы домашней [48]. *M. protractum* является очень редким лесным сапротрофом, занесённым в России в Красную книгу [50]. Встречаемость этого вида в аридном климате нашей страны и корректность идентификации вызывают сомнения.

Подфилум Taphrinomycotina *FoF01017

Класс Taphrinomycetes *FoF01017

Порядок Taphrinales

Семейство Taphrinaceae. В это семейство входит один род – *Taphrina*.

Род *TAPHRINA* Fr. *IF5354, *MB5354. В состав рода входят около 110 видов [2, 51], в том числе возбудители экономически важных болезней – скручивания листьев персика и миндаля *T. deformans*, кармашков сливы *T. pruni*, ведьминых метел вишни *T. weisneri* и др. Все виды рода *Taphrina* диморфны: в цикле их развития имеются дрожжевая сапротрофная и мицелиальная облигатно-паразитическая фазы. На культурных и дикорастущих видах рода *Prunus* встречаются более 15 видов рода *Taphrina*. Поражающие культурные КПД виды рода *Taphrina* космополиты, ареал ряда других видов, поражающих, в основном дикорастущие виды вишни, ограничен Сев. Америкой [51, 52]. В Узбекистане встречаются три вида рода *Taphrina*.

Taphrina deformans (Berk.) Tul., син. *Exoascus deformans* (Berk.) Fuckel и др. *IF234886, *SF234886, *MB234886. Основным хозяином *T. deformans* являются персик и нектарин. В некоторых странах его указывают также как патогена миндаля [51] и абрикоса [53]. Однако согласно Wikipedia, образцы с миндаля не поражали персик, и наоборот. *T. deformans* поражает только молодые ткани листьев, соцветий, плодов и побегов персика и нектарина [54, 55]. В связи с важным экономическим значением курчавости листьев персика во всех регионах, где он возделывается, это заболевание, его возбудитель и меры борьбы с ним подробно изучены [52, 55, 56].

Курчавость листьев персика в Центральной Азии встречается повсеместно и ежегодно [20, 25, 31]. В Узбекистане об этой болезни сообщали из 6 областей; вероятно, она встречается и в остальных регионах [22, 44, 47]. Особенно вредоносным считают курчавость листьев персика в Бостанлыкском районе Ташкентской области [15, 16] и повсеместно в Ферганской долине [33].

Taphrina pruni Tul., син. *Exoascus pruni* Fuckel. *IF241186. Этот вид является возбудителем деформации, недоразвитости и вздутия плодов («кармашков») сливы домашней – основного хозяина патогена. Гриб поражает также виды вишни, терн, терносливу, алычу, сливу уссурийскую и черёмуху. *T. pruni* широко распространён в Европе, Азии, встречается в Сев. Америке, Ю. Африке и Новой Зеландии [51, 52, 54]. *T. pruni* повсеместно встречается на сливе также в Центральной Азии, в том числе в различных областях Узбекистана [20, 25, 44, 47]. В Бостанлыкском районе Ташкентской области сильно поражает алычу [15, 16].

Taphrina weisneri (Ráthay) Mix, син. *Exoascus wiesneri* Ráthay, *E. cerasi* Fuckel, *E. minor* (Sadeb.) Sacc., *Taphrina cerasi* Sadeb., *T. minor* Sadeb. *SF217454. Некоторые исследователи *T. cerasi* считают самостоятельным видом, но большинство микологов его включают в число синонимов *T. weisneri* [54]. Этот гриб поражает, главным образом, виды подрода *Cerasus* рода *Prunus* – вишню, черешню, шпанку, вишню Йошино (сакуру), а также черёмуху [54, 57 и др.]. В Узбекистане этот вид найден под названием *T. cerasi* на вишне мелкоплодной в Кашкадарьинской обл. [22].

Заключение. Анализ публикаций показывает, что из более чем 90 видов аскомицетов, указанных в Узбекистане на *Prunus* spp., по 3 вида принадлежат к классам Eurotiomycetes и Taphrinomycetes, 20 видов – к классу Leotiomycetes и 1 вид – к классу Pezizomycetes. Из них несколько видов рода *Podosphaera* являются комплексами видов, требующими дальнейшего изучения. Восемь видов, найденные в других странах мира на *Prunus*, в Узбекистане найдены на других субстратах. Все эти виды в Узбекистане идентифицированы по морфологическим признакам, за исключением *Podosphaera pannosa* GPEB-PP1, которая идентифицирована в Институте Генетики АН Руз также проведением анализа нуклеотидных последовательностей рРНК 4-х генов (NCBI GenBank ID 3355186) [Каримов и др., неопубл.].

Из числа широко распространённых в Узбекистане видов грибов опасными патогенами КПД являются возбудители мучнистой росы (*Podosphaera pannosa*, *Podosphaera* sp.), монилиоза (*Monilinia laxa*), курчавости листьев персика (*Taphrina deformans*) и деформации плодов сливы (*T. pruni*); эти космополитные грибы имеют большое экономическое значение во всех странах мира, где возделываются КПД. Из других патогенов КПД *Podosphaera clandestina* s.l., *P. tridactyla* s.l., *P. leucotricha* и *Botrytis cinerea* встречаются в Узбекистане спорадически, но имеют большое значение на *Prunus* spp. в ряде других стран мира. Не исключено, что эти виды в будущем могут представлять потенциальную угрозу также садам КПД в Узбекистане.

Конкретный вклад авторов: О.К. Каримов участвовал в обсуждении данных и подготовке статьи, Д.Т. Турдиева приняла участие в сборе и обсуждении данных, Б.А. Хасанов собрал литературу, написал статью и отредактировал её.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bhunjun C.S., Chen Y.J., Phukhamsakda C. et al. (2024). What are the 100 most cited fungal genera? *Studies in Mycology* 108: 1-411. <http://dx.doi.org/10.3114/sim.2024.108.01>
2. Hyde K.D., Noorabadi M.T., Thiyagaraja V. et al. (2024). The 2024 Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere* 15(1): 5146-6239. <http://dx.doi.org/10.5943/mycosphere/15/1/25>
3. Jayasiri S.C., Hyde K.D., Ariyawansa H.A. et al. (2015) – The Faces of Fungi database: fungal names linked with morphology, phylogeny and human impacts. *Fungal Diversity* 74(1):3-18. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13225-015-0351-8>
4. Хасанов Б.А., Каримов О.К., Турдиева Д.Т. и др. (2021). Аннотированный контрольный список микромицетов, вызывающих болезни листьев черешни и вишни (обзор). *Узбекский биологический журнал*, № 3: 9-16 // Khasanov B.A., Karimov O.K., Turdieva D.T. et al. (2021). Annotirovannyu kontrol'nyu spisok mikromitsetov, vyzuyayushix bolezni list'ev chershni i vishni. *Uzbekskiy biologicheskiy jurnal*, No. 3: 9-16.
5. Хасанов Б.А., Каримов О.К., Бойжигитов Ф.М. и др. (2023). Грибные болезни стволов и ветвей косточковых плодовых деревьев. Монография. Андижан: ООО «Andijon Nashriyot-Matbaa», 144 с. (на узбекском) // Khasanov B.A., Karimov O.K., Boyjigitov F.M. et al. (2023). Gribnye bolezni stvolov i vetvey kostochkovykh i plodovykh derev'ev. *Monograph. Andijan: ООО “Andijon Nashriyot-Matbaa”, 144 s.*
6. Хасанов Б.А., Очиллов Р.О., Бойжигитов Ф.М. (2019). Монилиозы плодовых деревьев. Ташкент: «Niso Poligraf», 167 с. // Khasanov B.A., Ochilov R.O., Boyjigitov F.M. (2019). Moniliozy plodovykh derev'ev. *Tashkent: “Niso Poligraf”, 167 s.*
7. Ogawa J.M. (2008). Miscellaneous postharvest fruit decay. Page 17 in: Ogawa J.M. et al., eds. *Compendium of stone fruit diseases*. APS Press, 2nd printing. 98 pp.
8. Сагдуллаева М.Ш., Рамазанова С.С., Киргизбаева Х.М. и др. (1989). Флора грибов Узбекистана. Т. 5. Гифальные грибы (Moniliaceae). Ташкент: «Фан», 284 с. // Sagdullaeva M.Sh., Ramazanova S.S., Kirgizbaeva Kh.M. et al. (1989). *Flora gribov Uzbekistana. T. 5. Gifal'nye griby (Moniliaceae)*. Tashkent: “Fan”, 284 s.
9. Bien S., Damm U. (2020). *Prunus* trees in Germany – a hideout of unknown fungi? *Mycological Progress* 19: 667-690. <https://doi.org/10.1007/s11557-020-01586-4>
10. Braun U., Takamatsu S. (2000). Phylogeny of *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Uncinula* (Erysipheae) and *Cystotheca*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (Cystothecae) inferred from rDNA ITS sequences – some taxonomic consequences. *Schlechtendalia* 4: 1–33.
11. Moparthi S., Grove G.G., Pandey B., et al. (2019). Phylogeny and taxonomy of *Podosphaera cerasi*, sp. nov., and *Podosphaera prunicola* sensu lato. *Mycologia* 111(4): 647-659. <https://doi.org/10.1080/00275514.2019.1611316>
12. Meeboon J., Takamatsu S., Braun U. (2020). Morphophylogenetic analyses revealed that *Podosphaera tridactyla* constitutes a species complex. *Mycologia* 112 (2): 244–266. <https://doi.org/10.1080/00275514.2019.1698924>
13. Головин П.Н. (1960). Мучнисто-росяные грибы, паразитирующие на культурных и полезных растениях. М.-Л. 267 с. // Golovin P.N. (1960). Muchnisto-rosyanye griby, parazitiruyushie na kul'turnykh i poleznykh rasteniyakh. *Moscow – Leningrad*. 267 s.
14. Abasova L.V., Aghayeva D.N., Takamatsu S. (2018). Notes on powdery mildew of the genus *Erysiphe* from Azerbaijan. *Current Research in Environmental & Applied Mycology* 8(1): 30-53. www.cream-journal.org
15. Ахмедова Ф.Г. (1960). Материалы к микофлоре юго-западных отрогов Тянь-Шаня. С. 101-107 в кн.: М-лы 1-коорд. совещания микологов республик Средней Азии и Казахстана. Изд. АН Киргизской ССР, Фрунзе. 184 с. // Akhmedova F.G. (1960). Materialy k mikoflore yugo-zapadnykh

- otrogov Tyan'-Shanya. S. 101-107 v kn.: M-ly I-koord. soveshaniya mikologov Sredney Azii i Kazakhsatana. Izd. AN Kirgizskoy SSR, Frunze, 184 s.
16. Ахмедова Ф.Г. (1966). Микофлора юго-западных отрогов Тянь-Шаня. Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Ташкент. 26 с. // Akhmedova F.G. (1966). Mikoflora yugo-zapadnykh otrogov Tyan'-Shanya. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk. Tashkent. 26 s.
 17. Гапоненко Н.И., Ахмедова Ф.Г., Рамазанова С.С. и др (1983). Флора грибов Узбекистана. Том I. Мучнисторосяные грибы. Ташкент: «Фан», 362 с. // Gaponenko N.I., Akhmedova F.G., Ramazanova S.S. i dr. (1983). Flora gribov Uzbekistana. T. I. Muchnisto-rosyanye griby. Tashkent: "Fan", 362 s.
 18. Abdurazakov A.A., Bulgakov T.S., Kholmuradova T.N. et al. (2021). Powdery mildew fungi (Erysiphaceae) of the Fergana Valley (within Uzbekistan): a first annotated checklist. *Новости систематики низших растений – Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 55(1): 55-78. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2021.55.1.55>
 19. Aghayeva D.N., Abasova L.V., Takamatsu S. (2018). Overview of the genus *Phyllactinia* (Ascomycota, Erysiphales) in Azerbaijan. *Plant & Fungal Research* 1(1): 9-17. <http://dx.doi.org/10.29228/plantfungalres.2>
 20. Запромётов Н.Г. (1925). Болезни культурных растений в Средней Азии. Ташкент: «Наркомзем УзССР». 168 с. // Zapromyotov N.G. (1925). Bolezni kul'turnykh rasteniy Sredney Azii. Tashkent: "Narkomzem UzSSR". 168 s.
 21. Абдуразаков А.А., Пем Д., Гаффоров Ю.Ш. (2019). Аскомицеты-микромитеты деревьев и кустарников Ферганской долины. Вестник Андижанского гос. ун-та им. З.М. Бабура, № 4: 13-21 (на узбекском) // Abdurazakov A.A., Pem D., Gafforov Yu.Sh. (2019). Askomitsety-mikromitsety derev'ev i kustarnikov Ferganskoy doliny. Vestnik Andijanskogo gos. un-ta im. Z.M. Babura, No. 4: 13-21.
 22. Нуралиев Х.Х. (1999). Микромитеты сосудистых растений Кашкадарьинской области. Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 23 с. // Nuraliev Kh.Kh. (1999). Mikromitsety sosudistyx rasteniy Kashkadar'inskoj oblasti. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk. Tashkent. 23 s.
 23. Mustafaev I.M., Iminova M.M., Sherkulova J.P. (2019). Powdery mildew fungi on new host plants in Uzbekistan. *Materials of the Int. Conf. "Scientific Research of the SCO countries: Synergy and Integration"*. Part 1: Reports. March 12, 2019, Beijing, PRC, pp. 169-172.
 24. Takamatsu S., Niinomi S., Harada M. et al. (2010). Molecular phylogenetic analyses reveal a close evolutionary relationship between *Podosphaera* (Erysiphales: Erysiphaceae) and its rosaceous hosts. *Persoonia* 24: 38-48. <http://dx.doi.org/10.3767/003158510X494596>
 25. Запромётов Н.Г. (1926). Материалы по микофлоре Средней Азии. Вып. 1. Ташкент: «Наркомзем УзССР», 36 с. // Zapromyotov N.G. (1926). Materialy po mikoflore Sredney Azii. Vyp. I. Tashkent: "Narkomzem UzSSR". 36 s.
 26. Furman L.A., Lalancette N., White J.F., Jr. (2003). Peach rusty spot epidemics; temporal analysis and relationships to fruit growth. *Plant Disease* 87(4): 366-374.
 27. Furman L.A., Lalancette N., White J.F., Jr. (2003). Peach rusty spot epidemics; management with fungicide, effect on fruit growth, and incidence-lesion density relationship. *Plant Disease* 87(12): 1477-1486.
 28. Grove G.G. (2008). Rusty spot. Page 15 in: Ogawa J.M. et al., eds. *Compendium of stone fruit diseases*. APS Press, 2nd printing. 98 pp.
 29. Grove G.G. (2008). Powdery mildew. Pages 12-14 in: Ogawa J.M. et al., eds. *Compendium of stone fruit diseases*. APS Press, 2nd printing. 98 pp.
 30. Головин П.Н. (1949). Микофлора Средней Азии. Т. 1. Мучнисто-росяные грибы Средней Азии. Вып. 1. Ташкент: изд-во АН УзССР. 145 с. // Golovin P.N. (1949). Mikoflora Sredney Azii. T. 1. Muchnisto-rosyanye griby Sredney Azii. Vyp. 1. Tashkent: izd-vo AN UzSSR. 145 s.
 31. Панфилова Т.С. (1950). Главнейшие болезни сада и борьба с ними. Ташкент: изд-во АН УзССР. 12 с. // Panfilova T.S. (1950). Glavneyshie bolezni sad ai bor'ba s nimi. Tashkent: izd-vo AN UzSSR. 12 s.
 32. Гапоненко Н.И. (1965). Обзор грибов Бухарской области. Ташкент: «Наука» УзССР. 116 с. // Gaponenko N.I. (1965). Obzor gribov Bukharskoj oblasti. Tashkent: "Nauka". 116 s.
 33. Ниязов Т.Н. (1977). Состав и процент поражаемости болезней косточковых плодовых культур

- в Кашкадарьинской области. С. 37-42 в книге: «Вопросы интегрированной системы борьбы с вредителями и болезнями растений». Науч. труды ТашСХИ, вып. 2, 109 с. // Niyazov T.N. (1977). Sostav i protsent porajаемости bolezney kostochkovykh plodovykh kul'tur v Kashkadar'inskoj oblasti. S. 37-42 v knige: "Voprosy integrirovannoy sistemy bor'by s vreditelyami i boleznyami rasteniy". Nauch. trudy TasgSKhI, dyp. 2. 109 s.
34. Хасанов Б.А., Каримов О.К., Турдиева Д.Т. (2023). Мучнистая роса персика в мире и в Узбекистане, и меры борьбы с ней. *Agrokimyohimoya va o'simliklar karantini (Uzbekistan)*, № 4: 29-34 (на узбекском) // Khasanov B.A., Karimov O.K., Turdieva D.T. (2023). Muchnistaya rosa persica v mire i v Uzbekistane. *Agrokimyohimoya va o'simliklar karantini (Uzbekistan)*, No. 4: 29-34.
 35. Головин П.Н. (1950). Новая серия, вып. XIV. Биологические науки. Книга 5. Новые виды грибов Средней Азии. Ташкент: изд-во САГУ, 48 с. // Golovin P.N. (1950). Novaya seriya, vyp. XIV. Biologicheskie nauki. Kniga 5. Novye vidy gribov Sredney Azii. Tashkent: izd-vo SAGU. 48 s.
 36. Garfinkel A.R. (2021). The history of *Botrytis* taxonomy, the rise of phylogenetics, and implications for species recognition. *Phytopathology* 111(3): 437-454. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-20-0211-IA>
 37. Dean R., Van Kan J.A.L., Pretorius Z.A. et al. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13(4): 414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
 38. Fourie J. F., Holz G. (1985). Artificial inoculation of stone fruit with *Botrytis cinerea*, *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer*. *Phytophylactica* 17: 179-181. https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/AJA03701263_967
 39. Flint K.M. (2008). Green fruit rot. Pages 15-16 in: Ogawa J.M. et al., eds. *Compendium of stone fruit diseases*. APS Press, 2nd printing. 98 pp.
 40. Yin W.X., Adnan M., Shang Y. et al. (2018). Sensitivity of *Botrytis cinerea* from nectarine/cherry in China to six fungicides and characterization of resistant isolates. *Plant Disease* 102(12): 2578. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0244-RE>
 41. Jayawardena R.S., Hyde K.D., Aumentado H.D.R. et al. (2024). One Stop Shop V: taxonomic update with molecular phylogeny for important phytopathogenic genera: 101-125 (2024). *Fungal Diversity*: 1-167 (Revised proof). <https://doi.org/10.1007/s13225-024-00542-x>
 42. Ogawa J.M., Zehr E.I., Biggs A.R. (2008). Brown Rot. Pages 7-10 in: Ogawa J.M. et al., eds. *Compendium of stone fruit diseases*. APS Press, 2nd printing. 98 pp.
 43. Клейнер Б.Д. (1963). Болезни лесных насаждений горных районов Узбекистана. Дис. на соискание учёной степени канд. с.-х. н. Ташкент. 199 с. Kleynner B.D. (1963). Volezni lesnykh nasajdeniy gornyx rayonov Uzbekistana. Dis. ... kand. s.-kh. nauk. Tashkent. 199 s.
 44. Хамраев А.Ш., Азимов Дж.А., Ниязов Т.Б. и др. (1995). Вредители и болезни садов, виноградников и система борьбы с ними. Ташкет: «Фан», 160 с. (на узбекском языке) // Khamraev A.Sh., Azimov J.A., Niyazov T.B. i dr. (1995). Vrediteli i bolrzni sadov, vinogradnikov i sistema bor'by s nimi. Tashkent: "Fan". 160 s.
 45. Запромётгов Н.Г. (1956). Болезни с.х. растений в Средней Азии. Тр. ТашСХИ, вып. 7: 197-205. Ташкент // Zapromyotov N.G. (1956). Volezni s.-kh. rasteniy Sredney Azii. Tr. TashSKhI, vyp. 7: 197-205. Tashkent,
 46. Дошимов У.А. (1958). Монилиоз плодовых культур в Узбекистане. С.-х. Узбекистана, № 6: 69 // Doshimov U.A. (1958). Monilioz plodovykh kul'tur v Uzbekistane. S.-kh. Uzbekistana, No. 6: 69.
 47. Гулямова М.Г., Кучми Н.П., Рамазанова С.С. и др. (1990). Флора грибов Узбекистана. Т. 7. Сумчатые грибы. Ташкент: «Фан», 1990, 196 с. // Gulyamova M.G., Kuchmi N.P., Ramazanova S.S. i dr. (1990). Flora gribov Uzbekistana. T. 7. Sumchatye griby. Tashkent: "Fan", 196 s.
 48. Сагдуллаева М.Ш., Киргизбаева Х.М., Рамазанова С.С. и др. (1990). Флора грибов Узбекистана. Том 6. Гифальные грибы (Dematiaceae). Ташкент: «Фан», 132 с. // Sagdullaeva M.Sh., Kirgizbaeva Kh.M., Ramazanova S.S. i dr. (1990). Flora gribov Uzbekistana. T. 6. Gifal'nye griby (Dematiaceae). Tashkent: "Fan", 132 s.
 49. Mouchacca J. (2009). Novel fungal taxa from the arid Middle East introduced prior to the year 1940. II - Anamorphic Fungi: Hyphomycetes. *Cryptogamie, Mycologie* 30 (2): 199-222. <https://sciencepress.mnhn.fr/sites/default/files/articles/pdf/cryptogamie-mycologie2009v30f2a7.pdf>
 50. Химич Ю.Р., Блинова И.В., Александров Г.Н. (2013). *Microstoma protractum* (Fr.) Kanouse и *Sarcosoma globosum* (Schmidel) Casp. - редкие представители порядка Pezizales в Мурманской

- области. Бюлл. МОИП. отд. биол. 118(1): 85-87. himich-yu.r.-blinova-i.v.-aleksandrov-g.n.-bulletin-of-moscow-society-of-naturalists-1181-2013.85-87.pdf. moip-bio.msu.ru // Himich Yu.R., Blinova I.V., Aleksandrov G.N. (2013). *Microstoma protractum* (Fr.) Kanouse i *Sarcosoma globosum* (Schmidel) Casp. – redkie predstaviteli poryadka Pezizales v Murmanskoy oblasti. Byull. MOIP, otd. biol. 118(1): 85-87.
51. Alexopoulos C. J., Mims C. W., Blackwell M. (2007). *Introductory Mycology*. 4th ed. Wiley – India, 2007, x + 869 pp.
52. Agrios, G. N. (2008). *Plant pathology*. 5th ed. Elsevier, xviii + 922 pp.
53. Нагорная Л.В. (2015). Основные болезни абрикоса и биологический контроль их распространения в условиях южной степи Украины. Науч. труды СКЗНИСКиВ. Т. 8: 183-188 // Nagornaya L.V. (2015). Osnovnyye bolezni abrikosa i biologicheskiy kontrol' ikh resprostraneniya v usloviyakh yujnoy stepi Ukrainy. Nauch. trudy SKZNISKiV. T. 8: 183-188.
54. Каратыгин И.В. (2002). Порядки Тафриновые, Протомициевые, Экзобазидиевые, Микростромациевые. С. 46-48 в книге: Определитель грибов России. СПб.: «Наука», 135 с. // Karatygin I.V. (2002). Poryadki TafriNovye, Protomitsievye, Ekzobazidievye, Mikrostromatsievye. S. 46-48 v knige: Opredelitel' gribov Rossii. SPb.: 'Nauka', 135 s.
55. Broome J.C., Ingels C.A. (2014). Pest Notes: Peach leaf curl. UC ANR Publication 7426. 2014, 3 sheets. <http://www.ipm.ucdavis.edu/PDF/PESTNOTES/pnleafcurl.pdf>
56. Хасанов Б.А., Бойжигитов Ф.М., Каримов О.К. и др. (2023). Скручивание листьев персика, биология возбудителя болезни и меры борьбы с ней. *Agrokimyohimoya va o'simliklar karantini* № 4: 20-25 (на узбекском) // Khasanov B.A., Boyjigitov F.M., Karimov O.K. et al. (2023). Skruchivanie list'ev persika, biologiya vobzuditelya bolezni i mery bor'by s ney. *Agrokimyohimoya va o'simliklar karantini* (Uzbekistan), No. 4: 20-25.
57. Pscheidt J.W. (2008). Leaf curl. Page 22 in: Ogawa J.M. et al. (eds.) *Compendium of stone fruit diseases*. APS Press, 2nd printing, 2008, 98 pp.

O'ZBEKISTONDA *PRUNUS* TURKUMI TURLARINING PATOGENLARI SIFATIDA KO'RSATILGAN
ASKOMITSETLARNING TO'RT SINFIGA MANSUB ZAMBURUG' TURLARINING IZOHLI
RO'YXATI

O.K. Karimov, D.T. Turdieva, B.A. Hasanov

Prunus turkumi turlarida dunёda patogen zakmburuғlarining 740+ ta va Ўзбекистонда 130+ тури топилган. Ушбу шарҳ мақолада Ascomycota филуми тўрт синфига кирувчи замбуруғлар рўйхатида 27 тур: Eurotiomycetes ва Taphrinomycetes синфларидан учтадан, Leotiomycetes синфининг 20 та ва Pezizomycetes синфидан 1 тур келтирилган. Улардан дунёнинг бошқа мамлакатларида *Prunus* турларида топилган 8 тур Ўзбекистонда бошқа субстратлардан ажратилган. Барча турлар морфологик белгилари асосида идентификация қилинган, фақат *Podosphaera pannosa* GРЕВ-PP1 турини аниқлашда 4та ген таҳлил қилинган. Ўзбекистондан ДМД ларда ун-шудринглар, монилиозлар, шафтоли барглари бужмайиши ва олхўри мевалари деформацияси муҳим иқтисодий аҳамиятга эга. Баъзи бошқа патогенлар спорадик шаклда учрайди, аммо улар ҳам потенциал хавfli турлардир.

Kalit so'zlar: данак мевали дарахтлар, замбуруғ касалликлари.

ANNOTATED CHECKLIST OF FUNGI FROM FOUR ASCOMYCETE CLASSES REPORTED IN UZBEKISTAN AS *PRUNUS* PATHOGENS

O.K. Karimov, D.T. Turdieva, B.A. Khasanov

According to the literature, more than 740 species of pathogenic fungi can affect *Prunus* spp, From these more than 130 species have been reported to occur in Uzbekistan. This review presents a list of fungal species from four classes of the Ascomycota phylum (Eurotiomycetes, Leotiomycetes, Pezizomycetes, Taphrinomycetes) listed in Uzbekistan as pathogens of stone fruit trees (SFT), and a critical analysis of the available information. The list includes a total of 27 species: 3 species from each of the Eurotiomycetes and Taphrinomycetes classes, 20 species from the Leotiomycetes class, and 1 species from the Pezizomycetes class. Of these, 8 species found in other countries of the world on *Prunus* have been isolated from other substrates in Uzbekistan. All of these species were identified based on morphological characteristics, and only *Podosphaera pannosa* GPEB-PP1 was also identified by analyzing the rRNA nucleotide sequences of 4 genes. The powdery mildews, Monilinia brown rots, peach leaf curl, and plum pocket are the most economically important SFT diseases found in Uzbekistan. Of the other pathogens, 3 species of the genus *Podosphaera* and *Botrytis cinerea* are sporadically found in the country, but they may be a potential threat to the SFT orchards in the future.

Key words: stone fruit trees, fungal diseases.

ЗООЛОГИЯ

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *CALOPTERYX SPLENDENS* (HARRIS, 1780)
(INSECTA: ODONATA) ЮЖНОЙ ЧАСТИ АНДИЖАНСКОЙ ОБЛАСТИ****М.С. ЗОКИРОВА, З.С. АБДУКОДИРОВА, М.М. ИСМОИЛОВА**

Андижанский государственный университет

Автор для переписки: zokirovamohidilhon@gmail.com

В данной статье описаны биоэкологические особенности *Calopteryx splendens* (Harris, 1780) (Insecta: Odonata), распространенного в природных ландшафтах южной части Андижанской области. *Calopteryx splendens* встречается вблизи медленно текущих ручьев, покрытых растительностью. В ходе исследования в лабораторных условиях изучались личинки *Calopteryx splendens*. Для создания естественной среды в аквариуме в лабораторных условиях были созданы небольшие модели настоящих прудов с использованием водной растительности, растущей по берегам проточных прудов, и воды, привезенной из прудов. Личинки стрекоз обычно развиваются в течение двух лет. Изменение температуры воздуха влияет на их развитие. На основе этих данных была создана фенологическая карта репродукции *Calopteryx splendens*.

Ключевые слова: стрекозы, имаго, личинка, Ферганская долина.

Введение. Стрекозы (Odonata) – представители уникального отряда насекомых. Стрекозы – хищные насекомые с довольно крупным и компактным строением. Несмотря на то, что стрекозы являются представителями древней группы, они представляют собой быстро эволюционирующую группу насекомых и широко распространены практически во всех климатических зонах, за исключением Арктики и засушливых регионов. В основном встречаются в тропических регионах, вблизи различных водоемов. Хищные взрослые стрекозы питаются насекомыми. Общая классификация распространения стрекоз сложна из-за их адаптивных особенностей. Многие широко распространенные и экологически пластичные виды могут обитать в различных высотных регионах из-за того, что на стадии личинки они развиваются в разных местах [1]. Обычно в северных регионах встречаются на равнинах, в южных регионах только в горах. Некоторые виды развиваются на равнинах и в предгорьях, взлетая высоко в горы во время летних миграций [2]. Некоторые виды стрекоз совершают облигатные широтные миграции, во время которых встречаются как на равнинах, так и в горах [3].

Поскольку стрекозы выполняют роль промежуточных хищников в агроэкосистемах, сохранение этих видов важно для обеспечения экологической стабильности сообществ насекомых [4,5]. Среди стрекоз вид *Calopteryx splendens* также занимает уникальное место, найдены на всех континентах, кроме Австралии и Антарктиды. Они встречаются на растительности вдоль берегов рек, ручьев и каналов и летают медленно и низко [6,7,8,9,10]. Представители этого вида выделяются среди стрекоз не только своим изящным внешним видом, но и условиями жизни.

В настоящее время известно около 180 видов. Наибольшее разнообразие наблюдается в Юго-Восточной Азии, особенно в Китае [11,12].

Материалы и методы. В качестве района проведения данной научно-исследовательской работы был выбран Мархаматский район Андижанской области Ферганской долины. Материалы, полученные на этой территории в 2022–2024 гг., послужили основой для изучения *Calopteryx splendens*, распространенного в руслах крупных рек и прилегающих к ним каналах, канавах и коллекторах. Место и время обнаружения: Мархаматский район (табл. 1).

Личинки были доставлены в лабораторию из исследуемых природных биотопов. Первичная обработка и анализ собранного материала проводились в лаборатории экспериментальной биологии и экологии Андижанского государственного университета. В соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками было изучено 38 индивида. Эксперименты по изучению биологии личинок проводились в аквариумах объемом 50 литров. Температура воды поддерживалась в пределах

22–28 °С. Для содержания реофильных личинок *Calopteryx splendens* в аквариумах обеспечивалась постоянная аэрация воды с использованием аквариумного компрессора, что позволяло поддерживать достаточный уровень растворённого кислорода и имитировать условия проточных водоёмов. Дополнительно 25–30 % объёма воды заменялось два раза в неделю. Кормление личинок осуществлялось 1–2 раза в сутки дафниями, артемиями и личинками хирономид.

Развитие личинок, смена возрастных стадий и динамика роста изучались по стандартным методам [13].

Таблица 1

Координаты учета, даты и количество пойманных особей *Calopteryx splendens* в районе Мархамат

No	Дата	Индивид	Долгота (N)	Широта (E)
1	18.10.2022	2♀ 6♂	40°28'47.4»N	72°17'20.5»E
2	22.04.2023	8♀ 10♂	40°28'49.0»N	72°17'23.2»E
3	10.05.2023	2♀ 5♂	40°27'43.7»N	72°17'16.5»E
4	25.05.2023	5♀ 8♂	40°27'28.5»N	72°20'39.9»E
5	05.06.2023	3♀ 5♂	40°28'26.8»N	72°19'28.6»E
6	20.06.2022	2♀ 3♂	40°28'36.7»N	72°19'48.6»E
7	02.07.2022	4♀ 6♂	40°31'06.0»N	72°16'21.9»E
8	14.07.2022	7♀ 10♂	40°31'00.7»N	72°16'05.5»E
9	28.07.2023	3♀ 4♂	40°31'25.3»N	72°16'08.6»E
10	5.08.2022	5♀ 7♂	40°31'37.8»N	72°15'55.2»E
11	5.08.2023	2♀ 1♂	40°31'49.9»N	72°16'06.3»E
12	6.08.2022	3♀ 4♂	40°31'47.6»N	72°15'38.7»E
13	6.08.2023	1♀ 2♂	40°31'07.4»N	72°14'22.6»E
14	10.08.2022	2♀ 2♂	40°28'42.1»N	72°20'02.6»E
15	12.08.2023	1♀ 3♂	40°30'06.1»N	72°22'54.3»E
16	15.08.2022	8♀ 12♂	40°32'29.8»N	72°21'43.1»E
17	20.08.2023	5♀ 4♂	40°31'51.6»N	72°20'17.9»E
18	25.08.2024	6♀ 8♂	40°36'56.2»N	72°19'10.7»E
19	03.09.2024	3♀ 4♂	40°37'24.6»N	72°20'59.6»E
20	24.09.2024	5♀ 4♂	40°28'29.0»N	72°16'19.7»E

На местах постоянных исследований и наблюдений особое внимание уделялось питанию, размножению, развитию, плотности популяции, этологическим особенностям отдельных особей, миграционным перемещениям и процессам развития стрекоз. Фенологические наблюдения проводились во все сезоны года, с момента выхода стрекоз из спячки в весенние месяцы и до их возвращения в спячку.

При сохранении и идентификации собранных насекомых использованы методы А.Н. Попова [13], Ю.М. Залесского [14], З.Д. Спурис [15], Б.Ф. Бельшева, А.Ю. Харитоновна [16] и В.Е. Скворцова [17].

Результаты и обсуждения. Распространение и биоэкологические особенности *Calopteryx splendens* в различных регионах района Мархамат следующие:

Отряд Odonata Fabricius, 1793

Подотряд Zygoptera Selys, 1854

Семейство Calopterygidae Selys, 1850

Род *Calopteryx* Leach in Brewster, 1815

Вид *Calopteryx splendens* (Harris, 1780)

Синонимы: = *Calopteryx splendens* (Harris, 1780); = *Agrio cellaris* Selys, 1831; = *Agrio virescens* Selys,

1831; = *Agrion parthenias* Charpentier, 1840; = *Agrion splendens* (Harris, 1780); = *Calopteryx amasina* Bartenev, 1912; = *Calopteryx intermedia* subsp. *cecilia* Bartenev, 1912; = *Calopteryx intermedia* subsp. *persica* Bartenev, 1912; = *Calopteryx ludoviciana* Leach, 1815; = *Calopteryx parthenias* Burmeister, 1839; = *Calopteryx splendens* subsp. *ancilla* Selys, 1853; = *Calopteryx splendens* subsp. *balcanica* Fudakowski, 1930; = *Calopteryx splendens* subsp. *caprai* Conci, 1956; = *Calopteryx splendens* subsp. *cartvelica* Bartenev, 1930; = *Calopteryx splendens* subsp. *ciscaucasica* Bartenev, 1925; = *Calopteryx splendens* subsp. *cretensis* Pongracz, 1911; = *Calopteryx splendens* subsp. *intermedia* Selys, 1887; = *Calopteryx splendens* subsp. *johanseni* Belyshev, 1955; = *Calopteryx splendens* subsp. *mingrelica* Selys, 1869; = *Calopteryx splendens* subsp. *njuja* Kosterin & Sivtseva, 2009; = *Calopteryx splendens* subsp. *pseudosyriaca* Buchholz, 1955; = *Calopteryx splendens* subsp. *taurica* Selys, 1853; = *Calopteryx splendens* subsp. *tschaldirica* Bartenev, 1909; = *Calopteryx splendens* subsp. *tuempeli* Scholtz, 1908; = *Calopteryx splendens* subsp. *waterstoni* Schneider, 1984; = *Coenagrion splendens* (Harris, 1780); = *Libellula ludovicea* Fourcroy, 1785; = *Libellula splendens* Harris, 1780 (Global Biodiversity Information Facility <https://www.gbif.org/fr/species/1427067>).

Распространение: Азербайджан, Бельгия, Болгария, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Италия, Кипр, Литва, Нидерланды, Польша, Российская Федерация, Сербия, Сирийская Арабская Республика, Словакия, Турция, Узбекистан, Украина, Франция, Хорватия, Чешская Республика и Швеция (Global Biodiversity Information Facility <https://www.gbif.org/>).

Calopteryx splendens встречается вблизи медленно текущих ручьев, небольших канав и оврагов с берегами, покрытыми растительностью. Они не улетают на большие расстояния от водоемов. Самки в основном встречаются среди растительности, а самцы летают над водой вдоль побережья. Самка садится на стебли и листья растений у поверхности воды, погружая брюшко в воду по самые крылья, и в таком состоянии откладывает около 300 яиц. Через 14 дней из яиц вылупляются и развиваются личинки.

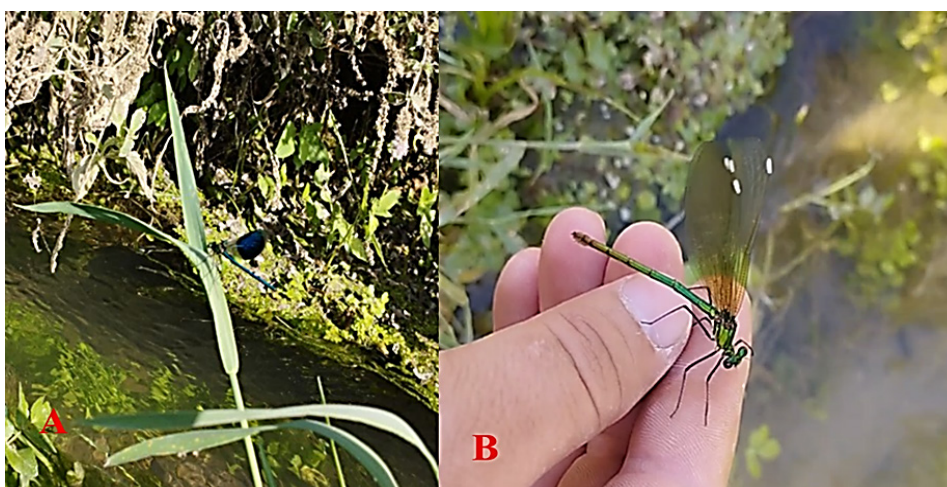


Рис. 1. Внешний вид имаго *Calopteryx splendens*: А – самец, В – самка.

В ходе исследования в лабораторных условиях изучались личинки *Calopteryx splendens*. Наблюдения продолжались с декабря 2022 г. по май 2024 г. Личинки, как правило, реофильны, встречаются только в проточных водоёмах и редко – в стоячей воде (рис. 1). На исследуемых территориях обследования проводились также в декабре на водоёмах, где ранее (до первой декады ноября 2022 г.) отмечалось присутствие имаго стрекоз. В результате личинки *Calopteryx splendens* изучались в лабораторном аквариуме в течение 6 месяцев, начиная с декабря (рис. 2).

Для создания естественной среды в аквариуме в лабораторных условиях были созданы небольшие модели настоящих прудов с использованием водной растительности, растущей по берегам проточных прудов, и воды, привезенной из прудов (рис. 3). Зимой личинки *Calopteryx splendens* встречаются на дне водоемов, на глубине 40-50 см, прячась среди стеблей растений и водорослей. Личинки стрекоз обычно развиваются в течение двух лет. Достигнув взрослого возраста, они забираются на тростник или другое подходящее им растение и впадают в период покоя. Период покоя у них может длиться 2 дня.



Рис. 2. Питание личинок *Calopteryx splendens* в аквариуме.



Рис. 3. Территория отлова самцов и самок *Calopteryx splendens* в Мархаматском районе:
А – дренажный коллектор, В – проточный родник.

В Мархаматском районе в 2022-2024 гг. проводились наблюдения за развитием *Calopteryx splendens*. Согласно научным исследованиям, особи этого вида начинают переходить из личиночной стадии в имагинальное состояние в третьей декаде марта. Число имаго, выходящих из личинок, увеличивается в апреле и мае (рис. 4).

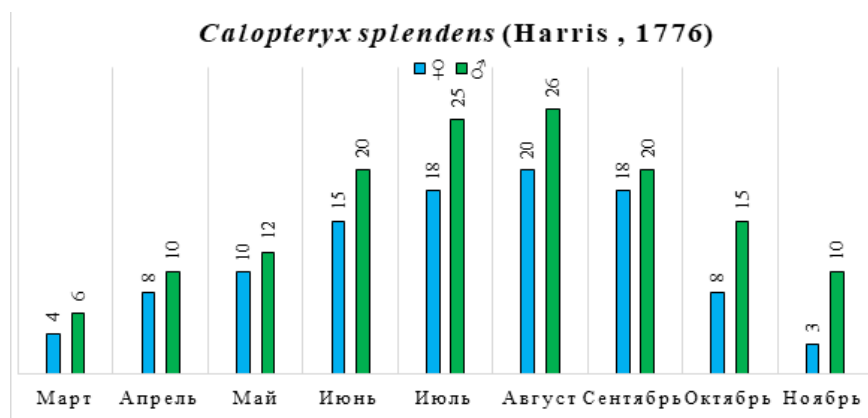


Рис. 4. Сезонная динамика встречаемости *Calopteryx splendens* в Мархаматском районе.

По результатам анализа наших наблюдений было отмечено, что среди особей преобладают самцы – 56%, чем самки – 44%. Наибольшая активность и численность особей *Calopteryx splendens* наблюдается в июле (самцы – до 25 экз., самки – 18 экз.) и августе (самцы – до 26 экз., самки – 20 экз.). Понижение температуры воздуха в октябре и ноябре приводит к снижению их численности (табл. 2).

5. Hashimoto K., Eguchi Y., Oishi H., Tazunoki Y., Tokuda M., S´anchez-Bayo F., Goka K., Hayasaka D. Effects of a herbicide on paddy predatory insects depend on their microhabitat use and an insecticide application // *Ecol. Appl.*, 2019. – N 29. – P. e01945 <https://doi.org/10.1002/eap.1945>
6. Suhling F., Befeld S., H`ausler M., Katur K., Lepkojus S., Mesl`eard F. Effects of insecticide applications on macroinvertebrate density and biomass in rice-fields in the Rhone-delta, France. *Hydrobiologia*, 2000. – N 431. P. 69-79. <https://doi.org/10.1023/A:1004006422334>
7. Иванов П.Ю. Фауна, систематика и распространение стрекоз (Odonata) Юга Российского Дальнего Востока // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - Владивосток, 2003. - С. 3-20. (Ivanov P.Yu. Fauna, sistematika i rasprostranenie strekoz (Odonata) Yuga Rossiyskogo Dal'nego Vostoka // Avtoref. diss. kand. biol. nauk. – Vladivostok, 2003. – S. 3–20).
8. Dumont H.J. 1975a: Endemic dragonflies of late Pleistocene age of the Hula lake area (North Israel), with notes on the Calopterygidae of the rivers Jordan (Israel, Jordan) and Litani (the Lebanon), and description of *Urothemis edwardsi hulae* sub- spec. nov. (Libellulidae). *Odontologica* 4: 1-9.
9. Sadeghi.S., Kyndt T. & Dumont H.J 2010. Genetic diversity, population structure and taxonomy of *Calopteryx splendens* (Odonata: Calopterygidae): An AFLP analysis *Eur. J. Entomol.* 107: 137-146.
10. Stettmer C. 1996: Colonisation and dispersal patterns of banded (*Calopteryx splendens*) and beautiful demoiselles (*C. virgo*) (Odonata: Calopterygidae) in south-east German streams. *Eur. J. Entomol.* 93: 579-593.
11. Hämäläinen M. & Fliedner H. 2022. Etymology of the scientific names of the extant demoiselle damselflies (Odonata: Calopterygidae). *International Dragonfly Fund-Report* 174:1-175.
12. Борисов С.Н. Стрекозы (Insecta, Odonata) Средней Азии и их адаптивные стратегии // Автореф. дисс. ... док. биол. наук. - Новосибирск, 2007. - С. 3-39 (Borisov S.N. Strekozy (Insecta, Odonata) Sredney Azii i ikh adaptivnye strategii // Avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk. - Novosibirsk, 2007. - S. 3–39).
13. Попова А.Н. Личинки стрекоз фауны СССР (Odonata). - М.-Л.: АН СССР, 1953. - С. 5-235 (Popova A.N. Lichinki strekoz fauny SSSR (Odonata). - Moskva-Leningrad: Izd. AN SSSR, 1953. - 235 s.).
14. Залесский Ю.М. О жилковании крыльев стрекоз и поденок и их филогенетическом развитии // Известия Академии наук СССР. Отделение математических и естественных наук, 1932. - № 5. - С. 713-733 (Zalesskiy Yu.M. O zhilkovanii krylev strekoz i podenok i ikh filogeneticheskom razvitii // Izvestiya Akademii nauk SSSR. Otdelenie matematicheskikh i estestvennykh nauk, 1932. - № 5. - S. 713-733).
15. Спурис З.Д. Отряд Odonoptera (Odonata) - стрекозы. Определитель насекомых европейской части СССР // Москва-Ленинград: Наука, 1964. - Т. 1. - С. 137-161 (Spuris Z.D. Otryad Odonoptera (Odonata) - strekozy. Opredelitel' nasekomykh evropeyskoy chasti SSSR. - Moskva-Leningrad: Nauka, 1964. - Т. 1. - S. 137-161).
16. Бельшев Б.Ф., Харитонов А.Ю. Определитель стрекоз по крыльям (роды Бореального фаунистического царства и сопредельных земель, виды фауны СССР). – Новосибирск: Наука, 1977. - С. 3-398 (Belyshev B.F., Kharitonov A.Yu. Opredelitel' strekoz po krylyam (rody Boreal'nogo faunisticheskogo tsarstva i sopredel'nykh zemel', vidy fauny SSSR). – Novosibirsk: Nauka, 1977. - S. 3-398).
17. Скворцов В.Э. Стрекозы Восточной Европы и Кавказа. Атлас - определитель. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – С. 3-623 (Skvortsov V.E. Strekozy Vostochnoy Evropy i Kavkaza. Atlas-opredelitel'. - Moskva: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. - 623 s.).

ANDIJON VILOYATINING JANUBIY QISMIDA TARQALGAN *CALOPTERYX SPLENDENS*
(HARRIS, 1780) (INSECTA: ODONATA) TURINING BIOEKOLOGIK XUSUSIYATLARI

M.S. Zokirova, Z.S. Abdukodirova, M.M. Ismoilova

Ushbu maqolada Andijon viloyatining janubiy qismidagi tabiiy landshaftlarda tarqalgan *Calopteryx splendens* (Harris, 1780) (Insecta: Odonata) turining bioekologik xususiyatlari yoritilgan. *Calopteryx splendens* odatda o'simliklar bilan qoplangan, sekin oqadigan jilg'alar yaqinida uchraydi. Tadqiqot jarayonida ushbu turning lichinkalari laboratoriya sharoitida o'rganildi. Tabiiy muhitni yaratish maqsadida akvariumda oqimli hovuzlar bo'ylarida o'sadigan suv o'simliklari hamda hovuzlardan olib kelingan suvdan foydalanilgan holda kichik tabiiy hovuz modellari tashkil etildi. Ninachilar lichinkalari odatda ikki yil davomida rivojlanadi. Havo haroratining o'zgarishi ularning rivojlanishiga ta'sir ko'rsatadi. Ushbu ma'lumotlar asosida *Calopteryx splendens* ning reproduktiv fenologik xaritasi tuzildi.

Kalit so'zlar: ninachilar, imago, lichinka, Farg'ona vodiysi.

BIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *CALOPTERYX SPLENDENS* (HARRIS, 1780)
(INSECTA: ODONATA) IN THE SOUTHERN PART OF THE ANDIJAN REGION

M.S. Zokirova, Z.S. Abduqodirova, M.M. Ismoilova

This article describes the bioecological characteristics of *Calopteryx splendens* (Harris, 1780) (Insecta: Odonata), which is distributed in the natural landscapes of the southern part of the Andijan region. *Calopteryx splendens* is typically found near slow-flowing streams covered with vegetation. During the study, the larvae of *Calopteryx splendens* were examined under laboratory conditions. To create a natural environment in the aquarium, small models of real ponds were constructed using aquatic plants growing along the banks of running ponds and water brought from those ponds. Dragonfly larvae usually develop over a period of two years. Changes in air temperature influence their development. Based on these data, a phenological map of the reproduction of *Calopteryx splendens* was created.

Key words: dragonflies, imago, larva, Fergana Valley.

ЗООПЛАНКТОН МАЛЬКОВЫХ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ КАРАКАЛПАКСТАНА

Н.А. МЫРЗАМБЕТОВ¹, И.М. МИРАБДУЛЛАЕВ², И.О. ИСРАИЛОВА¹¹Каракалпакский НИИ естественных наук ККО АН РУз, Нукус, Узбекистан²Институт зоологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

E-mail: nmirzambetov@gmail.com

В планктоне изученных прудов отмечено 43 вида зоопланктона, в т. ч. коловратки – 21 вид, ветвистоусые – 13 и веслоногие – 9 видов. Резкое снижение общей численности зоопланктона наблюдалось в течение 7–15 дней после заполнения прудов водой. Первыми достигали максимальной биомассы коловратки (5-10 дни после залития прудов). В дальнейшем максимальной биомассы достигали ветвистоусые (7-21 дни). Максимум биомассы веслоногих приходился на 21-28 дни после залития прудов. Общая биомасса увеличивалась в течение времени эксплуатации прудов.

Ключевые слова: зоопланктон, рыбоводные пруды, сукцессия, биомасса.

Введение. Мальковые пруды – небольшие пруды, в которых в течение 2-3 недель выращиваются личинки прудовых рыб. Подращивание личинок промысловых видов рыб до жизнеспособных стадий является критическим этапом в процессе получения рыбопосадочного материала для рыбоводства. Именно в первые дни после посадки личинок рыб в пруд наблюдается наибольшая их смертность. Это связано, прежде всего, с обеспеченностью личинок пищей, а также с наличием хищников (циклопов и др.). В первые дни жизни личинки рыб питаются преимущественно мелкими формами зоопланктона. После заполнения прудов водой в них происходит экологическая сукцессия – развитие различных видов планктонных и бентосных организмов в определенной последовательности. Знание закономерностей этой сукцессии крайне важно для оптимизации процесса выращивания личинок – определения сроков зарыбления и окончательного вылова мальков, режима искусственного их кормления. Многоклеточный зоопланктон мальковых прудов практически не изучен [1]. В Узбекистане достаточно изучены лишь планктонные инфузории мальковых прудов [2].

Материал и методы. Исследование проводилось в 9 мальковых рыбоводных прудах рыбхозов «Super Baliqlar» (Турткульский район), «Nukus Agro Fish Klaster» и «Salamat Daulet Fishing» (Нукусский район) Республики Каракалпакстан (Узбекистан) в мае-июне в 2021-2023 гг. Всего собрано и обработано 168 проб зоопланктона из 9 прудов.

Пробы отбирали через день, 5-литровым ведром из 10 точек пруда, процеживали через коническую планктонную сеть из капронового сита (№ 76) и фиксировали формалином до конечной концентрации 2-3%. Численность зоопланктона определяли под биноклем «Cole palmer» с помощью штемпель-пипетки и камеры Богорова. Подсчет вели отдельно по разным видам, размерным и возрастным группам, половой принадлежности. Биомассу зоопланктеров рассчитывали по известным формулам аллометрического роста связывающих индивидуальные веса зоопланктеров с их линейными размерами [3].

Результаты и обсуждение. Площадь прудов 0,25-3,5 га, глубина 0,5-2,0 (в основном 0,7-1,0) м. Общая минерализация воды 700-1600 мг/л, в среднем 1150 мг/л. Температура 25-32 С. Прозрачность 30-80 см по диску Секки. В прудах подращивалась молодь белого толстолобика и/или карпа при начальной плотности посадки 0,6-5,0 млн. шт./га.

В планктоне изученных мальковых прудов Каракалпакстана отмечено 43 вида зоопланктона, из которых коловратки были представлены 21 видом, ветвистоусые ракообразные 13 и веслоногие 9 видами, представленными обычными для гидрофауны Узбекистана формами [4, 5]. Доминирующими видами были *Hexarthra mira* Hadson, 1871, *Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783, *Br. angularis* Gosse, 1851, *Br. calyciflorus* Pallas, 1766, *Keratella valga* Ehrenberg, 1834, *Asplanchna sieboldi* Leydig, 1854, *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943, *Diaphanasoma macrophtalma* Korovchinsky et Mirabdullaev, 1995, *Moina weismanni* Ishikawa, 1896, *M. micrura* Kurz, 1875, *Phyllodiatomus blanci* Guerne et Richard, 1896, *Acanthocyclops trajani* Mirabdullaev et Defaye, 2004, *Thermocyclops taihokuensis* Harada, 1931.

Преобладали эвригалинные и пресноводные виды. Из тепловодных и тропических форм отмечены *Anuraeopsis fissa* Gosse, 1851, *Lecane papuana* Murray, 1913, *Diaphanasoma macrophtalma*, *Moina weismanni*, *Thermocyclops taihokuensis*, *Th. vermifer* Lindberg, 1935, *Mesocyclops pehpiensis* Hu, 1943, *Microcyclops pachypina* Lindberg, 1937, *Phyllodiptomus blanci*.

Удивительно, что в исследованных мальковых прудах Каракалпакстана не обнаружена *Moina macroscopa* Straus, обычный компонент зоопланктона мальковых и нерестовых прудов Узбекистана [5]. Это можно объяснить тем, что эти пруды Каракалпакстана новые, еще очевидно без эфиппиумов *M. macroscopa*.

В целом обнаруженные таксоны зоопланктона хорошо известны в разнотипных водоемах Узбекистана [4, 5]. *Diaphanasoma dubium* Manuilova, 1964 и *Macrocyclops albidus* Jurine, 1820 для фауны Каракалпакии указаны впервые.

Как правило, каждый вид зоопланктеров давал лишь один пик численности, хотя один и тот же вид мог достигать его на разных стадиях сукцессии. Для всех видов зоопланктеров были характерны резкие изменения численности (рис. 1, 2).

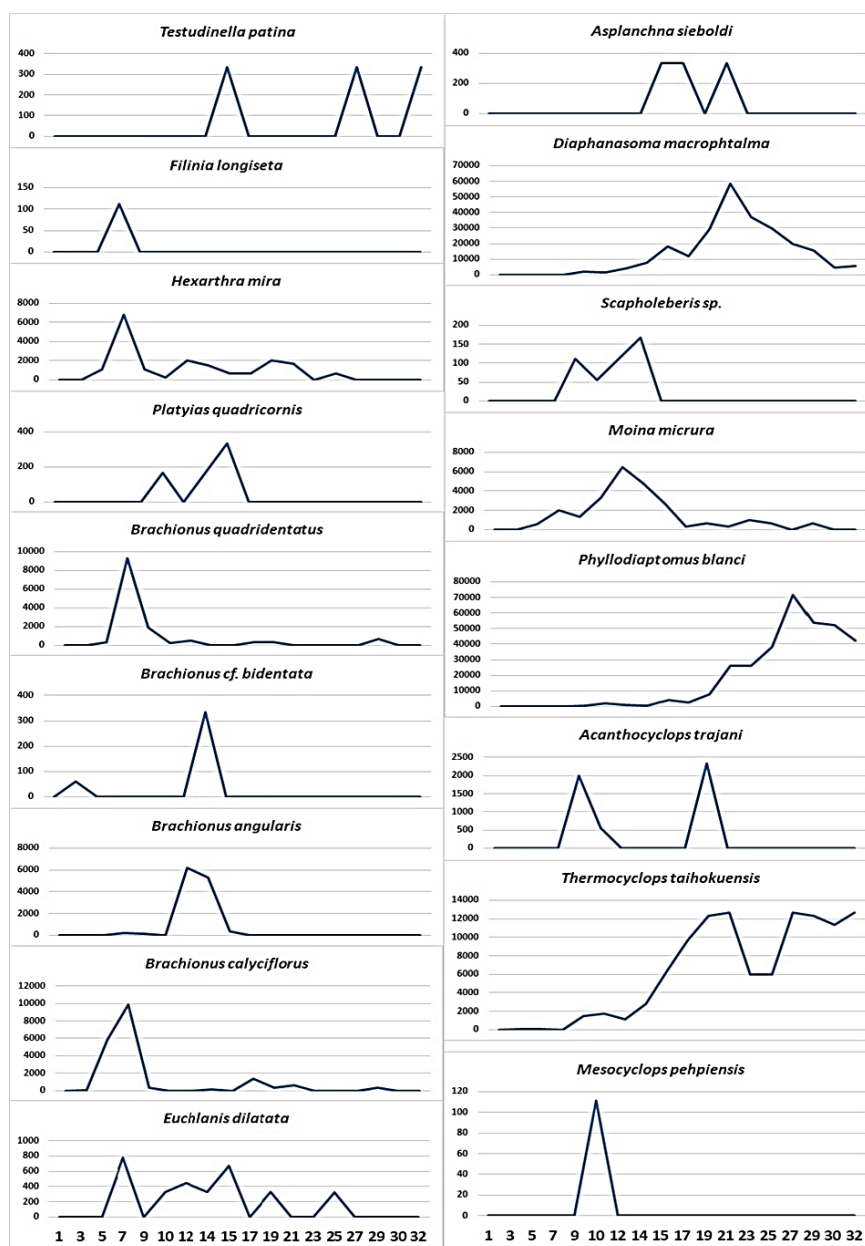


Рис. 1. Динамика численности зоопланктона в пруду рыбхоза «Nukus Agro Fish Klaster», 27.05-27.06.2021 (ось ординат – численность (экз./м³), ось абсцисс – дни с начала заливия пруда).

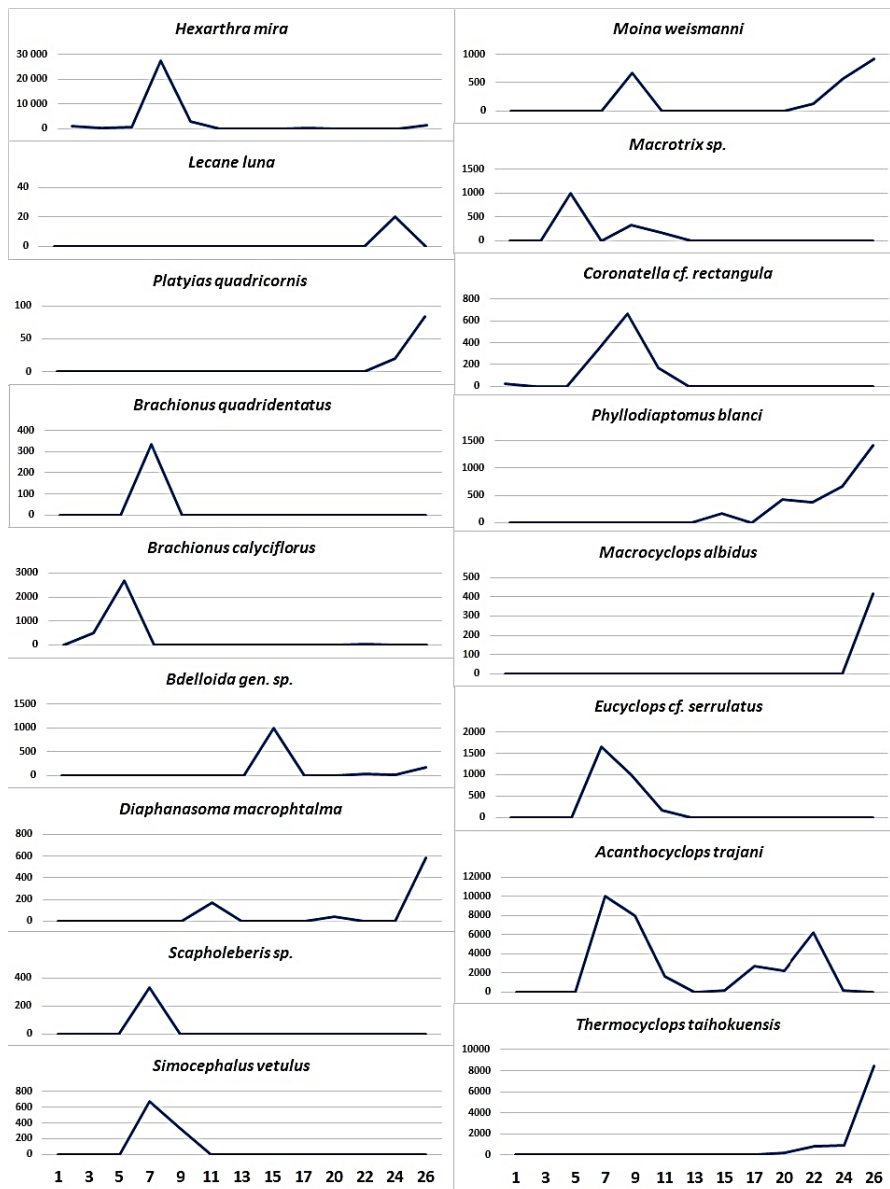


Рис. 2. Динамика численности зоопланктона в пруду SB1 рыбхоза «Super baliqlar», 27.05-21.06.2022 (обозначения как на рис. 1).

Средняя за сезон численность зоопланктона была индивидуальна для каждого пруда и колебалась от 13,8 до 170,7 тыс. экз./м³. Пруды SB1 (2022 г.), SB3 (2022 г.) и SB4 (2022 г.) характеризовались очень низкой средней численностью зоопланктона за сезон и составляли 13,8; 25,8 и 21,1 тыс. экз./м³ соответственно. Очень низкая средняя численность зоопланктона за сезон может быть обусловлена обильным развитием в этих прудах ракообразного *Leptestheria dahalacensis* (Ruppel, 1837) (отряд *Conchostraca*). Эти ракообразные взмучивают ил, снижают прозрачность воды, подавляют развитие фитопланктона, забивают фильтровальный аппарат и пищеварительную систему зоопланктеров.

Просматриваются определенные закономерности сукцессии количественного развития зоопланктона. Как правило, резкое снижение общей численности зоопланктона наблюдалось в течение 7–15 дней после заполнения прудов водой (рис. 3). Первыми достигали максимальной биомассы коловратки (5-10 дни после залития прудов). В дальнейшем максимальной биомассы достигали ветвистоусые (7-21 дни). Максимум биомассы веслоногих приходился на 21-28 дни после залития прудов.

Биомасса зоопланктона во всех прудах имела тенденцию к увеличению к концу периода функционирования прудов (рис. 4), главным образом за счет развития копепод *Th. taihokuensis* и *Ph. blanci*.

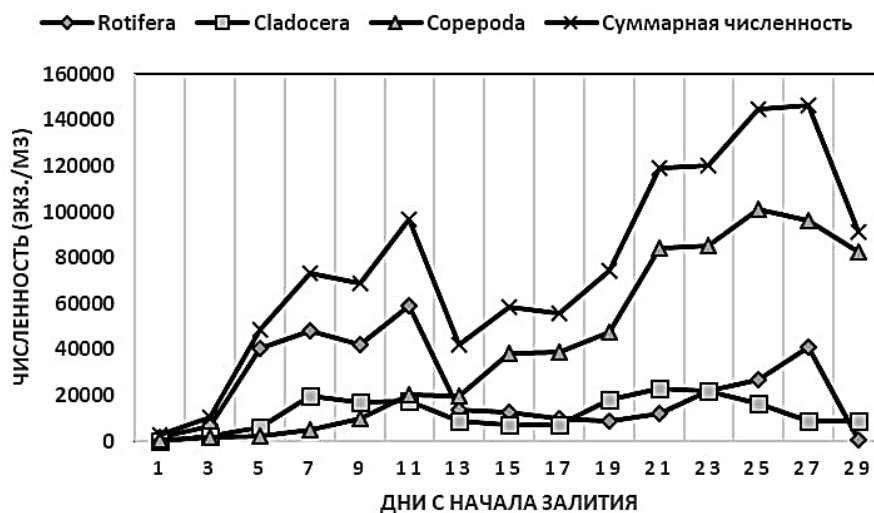


Рис. 3. Средние значения динамики численности отдельных таксономических группы зоопланктона.

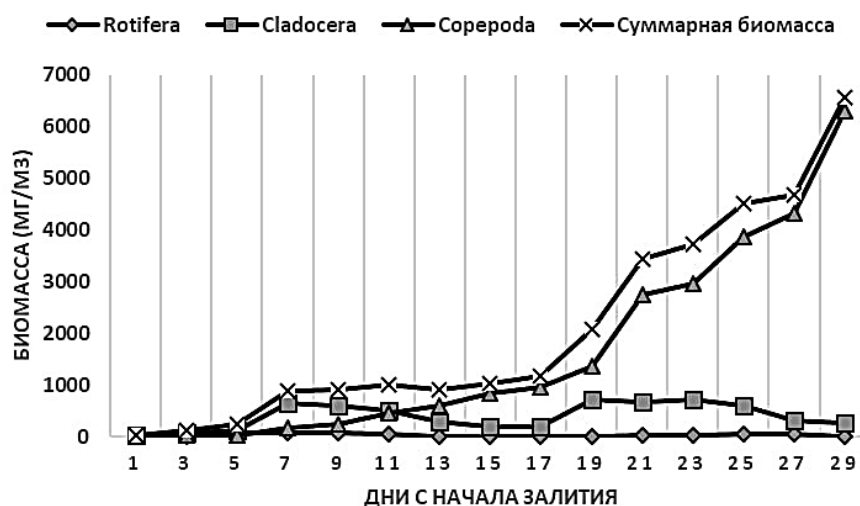


Рис. 4. Средние значения динамики биомассы отдельных таксономических группы зоопланктона.

Нечто подобное отмечено И.М. Мирабдуллаевым [6] при исследовании сукцессии мирного зоопланктона мальковых и нерестовых прудов Ташкентской области – она была направлена в сторону увеличения размеров зоопланктеров: инфузории > коловратки > ветвистоусые.

Сукцессия многоклеточного (метазойного) планктона в мальковых прудах отличается от сукцессии инфузорного (протозойного) планктона принципиально отличается отсутствием начальной стадии с доминированием эфемерной фауны [3, 6].

Заключение. Последовательность развития зоопланктона в мальковых прудах определяет сроки их использования. Зарыбление прудов необходимо проводить в период с 3-го по 6-ой день с начала их заливки, так как лишь в этот период личинки рыб будут обеспечены достаточным количеством микрозоопланктона (инфузории и коловратки). Максимальный срок эксплуатации мальковых прудов в условиях Каракалпастана не должен превышать 15 дней. К этому времени количественные показатели развития зоопланктона резко снижаются в связи с выеданием мальками.

Конкретный вклад авторов: М.Н.А. – сбор, обработка материала, написание статьи; М.И.М. – написание, редактирование статьи; И.И.О. – обработка материала, редактирование статьи.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках базового финансирования КНИИЕН и проекта FZ-2020092633 АИР РУз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мырзамбетов Н.А., Мирабдуллаев И.М. (2022) Зоопланктон рыбоводных мальковых прудов Центрального района Каракалпакстана. Узбек. биол. журн. 1: 56-62. //Myrzambetov N.A., Mirabdullayev I.M. (2022) Zooplankton rybovodnykh mal'kovykh prudov Tsentral'nogo rayona Karakalpakstana. Uzbek. biol. zhurn. 1: 56-62.
2. Мирабдуллаев И.М. (1988) Развитие планктонных инфузорий в мальковых прудах Ташкентской области. Узбек. биол. журн. 6: 62-65. //Mirabdullayev I.M. (1988) Razvitiye planktonnykh infuzoriy v mal'kovykh prudakh Tashkentskoy oblasti. Uzbek. biol. zhurn. 6: 62-65.
3. Салазкин А.А., Иванова В.А., Огородникова В.А. (1984) Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Ленинград, 24 с. //Calazkin A.A., Ivanova V.A., Ogorodnikova V.A. (1984) Metodicheskiye rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoyemakh. Zooplankton i yego produktsiya. Leningrad, 24 s.
4. Гинатуллина Е. (2013) Зоопланктон трансформированных минерализованных озер Узбекистана. Saarbrücken: Lap Lambert Acad. Publ, 136 p. //Ginatullina Ye. (2013) Zooplankton transformirovannykh mineralizovannykh ozer Uzbekistana. Saarbrücken: Lap Lambert Acad. Publ, 136 p.
5. Кузметов А.Р. (1998) Зоопланктон рыбоводных прудов Узбекистана: Автореферат дисс. канд. биол. наук. Ташкент: ИЗ АН РУз. 20 с. //Kuzmetov A.R. (1998) Zooplankton rybovodnykh prudov Uzbekistana: Avtoreferat diss. kand. biol. nauk. Tashkent: IZ AN RUz. 20 s.
6. Мирабдуллаев И.М. (1985) Планктонные инфузории рыбоводных прудов Узбекистана. Автореферат дисс. канд. биол. наук. Москва: МГУ. 17 с. //Mirabdullayev I.M. (1985) Planktonnyye infuzorii rybovodnykh prudov Uzbekistana. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk. Moskva: MGU. 17 s.

QORAQALPOG'ISTONNING CHAVOQ O'STIRUVCHI BALIQCHILIK HOVUZLARI ZOOPLANKTONI

N.A. Mirzambetov, I.M. Mirabdullaev, I.O. Israilova

O'rganilgan hovuzlar planktonida zooplanktonlarning 43 turi, jumladan, kolovratkalar – 21 tur, shoxdormo'yovlilar – 13 va eshkakoyoqlilar – 9 tur qayd etildi. Hovuzlar suv bilan to'ldirilgandan keyin 7-15 kun davomida zooplanktonlar umumiy sonining keskin kamayishi kuzatildi. Birinchi bo'lib kolovratkalar maksimal biomassasiga erishadi (hovuzlar suv bilan to'ldirilgandan keyin 5-10 kun). Keyinchalik shoxdormo'yovlilar (7-21 kun) maksimal biomassaga erishadi. Eshkakoyoqlilar biomassasining maksimal rivojlanishi hovuzlarga suv quyilgandan keyin 21-28 kunlarga to'g'ri keladi. Hovuzlardan foydalanish davrida umumiy biomassa ortib boradi.

Kalit so'zlar: zooplankton, baliqchilik hovuzlari, suksessiya, biomassa.

ZOOPLANKTON OF FRY FISHPONDS IN KARAKALPAKSTAN

N.A. Mirzambetov, I.M. Mirabdullayev, I.O. Israilova

Forty-three species of zooplankton were recorded in the plankton of the studied ponds, including 21 rotifers, 13 cladocerans, and 9 copepods. A sharp decline in the total zooplankton abundance was observed 7–15 days after filling the ponds with water. Rotifers were the first to reach their maximum biomass (5–10 days after pond flooding). Cladocera subsequently reached their maximum biomass (7–21 days). Copepod biomass peaked 21–28 days after pond flooding. The total biomass increased throughout the pond operation period.

Key words: zooplankton, fishery ponds, succession, biomass.

ПЕРИФИТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ОЗЕР БУХАРСКОГО ВИЛОЯТА

З.А. МУСТАФАЕВА

Институт зоологии Академии наук Узбекистана

Автор для переписки: zuri05@mail.ru

В статье приводятся исследования таксономической структуры и видового состава перифитонных сообществ соленых озер Бухарского вилоята летнего периода 2025 г. Было исследовано 4 озера: Денгизкуль, Замонбобо, Каракыр и Аякагитма. В летнем перифитоне всего было отмечено 203 вида водных организмов. Наиболее обильно и разнообразно представлены виды из группы продуцентов 180 видов и форм микроводорослей и 23 вида организмов из группы консументов.

Ключевые слова: соленые озера, перифитон, таксономическая структура, видовой состав.

Введение. Водоемы Узбекистана играют важную роль в поддержании окружающей среды в условиях аридного климата. Так водные ресурсы Бухарского вилоята ограничены, и лишь небольшие оазисы, расположенные на юге в низовьях рек Зеравшан и Амударья, обеспечивают орошение земель. На территории Бухарской области имеются более 10 больших и малых озер и несколько минеральных источников, в том числе: Денгизкуль, Замонбобо, Каракыр, Аякагитма, Хадича, Шорколь, Мокси-Хоса и другие. Эти водные объекты играют важную роль в формировании климата региона, а также в формировании почвенных и геоэкологических условий. Большинство озер Бухарского вилоята являются солоноватоводными накопителями коллекторно-дренажных вод.

Водоемы-накопители коллекторно-дренажных стоков и возвратных оросительных вод образуют принципиально новую группу водоемов антропогенного происхождения, где сформировались характерные биологические комплексы водных биоценозов за исключением сезонов с повышенной мутностью, оказывающей угнетающее воздействие на их развитие. Несмотря на общность происхождения, они имеют свои индивидуальности, т.к. прежде всего, различаются по форме, размерам и возрасту, характеризуются разной относительной глубиной и площадью мелководий и, соответственно, разной степенью развития литоральной зоны и её зарастаемости водно-болотной растительностью. Температурный режим исследованных водоемов сходен, однако разные морфологические и батиметрические показатели делают температурный режим более или менее оптимальным для развития гидробионтов. Рациональное использование биологической продуктивности этих водных экосистем в рыбохозяйственных целях является актуальнейшей задачей сегодняшнего дня.

Целью и объектом исследования был перифитон, который является одним из самых сложных сообществ в водных экосистемах.

Материалы и методы. Перифитон (обрастания) – сообщества в состав которых входят представители трех основных функциональных групп: автотрофные организмы – продуценты, гетеротрофные – консументы (простейшие, коловратки, черви, мшанки и др.) и редуценты – разнообразные формы бактерий и грибы (зооглейные, нитчатые, палочковидные, кокковидные и др. формы).

Соскобы обрастаний производили с помощью скребка, скальпеля и пинцета в основном с талломов высшей водной растительности, а именно с рдестов гребенчатого и курчавого, хары, стеблей тростника, камыша и рогоза, затопленных камней. Небольшое количество отобранного материала вместе с водой помещали в широкогорлую банку с крышкой емкостью 0,5 л и консервировали 40% формалином.

Для сбора и проведение аналитических работ полевого материала были использованы общепринятые гидробиологические методы и методики [1, 2] с использованием определителей по группам организмов перифитона [3-9]. Заключение об экологическом состоянии по показателям перифитона делали с учетом сведений о видовом составе, разнообразии и частоте встречаемости видов.

Озеро Денгизкуль – бессточное солоноватое озеро в Узбекистане. Является государственным заказником; включено в список Рамсарской конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение в связи с местообитанием птиц. Озеро Денгизкуль находится на юге Бухарского

вилоята, в Алатском тумане недалеко от границы с Туркменистаном. Расположено в тектонической впадине на высоте 181,5 метра над уровнем моря. Постоянной береговой линии водоём не имеет. Площадь – 267 км², объём – 2,7 км³, длина – 43,3 км, наибольшая ширина – 9 км, ширина в наиболее узком месте – 22 метра, глубина 1,5 м [10]. Денгизкуль пополняется за счёт сбросовых вод нескольких коллекторов, а также вод, которые просачиваются с полей. В период паводка озера достигает протока Зеравшана Тайкыр. На дне озера залегают отложения поваренной соли мощностью около полуметра, т.е. солоноватое озеро (рис. 1).

Озеро Замонбобо (Соленое) – солоноватоводный сточный водоем, расположено на территории Каракульского района Бухарской области Узбекистана. Питается за счет сбросных коллекторно-дренажных вод, поступающих с восточной части через Западно-Ромитанский, с юго-востока через Каттакуль-джейлиский, с юга – через Каракульский коллекторы. Общая площадь водоема в настоящее время 7940 га (первоначально 5700 га), длина 8,8 км, ширина 5,1 км, максимальная глубина 8 м, преобладающие глубины: 1-2 м, объем воды 250-300 млн/м³, прозрачность до 2,7 м (по диску Секки). Береговая линия изрезанная и пологая; характер донных отложений – серый ил с наносами песка; дно достаточно ровное, заросшее высшей водной растительностью [11]. Прибрежная водная растительность развита хорошо до 100% проективное покрытие по берегу и представлены видами: роголистником погруженным *Ceratophyllum demersum* L., рдестами *Potamogeton pectinatus* L., *P. crispus* L., тростником *Phragmites communis* L., рогозом *Typha angustifolia* L., харой *Chara sp.* Озеро зарастает неравномерно и носит фрагментарный характер, в прибрежной зоне господствуют преимущественно тростники и рогозы (рис. 1).

Озеро Каракыр – соленый сточный водоем, находится в Пешкунском районе Бухарского вилоята Узбекистана. Водоём, расположенный в низовьях бассейна Зеравшан, входит в состав государственного заказника «Кара-Кир» [12]. По химическому составу и по соотношению ионов, вода Кара-кыр относится к хлоридно-сульфатной группе. Содержание SO₄ равнялось 369,9 мг/л, хлоридов-170-260 мг/л. Общая площадь озера составляет 11-12 тыс.га. Объем воды около 160-200 млн. м³. Глубина – до 23 м в центральной части, минимальная глубина 5-8 м (10-15% площади), средняя глубина 2,5-3,0 м (65-85% общей площади) [13]. Летом за счет большого испарения и с уменьшением поступления воды большая часть (40-55%) водоёма высыхает. Северо-восточная береговая сторона пологая и голая, практически без прибрежной растительности. Южный берег представлен закреплёнными песками с барханами, берег обрывистый, местами с водной растительностью из тростника и рогоза. Питание озера происходит за счет сборных вод, поступающих из Северного коллектора, который отводит стоки в оз. Каракыр с территории Ромитанского, Пешкунского, Шафирканского, Гиждуванского районов на площади 16,3 тыс. га [12] (рис. 1).



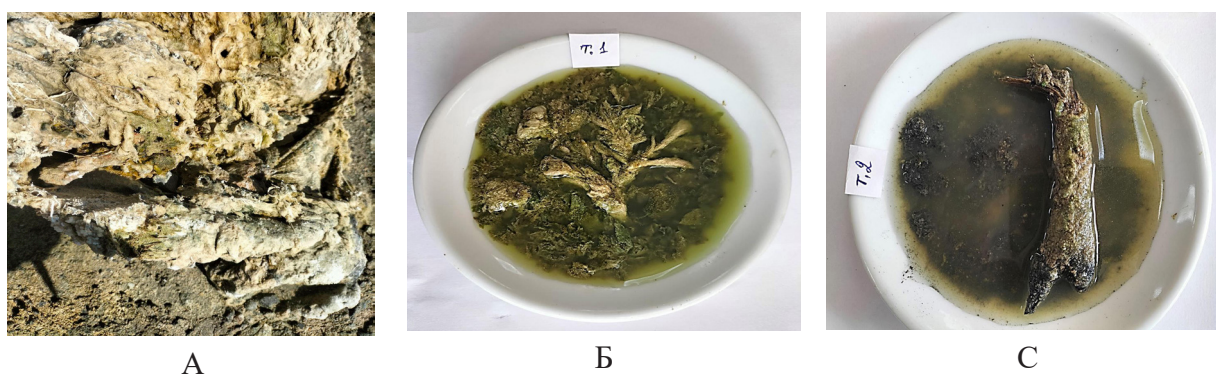
Рис. 1. Карта-схема водоемов Бухарской области.

Озеро Аякагитма (Агытминская котловина) – солоноватоводный сточный водоем, расположено на дне одноименной бессточной впадины в 60 км к северу от г. Шафиркан в южной части пустыни Кызылкум к юго-востоку от горного хребта Кульджуктау. Длина озера 35 км, ширина 15 км, площадь примерно 600 км² [14]. Площадь озера – около 11 тысяч га. Оно было образовано дренажными водами в конце 80-х годов. Водой озеро пополняется зимой и весной, в основном с реки Зарафшан. Поливное озеро с большим количеством рыболовных хозяйств по всему берегу. Аякагитма окружена солончаками, песчаной пустыней и обрывами. Система Агитминского сброса, водоприемником которого является Аякагитминская впадина дренирует территорию Гиждуванского и Шафирканского районов на площади 16,2 тыс. га [12] рис. 1.

Результаты и их обсуждение. Внешне обрастания перифитона выглядели в основном как светло-серые, бурые и зеленые налеты, пленки и жесткие образования/наслоения на стеблях макрофитов, слизистые на ощупь и жесткие образования на камнях и образованиями темно-зеленых «плюшек» синезеленых вперемешку с глиной на затопленных поверхностях камней, песка, глины (рис. 2-4).

Озеро Денгизкуль – солоноватый водоем, вода на момент сбора полевого материала прозрачная с зеленоватым оттенком. Прозрачность по диску Секки на расстоянии от берега 5 м – до 1 м. Температура воды +23°C, температура воздуха +33°C. По дну наносы серой глины, под ней черный ил вперемешку с песком и солью. Запах разлагающейся растительности и сероводорода. Уровень воды спал, обнажив камни с жесткой серого цвета нитчаткой и плюшками синезеленых водорослей по прибрежной полосе (точка 1).

В срединной точке 2 озера Денгизкуль вода отошла от берега на 12-15 м; прозрачная с голубоватым оттенком на глубинах. Прозрачность по диску Секки до дна 0,7-1,0 м на расстоянии 25 м от берега. На дне озера залегают отложения соли мощностью около полуметра, т.е. песок, вперемешку с глиной и солью, черный ил с сильным запахом сероводорода. Температура воды +24°C, температура воздуха +33,5°C. В прибрежной зоне выброс подсохшей нитчатки (рис. 2, А).



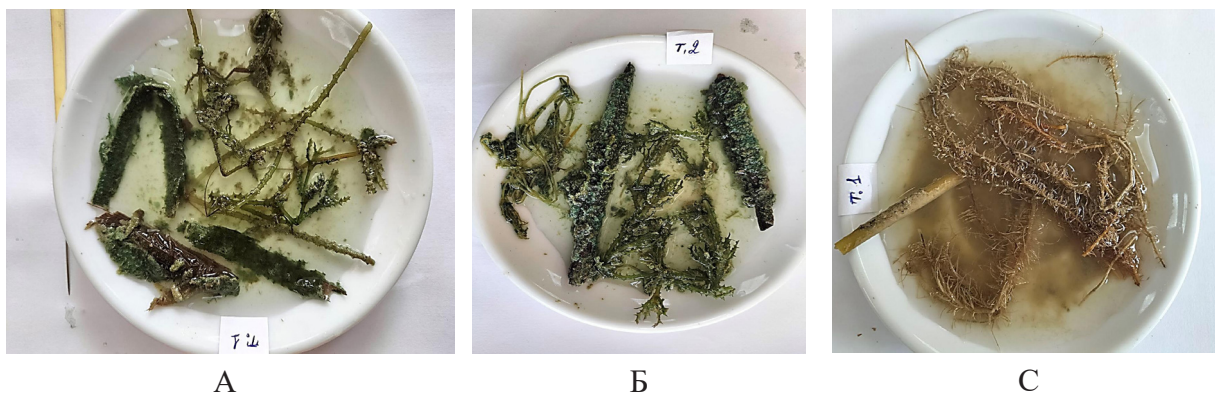
оз. Денгизкуль

Рис. 2. Оз. Денгизкуль, нитчатка с солевыми отложениями: А, Б – т.1 впадение в озеро; спад уровня воды и внешний вид обрастаний на камнях, 20.08.2025 г.; С – т.2 черные илы, плюшки синезеленых и серовато-зеленые обрастания на ветке, 20.08.2025 г.

Озеро Замонбобо (Соленое) – солоноватоводный сточный водоем, вода на момент сбора полевого материала прозрачная с зеленоватым оттенком. Прозрачность по диску Секки на расстоянии от берега 50-100 м – 1,5 и 1,75 м. Температура воды +25°C, температура воздуха 33°C. Характер донных отложений – серый ил с наносами песка, глины вперемешку с солью; дно достаточно ровное, заросшее высшей водной растительностью. Запах разлагающейся растительности. Прибрежная водная растительность развита хорошо и представлена тростником и рогозом, стебли которых покрыты синезелеными, зелеными и буроватыми обрастаниями (рис. 3, А, Б).

Озеро Аякагитма – бессточная впадина, расположена на дне одноименной впадины в 60 км к северу от г. Шафиркан. Озеро Аякагитма окружено солончаками, песчаной пустыней и обрывами (подающий канал).

Вода на момент сбора полевого материала от серовато-зеленого до буроватого оттенка. Прозрачность по диску Секки на расстоянии от берега 0,5-1,0 м – 0,50-0,70 м. Температура воды +28,5°C, температура воздуха +33°C.



А

Б

С

оз. Замонбобо

оз. Аякагитма

Рис. 3. – оз.Замонбобо: А – т.1, 15 м от берега, 21.08.2025 г.; Б – т.2, 100 м от берега, 21.08.2025 г.; С – оз.Аякагитма, т.1, подающий канал в озеро, 24.08.2025 г.

Характер донных отложений – глина с наносами бурого цвета, дно достаточно ровное, заросшее высшей водной растительностью (тростник). Запах разлагающейся растительности (рис. 3, С).

Озеро Каракыр – соленый сточный водоем, питание которого происходит за счет сборных вод, поступающих из Северного коллектора. Вода на момент сбора полевого материала серовато-зеленого. Прозрачность по диску Секки на расстоянии от берега 15-30 м – 1,0-1,75 м. Температура воды +38,2°C, температура воздуха +27°C. Характер донных отложений – серый песок, глина, черные илы, дно достаточно ровное, заросшее высшей водной растительностью (ассоциации рдестов гребенчатого, курчавого, хары, тростника, рогоза и др.). Запах разлагающейся растительности, выделение пузырьков газа сероводорода. На макрофитах бурые, синезеленые и зеленые обрастания (рис. 4).



А

Б

оз. Каракыр

Рис. 4. – оз. Каракыр: А – т.1, 50 м от берега, 23.08.2025 г.; т.2, 15 м от берега, 23.08.2025 г.

Всего в отобранных в августе семи пробах перифитона по водоемам Бухарской области обнаружено 203 вида водных организмов, из которых 180 видов из группы продуцентов (микроводоросли) и 23 вида из группы консументов.

Доминирующую группу в пробах составили продуценты – 180 видов, разновидностей и форм микроводорослей, из которых синезеленых (Cyanophyta) – 50 видов, диатомовых (Bacillariophyta) – 97 видов, зеленых (Chlorophyta) – 26 видов, 6 видов динофитовых (Dinophyta) и 1 вид криптофи-

товых (Cryptophyta). Таксономический состав перифитона исследованных участков озер Бухарского вилоята представлен в таблице.

Таксономический состав летнего перифитона озер Бухарского вилоята (15-26.08.2025 г)

Таксон/ водоемы	оз. Денгизкуль		оз. Замонбобо		оз. Каракир		оз. Аякагитма
	точка 1	точка 2	точка 1	точка 2	точка 1	точка 2	точка 1
CYANOPHYTA	28	19	36	33	41	30	27
BACILLARIOPHYTA	55	48	65	58	39	48	67
CRYPTOPHYTA	-	-	1	1	1	1	1
DINOPHYTA	3	-	2	2	5	6	3
CHLOROPHYTA	7	4	22	23	13	10	13
Кол-во видов микроводорослей	93	71	126	117	99	95	111
Кол-во видов консументов/редуцентов	3	5	7	7	11	14	8
Общее количество видов в пробе	96	76	133	124	110	109	119

Примечание: оз. Денгизкуль, точка 1 – впадение в озеро, 20.08.2025 г.; точка 2 – срединная часть озера, 20.08.2025 г.; оз. Замонбобо, точка 1 – 15 м от берега, 21.08.2025 г.; точка 2 – 100 м от берега, 21.08.2025 г.; оз. Каракир, точка 1 – 50 м от берега, 23.08.2025 г.; точка 2 – 15 м от берега, 23.08.2025 г.; оз. Аякагитма – точка 1, впадающий канал в озеро, 24.08.2025 г.

В семи летних пробах перифитона, исследованных участков озер Бухарской области было отмечено обильное развитие синезеленых (Cyanophyta) водорослей, их количество варьировало от 19 до 41 вида (табл. 1). Доминирующую группу синезеленых в обрастаниях составляли как колониальные, так и представители нитчатых форм водорослей, которые являются широко-распространенными пресноводно-солонатоводными и солонатоводными из родов *Merismopedia*, *Microcystis*, *Synechocystis*, *Aphanothece*, *Gloeocapsa*, *Gomphosphaeria*, *Oscillatoria*, *Spirulina*, *Phormidium*, *Lyngbya* и др. Массовыми видами в пробах были: *Merismopedia glauca* (Ehr.) Nag., *M.elegans* A.Br., *M.tenuissima* Lemm., *Microcystis aeruginosa* Woron., *Gomphosphaeria aponina* Kütz., *Cyanothrix Gardneri f.anabaeniformis* I.Rissel., *Oscillatoria brevis* (Kütz.) Gom., *Osc.amphibia* Ag., *Osc.formosa* Bory, *Osc.limosa* Ag., *Osc.tenuis* Ag., *Phormidium ambiguum* Gom., *Ph.autumnale* (Ag.) Gom., *Ph.papillaterminatum* Kissel., *Spirulina tenuissima* Kütz., *Lyngbya Kuetzingii* (Kütz.) Schmidle и др.

В летний период доминирующей группой (39-67 видов) были диатомовые (Bacillariophyta) водоросли, которые представлены как широко-распространенными планктонными пресноводно-солонатоводными формами диатомей родов *Melosira*, *Cyclotella*, *Synedra*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, так и солонатоводными видами, характерными для фитобентоса эврибионтных β -, β - α и α -мезосапробных условий родов *Epithemia*, *Mastogloia*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, *Amphora* и др. Наиболее обильное развитие эврибионтных видов диатомей было характерно для озера Замонбобо (*Amphora holsatica* Hust., *Amp.coffeaformis* Ag., *Amp. veneta* Kütz., *Amp.robusta* Greg., *Amp.commutata* Greg., *Amp.ovalis* Kütz., а так же *Epithemia arcus* Kütz., *E.turgida* (Ehr.) Kütz., *E.sorex* Kütz., *Mastogloia Smithii* Thw. и ее вариация, *M.lanceolata* Thw., *M.elliptica* (Ag.) Cl., *M.Braunii* Grun., *M.pumilla* (Grun.) Cl.

Массовое развитие зеленых (Chlorophyta) водорослей наблюдалось в озерах Замонбобо (22-23 вида), Каракир и Аякагитма (10-13 видов), которые были представлены в основном широко-распространенными планктонными β -мезосапробными хлорококковыми, протококковыми, десмидиевыми из родов *Chlocooccus*, *Oocystis*, *Chlorella*, *Cosmarium*, *Closterium*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus* и нитчатками родов *Ulothrix*, *Spirogyra*, *Cladophora* и др., отдельные виды которых являются выраженными галофилами и предпочитают высоко эвтрофированные и заросшие водоемы.

Необходимо отметить, что в пробах обрастаний, отобранных с затопленных макрофитов, были отмечены организмы из группы консументов: простейшие (Ciliata), коловратки (Rotifera), ракообраз-

ные (Copepoda), мшанки, личинки хирономид, нематоды, олигохеты и др.

Пункты отбора проб перифитона представляют собой места с небольшой глубиной (0,50-1,75 м), хорошо прогреваемые и заросшие высшей водной растительностью (тростник, камыш, рогоз) поэтому здесь преобладают виды, которые предпочитают высоко эвтрофированные водоемы.

Заключение. На основании полученных результатов по показателям перифитона можно сделать следующие выводы:

- доминантный комплекс перифитонных сообществ исследованных участков озер Бухарского вилоята наиболее разнообразно представлен, прежде всего, продуцентами: диатомовыми, синезелеными, зелеными и с невысоким обилием динофитовыми и криптофитовыми водорослями.

- водные биоценозы представлены в основном широко-распространенными α - β - и β -мезосапробными видами в озере Каракыр, и Аякагитма (канал), и β - α -, α -мезосапробными видами организмов в озерах Замонбобо и Денгизкуль.

- анализ экологических характеристик обнаруженных в перифитонных сообществах организмов свидетельствует о том, что в условиях современной минерализации воды озер видовой состав обрастаний представлен в основном пресноводно-солонатоводными, солонатоводными и солонатово-морскими формами организмов.

Данная научно-исследовательская работа выполнена в рамках научно-исследовательской программы Института зоологии Академии наук Республики Узбекистан на 2025-2029 годы «1.2. Создание цифровой информационной системы животного мира Бухарской и Навоийской областей», финансируемой за счет средств государственного бюджета.

Выражаю благодарность сотрудникам Лаборатории ихтиологии и гидробиологии м.н.с. С.М. Намозову и докторанту Б.Ж. Собирову за помощь в сборе полевого материала.

Вклад автора. Автор статьи непосредственно участвовал в сборе полевого материала, проведении камеральной обработке и анализе проб перифитона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мустафаева З.А., Мирзаев У.Т., Камиллов Б.Г. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов Узбекистана // Методическое пособие. – Ташкент: Навруз. – 2017. – 112 с. // Mustafayeva Z.A., Mirzaev U.T., Kamilov B.G. Methods of Hydrobiological Monitoring of Water Objects in Uzbekistan // Methodological Guide. – Tashkent: Navruz. – 2017. – 112 p.
2. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. – М.: СЭВ, 1976. – 4.3, 185 с.; Приложение 1: Индикаторы сапробности. – 1977. – 91 с.; Приложение 2: Атлас сапробных организмов. – 1977. – 227 с. // Unified methods for studying water quality. Methods of biological analysis of water. – Moscow: CEC, 1976. – 4.3, 185 p.; Appendix 1: Indicators of Saprobity. – 1977. – 91 p.; Appendix 2: Atlas of Saprobic Organisms. – 1977. – 227 p.
3. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. – Л.: Наука, 1981. – 186 с. // Katanskaya, V.M. Higher Aquatic Vegetation of the Continental Water Bodies of the USSR. Leningrad: Science Publishing House, 1981. 186 p.
4. Курсанов Л.И., Забелина М.М., Мейер К.И., Ролл Я.В., Пешинская Н.И. Определитель низших растений. Водоросли. – М., Изд-во «Советская наука», 1977, Т.1, Т.2. // Kursanov L.I., Zabelina M.M., Meyer K.I., Roll Ya.V., Peshinskaya N.I. Identification of Lower Plants. Algae. – Moscow, Soviet Science Publishing House, 1977, Vol.1, Vol.2.
5. Макрушин А.В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. – Л., Наука, 1974. – 60 с. // Makrushin, A.V. Bibliographic Index on the Topic “Biological Analysis of Water Quality” with an Appendix of a List of Organisms that Indicate Pollution. Leningrad, Science Publishing House, 1974. 60 p.
6. Мошкова Н.А., Голлербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Т-10, Зеленые водоросли. Класс Улотриксовые. – Л., Изд-во «Наука», 1986. – 378 с. // Moshkova N.A., Gollerbakh M.M. Identification of Freshwater Algae of the USSR. Vol.-10, Green Algae. Class Ulothrichales. – Leningrad, Science Publishing House, 1986. – 378 p.
7. Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилов С. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. Т.2,3. – Ташкент, Фан, 1988. 1216 с. // Muzafarov A.M., Ergashev A.E., Khalilov S. Identification

- of Blue-Green Algae of Central Asia. Vol. 2,3. Tashkent, Fan, 1988. 1216 p.
8. Халилов С.А., Шоякубов Р.Ш., Темиров А., Тожибаев Т.Ж., Казирахимова Н.К. Улотриксовые водоросли Узбекистана. – Наманган, 2012. – 216 с. // Khalilov S.A., Shoyakubov R.Sh., Temirov A., Tozhibayev T.Zh., Kazirakhimova N.K. Ulothrix Algae of Uzbekistan. – Namangan, 2012. – 216 p.
 9. Streble H., Krauter D. Microflora und Microfauna des subwassers. Das Leben im Wassertropfen, Franckh-Kosmos Verlags GmbH, Stuttgart, 1988. - 399 p.
 10. Денгизкўл // Национальная энциклопедия Узбекистана (узб.). – Ташкент, 2000–2005. // Dengizkyl // National Encyclopedia of Uzbekistan (Uzbek). – Tashkent, 2000-2005.
 11. Мустафаева З.А. «Весенний фитопланктон озера Замонбобо Бухарской области Узбекистана» ISSN 2311-2158. The Way of Science. 2025. № 8 (138). с.20-23 // Mustafayeva Z.A. “Spring phytoplankton of Lake Zamonbobo, Bukhara region of Uzbekistan” ISSN 2311-2158. The Way of Science. 2025. № 8 (138). 20-23 p.
 12. Мустафаева З.А. «Планктонные сообщества озер Аякагитма, Каракыр Бухарского вилоята» Материалы VII республ.научно-практической конферен. «Зоологическая наука Узбекистана: Современные проблемы и перспективы развития» ИЗ АН РУз., Тошкент, «Фан», 2025, с. 176-179 // “Mustafayeva Z.A. “Planktonic communities of lakes Ayakagitma, Karakyr of Bukhara viloyat” Materials of the VII Republic.scientific and practical conference “Zoological science of Uzbekistan:Modern problems and development prospects” FROM the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Toshkent, “Fan”, 2025, pp.176-179
 13. Озеро Каракыр wikimapia.org/26815012/ru/Озеро-Каракыр // Lake Karakyr wikimapia.org/26815012/ru/
 14. Аякагитма // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978. // Ayakagitma // The Great Soviet Encyclopedia: [in 30 volumes] / chief editor A.M. Prokhorov. -3rd ed. - Moscow : Soviet Encyclopedia, 1969-1978.

BUXORO VILOYATI KO‘LLARINING PERIFITON JAMOALARI

Z.A. Mustafayeva

Maqolada 2025-yil yoz mavsumida Buxoro viloyatidagi sho‘r ko‘llarning perifiton jamoalarini taksonomik tuzilishi va tur tarkibi bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. 4 ta ko‘l – Dengizko‘l, Zamonbobo, Qoraqir va Oyoqog‘itma ko‘llari o‘rganildi. Yozgi perifitonda jami 203 turdagi suv organizmlari aniqlandi. Producerslar guruhidan 180 tur va shakldagi mikrosuvotlar hamda konsumentlar guruhidan 23 turdagi organizmlar eng ko‘p va xilma-xil tarzda namoyon bo‘ldi.

Kalit so‘zlar: sho‘r ko‘llar, perifiton, taksonomik tuzilish, tur tarkibi.

PERIPHYTON COMMUNITIES OF THE LAKE OF BUKHARA VILAYAT

Z.A. Mustafayeva

The article presents research on the taxonomic structure and species composition of the periphyton communities of the salt lakes in the Bukhara region during the summer of 2025. Four lakes were explored: Dengizkul, Zamonbobo, Karakyr and Ayakagitma. A total of 203 species of aquatic organisms were recorded in the summer periphyton. The most abundant and diverse species are those from the group of producers, including 180 species and forms of microalgae and 23 species of organisms from the group of consumers.

Keywords: the salt lakes, periphyton, taxonomic of structure, species composition.

ГЕНЕТИКА

**ФОРМИРОВАНИЕ РЕФЕРЕНТНОЙ БАЗЫ ЧАСТОТ АЛЛЕЛЕЙ STR-ЛОКУСОВ
ДЛЯ СУДЕБНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН****Д.М. ТОШЕВА¹, А.Э. НОРМАТОВ¹, И.Г. АМАНТУРДИЕВ², М.Г. ЯКУБОВ¹**¹Республиканский центр судебной экспертизы им. Х. Сулаймановой при Министерстве юстиции Республики Узбекистан;²Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Автор для переписки: lucky8682.dt@gmail.com

В работе представлены данные о распределении частот аллелей 23 STR-локусов (D3S1358, D1S1656, D2S441, D10S1248, D13S317, D16S539, D18S51, D2S1338, CSF1PO, TH01, vWA, D21S11, D7S820, D5S818, TPOX, D8S1179, D12S391, D19S433, D6S1043, D22S1045, FGA, Penta E, Penta D), входящих в панель «VersaPlex™ 27 PY System» (Applied Biosystems, США), в выборке населения Узбекистана (n=1538). Определены частоты аллелей, стандартные ошибки и показатели разнообразия. Полученные референтные данные могут использоваться в судебно-экспертной практике и популяционно-генетических исследованиях.

Ключевые слова: STR-локусы, генотип, популяция Узбекистана, частота аллелей, экспертиза, идентификация личности.

Введение. Применяемая в настоящее время технология исследования микросателлитных локусов, обладающих полиморфизмом длины, является наиболее распространенной в практике криминалистического ДНК-анализа. Имея длину аллелей от 100 до 300 п.н., STR-локусы относительно хорошо сохраняются в деградированной ДНК, что создает основу для выявления полного спектра аллелей в гетерозиготных образцах [1].

Микросателлиты высокополиморфны – до десяти и даже более аллелей в локусе, обладают высокими темпами мутирования. Микросателлиты встречаются в большом количестве у всех эукариотических организмов. У человека они распределены по всему геному, значительный полиморфизм микросателлитов обеспечивает возможность с высокой вероятностью идентифицировать личность и выявить биологическое родство [2].

Методы молекулярно-генетического анализа широко используются для идентификации биологических образцов индивидов: жертв преступлений, катастроф, террористических актов, преступников и т.д. Генетический анализ для экспертных целей проводится в два этапа. На первом этапе устанавливают характеристики ДНК из образцов, собранных на месте преступления. На втором этапе их сравнивают с характеристиками ДНК, полученными от подозреваемых и жертв. Несовпадение генотипов указывает на то, что исследуемые образцы не принадлежат данному индивиду. При совпадении генотипов учитывается вероятность их случайного совпадения, т.е. вероятность того, что иные лица могут обладать такими же генотипами [1; 3].

Вероятность такого случайного совпадения вычисляется на основе данных о частотах встречаемости аллелей (и генотипов) анализируемой панели генетических маркеров в референтных популяциях. Для создания таких референтных баз данных исследуют популяционные выборки, собранные с учетом популяционно-генетической структуры конкретных этнотерриториальных групп. Частоты аллелей в различных популяциях и группах публикуются и представляются в базах данных [4]. Эти справочные базы и служат юридически полноценной основой для судебно-медицинских заключений по интерпретации результатов сравнения генотипов.

Однако достоверность и эффективность ДНК-идентификации зависит от двух важнейших факторов: от выбора панели STR локусов и от выбора референтной популяции [5].

Материалы и методы. Выбор панели локусов. В лабораториях Судебно биологической экспертизы ДНК человека Республиканского центра судебной экспертизы им. Х. Сулаймановой при Министерстве юстиции Республики Узбекистан в настоящее время используется панель из 27 несцепленных STR-локусов, с использованием набора реактивов «Versa Plex™ 27 PY System Kit» (Applied Biosystems, США). Данный набор позволяет анализировать одновременно 27 полиморфных STR-локусов, содержащих тетра- и пентануклеотидные повторы, пентануклеотидные повторы (Penta E, Penta D), маркер половой принадлежности (Amelogenin), а также три дополнительных локуса Y-хромосомы (DYS391, DYS576, DYS570) и включает все 20 локусов согласно требованиям объединенных систем данных ДНК (CODIS-Combined DNA Index System) [6]. На сегодняшний день, такое сочетание локусов отвечает требованиям нескольких международных баз данных [7].

Выбор референтной популяции. Для достоверности сравнения генотипов в каждом конкретном случае выбор референтной популяции должен зависеть от того, к какой группе лиц принадлежит индивид, оставивший биологические следы. Чем меньше референтная популяция отражает генофонд тестируемой группы, тем больше индивидов в ней имеют аллели, отсутствующие в референтной базе данных, что приводит к значительному снижению дискриминирующей способности метода. Использование неадекватной референтной группы может привести к снижению итоговой вероятности идентификации на несколько порядков [8, 9].

Даже когда неизвестно, к какой группе относится индивид, которому принадлежит биологический образец, при наличии популяционных баз данных его можно идентифицировать с определенной вероятностью. Общеизвестно, что наиболее эффективного и объективного использования возможностей типирования того или иного локуса можно достичь, если интерпретация результатов будет проводиться с учетом региональной частоты встречаемости у населения аллелей и генотипов [10, 11].

На практике для оценки полученных результатов, как правило, используют базовые данные, предлагаемые фирмами производителями реагентов, и данные имеющихся научных публикаций.

В США и Европе большой массив популяций охарактеризован по локусам, используемым в молекулярно-генетической экспертизе. Также, активно ведутся исследования в данном направлении на территории Азии [12, 13].

Необходимо учитывать, что население Республики Узбекистан является многонациональным: нередки межнациональные и межрасовые браки. При этом большую часть населения составляют узбеки – около 84 %, таджики – 4,8–5 %, казахи – 2,4–2,5 %, каракалпаки – 2,0–2,2 %, киргизы – 1 %, русские – 2,1–2,3 %, татары – 1,5 % и другие национальности – около 2,9 %. В настоящее время для 15 STR-локусов, используемых в экспертной практике в Республике Узбекистан, уже создана референтная база частот встречаемости аллелей [14]. Для восьми локусов – D1S1656, D2S441, D10S1248, D12S391, D6S1043, D22S1045, Penta E и Penta D, а также используемых в экспертной практике, на сегодняшний день соответствующая база данных отсутствует. В связи с этим целью работы стало определение частот аллелей локусов D3S1358, D13S317, D16S539, D18S51, D2S1338, CSF1PO, TH01, vWA, D21S11, D7S820, D5S818, TPOX, D8S1179, D19S433, FGA, в частности, локусов D1S1656, D2S441, D10S1248, D12S391, D6S1043, D22S1045, Penta E и Penta D для населения Республики Узбекистан.

В работе впервые приведено распределение аллельных частот микросателлитных локусов D1S1656, D2S441, D10S1248, D12S391, D6S1043, D22S1045, Penta E и Penta D для разных национальных выборок населения Узбекистана. Полученные данные о распределении частот аллелей послужат для использования в вероятностно-статистической оценке совпадения генетических признаков в указанных локусах у представителей данных национальностей, что повысит идентификационную значимость и достоверность результата.

Случайная выборка из неродственных представителей мужского и женского генетического пола популяций Узбекистана была сформирована из объектов, полученных в ходе производства экспертиз и из объектов научных исследований в лаборатории Судебно биологической экспертизы ДНК человека Республиканского центра судебной экспертизы им.Х.Сулаймановой при Министерстве юстиции Республики Узбекистан. В результате работы было типировано 1538 образцов, не состоящих в кровном родстве, проживающих в 12 областях Республики Узбекистан и Республики Каракалпакстан. Отбор биологических образцов осуществлялся строго в соответствии с этическими

нормами и действующим законодательством Республики Узбекистан в сфере защиты прав участников биомедицинских исследований. Все доноры предоставляли информированное согласие на использование образцов для научных целей. Национальная принадлежность определялась на основе анкетных данных, добровольно сообщаемых участниками при отборе образцов слюны. При этом в когортную группу включали представителей различных этнических групп (узбеки, каракалпаки, казахи, татары, русские, корейцы и др.), что отражает многонациональный состав населения страны.

Для получения ДНК использовали образцы крови и слюны в сухом виде. Собранные биологические образцы были экстрагированы экспресс методом с использованием лизата “Swab Solution™ Kit” (Promega, USA) [15].

Количественный и качественный анализ выделенной ДНК проводили с использованием набора “Quantifiler[®] Trio DNA Quantification Kit” (Applied Biosystems, США) [16], процесс проводили на амплификаторе с программным обеспечением “7500 Real Time PCR System” (Applied Biosystems, США).

Полимеразную Цепную Реакцию 27 STR локусов (D3S1358, D1S1656, D2S441, D10S1248, D13S317, D16S539, D18S51, D2S1338, CSF1PO, TH01, vWA, D21S11, D7S820, D5S818, TPOX, D8S1179, D12S391, D19S433, D6S1043, D22S1045, FGA, Penta E, Penta D, DYS391, DYS576, DYS570 и Amelogenin) проводили с использованием набора для амплификации ПЦР «Versa Plex™ 27 PY System Kit» (Applied Biosystems, США), в соответствии с прилагаемыми протоколами. Полимеразную цепную реакцию проводили с использованием ДНК амплификаторов “Proflex 3×32 well PCR System” (Thermo Fisher Scientific, Singapore) и “Proflex 96 well PCR System” (Thermo Fisher Scientific, Singapore) в следующих условиях: +96 °C – 5 минут, 25 циклов: +96 °C – 5 секунд, +60 °C – 1 минут, +60 °C – 10 минут, +4 °C – бесконечно (∞), внося в реакционную смесь (общий объем 12,5 мкл) по 5 мкл полученных препаратов геномной ДНК [17].

Для оценки специфичности реакции амплификации использовали положительный (контрольная ДНК с известным генотипом из набора ПЦР реагента) и отрицательный (проба без ДНК) контроли.

Разделение и детекцию флуоресцентно меченных амплифицированных фрагментов проводили с использованием генетического анализатора «ABI 3500xl Genetic Analyser» (Applied Biosystems, США), согласно протоколу фирмы [18]. В качестве внутреннего стандарта линии использовали GeneScan-600 LIZ.

Идентификацию аллелей проводили с помощью программного комплекса “Gene Mapper ID-X” version 1.6 (Applied Biosystems, США) на основе входящего в состав набора аллельного лэддера [19].

Вероятно-статистический анализ данных. По результатам генотипирования были вычислены частотные характеристики встречаемости аллелей исследованных полиморфных STR -локусов D3S1358, D1S1656, D2S441, D10S1248, D13S317, D16S539, D18S51, D2S1338, CSF1PO, TH01, vWA, D21S11, D7S820, D5S818, TPOX, D8S1179, D12S391, D19S433, D6S1043, D22S1045, FGA, Penta E, Penta D.

1. Частоты аллелей определяли по формуле [20]: $P_i = N_i / 2N$, где N_i - число i -ых аллелей, N - объем выборки.

2. Стандартную ошибку частоты аллелей рассчитывали по формуле [21]:

$$SE(p) = \sqrt{[p_i(1-p_i) / 2N]}$$

3. Минимальную частоту вычисляли по формуле: $P_{\min} = 5/2n$.

4. Величину аллельного разнообразия (allelic diversity) локуса оценивали по формуле [22]:

$$h = n (1 - \sum (X_i)^2) / (n-1), \text{ где } X_i \text{ - частота встречаемости каждого аллеля, } n \text{ - величина выборки.}$$

Частоты аллелей, стандартная ошибка частоты аллелей и величины аллельного разнообразия были рассчитаны с использованием программ GenePop (v.4.7.5) software [23] и DNA Allele Frequency UZ [24].

Результаты и обсуждение. Анализ распределения аллелей в исследованной выборке показал высокую степень полиморфизма для всех изученных локусов.

Данные о частотах встречаемости аллелей 23 STR локусов в популяции Узбекистана представлены в таблице.

Расчитанные частоты встречаемости аллелей не являются постоянной величиной. По мере увеличения выборки исследованных образцов ДНК возможны изменения.

Частоты встречаемости аллелей 23 STR локусов в популяции Узбекистана с применением набора «VersaPlex™ 27PY System Kit», (n=1538, N-3076 хромосом)

Аллели	Локусы														TH01		vWA											
	D3S1358		DIS1656		D2S441		D10S1248		D13S317		Penta_E		D16S539		D18S51		D2S1338		CSF1PO		Penta_D		TH01		vWA			
	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)	P _i	SE(p)		
2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	0.0010	0.0056	0.0972	0.0053	0.4077	0.0088	0.0055	0.0013	0.2789	0.0080	0.1154	0.0057	0.2601	0.0079	0.0111	0.0018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	0.0003	0.0003	0.0956	0.0053	0.0777	0.0048	0.0354	0.0033	0.2383	0.0076	0.1333	0.0061	0.2536	0.0078	0.0774	0.0048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13	0.0010	0.0005	0.0744	0.0047	0.0234	0.0027	0.2432	0.0077	0.0715	0.0046	0.0862	0.0050	0.1395	0.0062	0.1521	0.0064	0.0007	0.0004	0.0045	0.0045	0.0084	0.1456	0.0063	0.0063	0.0064	0.0064	0.0013	
13.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	0.0624	0.0043	0.0888	0.0051	0.1830	0.0069	0.2838	0.0081	0.0231	0.0027	0.0683	0.0045	0.0198	0.0025	0.2100	0.0073	-	-	0.0101	0.0018	0.0497	0.0039	-	-	-	0.1216	0.0058	
14.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	0.3218	0.0084	0.2081	0.0073	0.0254	0.0028	0.2347	0.0076	0.0003	0.0003	0.0881	0.0051	0.0020	0.0008	0.1599	0.0066	0.0003	0.0003	0.0016	0.0007	0.0250	0.0028	-	-	-	0.0780	0.0048	
15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0003	0.0003
15.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	0.2897	0.0081	0.1749	0.0068	0.0029	0.0009	0.1606	0.0066	-	-	0.0712	0.0046	0.0003	0.0003	0.1287	0.0060	0.0179	0.0023	-	-	0.0068	0.0014	-	-	-	0.2159	0.0074	
16.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0007	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	0.2155	0.0074	0.0793	0.0048	-	-	0.0332	0.0032	-	-	0.0595	0.0042	-	-	0.0962	0.0053	0.1219	0.0058	-	-	0.0020	0.0008	-	-	-	0.2731	0.0080	
17.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0007	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	0.1031	0.0054	0.0072	0.0015	-	-	0.0026	0.0009	-	-	0.0569	0.0041	-	-	0.0566	0.0041	0.1099	0.0056	-	-	-	-	-	-	-	0.2077	0.0073	

В частности, локусы Penta E, D1S1656 и D2S1338 максимальные значения аллельного разнообразия ($h = 0,921149637$, $h = 0,881547188$ и $h = 0,880691391$ соответственно), что подтверждает их высокую дискриминационную способность. Для локусов D12S391, D18S51, FGA, D21S11 и D6S1043 также выявлены высокие показатели полиморфизма ($h > 0,84$), что делает их ценными при идентификационных исследованиях.

Полученные результаты согласуются с ранее опубликованными данными по ряду этнических групп Центральной Азии и сопоставимы с характеристиками, представленными в международных базах данных (CODIS, ENFSI). Вместе с тем для отдельных локусов выявлены аллели с низкой частотой встречаемости ($p_{\min} \approx 0,0016$), что отражает этническое и генетическое разнообразие населения Узбекистана.

Особое значение результаты приобретают с учётом многонационального состава республики, где наряду с узбеками проживают каракалпаки, таджики, казахи, татары, русские и другие этнические группы. Формирование собственной национальной референтной базы данных по str-локусам позволит существенно повысить точность и достоверность судебно-генетической идентификации, снизить вероятность статистических ошибок и расширить возможности в исследовании родственных связей.

Заключение. В настоящем исследовании впервые представлена расширенная референтная база частот аллелей 23 высокополиморфных аутосомных и полоспецифических str-локусов для населения Узбекистана. Анализ выборки из 1538 неродственных индивидов различных этнических групп показал высокий уровень генетического разнообразия по всем исследованным локусам, при этом наибольшая дискриминационная значимость отмечена для локусов penta e, d1s1656, d2s1338, d12s391, d18s51, fga, d21s11 и d6s1043. Полученные результаты подтверждают эффективность применения панели versaplex™ 27 ru system в условиях многонационального состава населения республики.

Формирование национальной базы данных частот STR-локусов восполняет существующий пробел в судебно-генетической практике Узбекистана и обеспечивает надежную основу для вероятностно-статистической оценки совпадений генотипов. Полученные частоты аллелей STR-локусов могут использоваться как в прикладных целях (идентификация личности, установление родства), так и в популяционно-генетических исследованиях и для сравнительного анализа с другими популяциями.

Таким образом, представленное исследование восполняет существующий пробел в популяционно-генетических данных по населению Узбекистана и вносит вклад в развитие судебно-биологической экспертизы в стране, результаты работы укрепляют научные и практические основы судебно-биологической экспертизы в Узбекистане, повышают достоверность ДНК-идентификации и способствуют интеграции национальных данных в международное сообщество судебной генетики.

Работа выполнена в рамках проектов AL-3022022389 «Создание национальной базы данных ДНК на основе генетических профилей STR- и HLA-локусов, а также гаплотипов Y-хромосомы для идентификации личности и установления родства» и ПЗ-20170929537 «Изучение полиморфизма ДНК популяции Узбекистана и создание опорных параметров для проведения вероятностно-статистического анализа данных по амплификационной энзиматической системе “Globalfiler™ PCR Amplification Kit» при поддержке Агентства инновационного развития при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Конкретный вклад авторов: Д.М. Тошева провела эксперименты, анализировала данные и написала статью, А.Э. Норматов и М.Г. Якубов принимали участие в анализе данных, И.Г. Амантурдиев принимал участие в подготовке статьи и редактировании.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пименов М.Г., Культин А.Ю., Кондрашов С.А. (2001), Научные и практические аспекты криминалистического ДНК анализа, Москва, учеб. Пособие, ГУ ЭКС МВД России, стр.144 // Pimenov M.G., Kultin A.Yu., Kondrashov S.A. (2001), Nauchniye i prakticheskiye aspekty kriminalisticheskogo DNK analiza, Moskva, ucheb. Posobiye, GU EKS MVD Rossii, str.144.

2. Животовский Л.А. (2006), Микросателлитная изменчивость в популяциях человека, Вестник ВОГиС, Т.6.(1): стр. 74-96 // Jivotovskiy L.A. (2006), Mikrosatellitnaya izmenchivost v populyatsiyax cheloveka, Vestnik VOGiS, T.6.(1): str. 74-96.
3. Иванов П.Л.(1999), Использование индивидуализирующих систем на основе полиморфизма длины амплифицированных фрагментов (ПДАФ) ДНК в судебно-медицинской экспертизе идентификации личности и установления родства, Метод. указания, Судебно-медицинская экспертиза, стр. 35-41 // Ivanov P.L.(1999), Ispolzovaniye individualiziruyushix sistem na osnove polimorfizma dlini amplifitsirovannix fragmentov (PDAF) DNK v sudebno-meditsinskoj ekspertize identifikatsii lichnosti i ustanovleniya rodstva, Metod. ukazaniya, Sudebno-meditsinskaya ekspertiza, str. 35-41.
4. Барков И.Ю., Бахарев В.А., Ефремов И.А., Иванов П.Л. (2005), Интернет-база данных для оценки частот встречаемости аллелей полиморфных локусов ДНК в российской популяции, Медицинская генетика, Т (4) стр. 39 // Barkov I.Yu., Baharyev V.A., Efremov I.A., Ivanov P.L. (2005), Internet-baza dannix dlya otsenki chastot vstrechayemosti alleley polimorfnyx lokusov DNK v rossiyskoj populyatsii, Meditsinskaya genetika, T. (4) str. 39.
5. Перепечина И.О.(2001), Проблема оценки данных ДНК-идентификации с точки зрения последствий ошибок первого и второго рода, Современные вопросы судебной медицины: сб.науч. тр.-Владивосток, стр.173-176 // Perepechina I.O.(2001), Problema otsenki dannix DNK-identifikatsii s tochki zreniya posledstviy oshibok pervogo i vtorogo roda, Sovremenniye voprosi sudebnoy meditsini: sb.nauch.tr.-Vladivostok, str.173-176.
6. Jianye Ge, Arthur Eisenberg, Bruce Budowle (2012), Developing criteria and data to determine best options for expanding the core CODIS loci, Investigative Genetics (3):1, pp. 1-14, doi: 10.1186/2041-2223-3-1.
7. VersaPlex™ 27PY System for Use on the Applied Biosystems® Genetic Analyzers, Technical Manual, Instructions for Use of Product DC7020.
8. Губко М.В., Перепечина И.О. (2001), Описание математической модели принятия судебных решений с учетом результатов ДНК-идентификации, Гражд. и право, (5): стр. 20-40 // Gubko M.V., Perepechina I.O. (2001), Opisaniye matematicheskoy modeli prinyatiya sudebnix resheniy s uchetom rezultatov DNK-identifikatsii, Grajd. i pravo, (5): str. 20-40.
9. Животовский Л.А., Хуснутдинова Э.К. (2003), Референтная популяция и судебно-медицинская ДНК-экспертиза: меж- и внутриэтнические различия по ДНК-маркерам и оценка вероятности идентификации. Медицинская генетика. т. (2), №5, стр. 201-206. // Jivotovskiy L.A., Xusnutdinova E.K. (2003), Referentnaya populyatsiya i sudebno-meditsinskaya DNK-ekspertiza: mej- i vnutrietnicheskiye razlichiya po DNK-markeram i otsenka veroyatnosti identifikatsii. Meditsinskaya genetika. t. (2), №5, str. 201-206.
10. Чистяков Д.А., Ефремов И.А., Одинокова О.Н., Носиков В.В. (1996), Анализ аллельного полиморфизма двух тетрануклеотидных тандемных повторов в двух городских популяциях России, Молекулярная биология, 30 (6), стр. 1274-1283, PMID: 9026718 // Chistyakov D.A., Efremov I.A., Odinkova O.N., Nosikov V.V. (1996), Analiz allelnogo polimorfizma dvux tetranukleotidnix tandemnix povtorov v dvux gorodskix populyatsiyax Rossii, Molekulyarnaya biologiya, 30(6), str. 1274-1283, PMID: 9026718.
11. Корниенко И.В., Афанасьева Г.В., Щербакова Е.В., Иванов П.Л. (2002), Распределение аллелей локусов HLA, DQA1, LDLR, GYPA, HBG, D7S8, GC среди населения России, Судебно-медицинская экспертиза, (т.45, №3), (1): стр.20-22 // Korniyenko I.V., Afanasyeva G.V., Sherbakova E.V., Ivanov P.L. (2002), Raspredeleniye alleley lokusov HLA, DQA1, LDLR, GYPA, HBG, D7S8, GC sredi naseleniya Rossii, Sudebno-meditsinskaya ekspertiza, (1): str.20 – 22.
12. Chong Chen, Yuxin Guo, Xiaoye Jin, Wei Cui, Yuanyuan Wei, Yating Fang, Qiong Lan, Tingting Kong, Tong Xie, Bofeng Zhu (2019), Forensic characteristics and population genetics of Chinese Kazakh ethnic minority with an efficient STR panel, Peer J., National Library of Medicine, 7:e6802, pp. 1-12, <https://doi.org/10.7717/peerj.6802>.
13. Khaing Zin Than, Kanha Muisuk, Wipada Woravatin, Chatmongkon Suwannapoom, Metawee Srikumool, Suparat Srithawong, Sengvilay Lorphengsy, Wibhu Kutanan (2022), Genetic Structure and Forensic Utility of 23 Autosomal STRs of the Ethnic Lao Groups From Laos and Thailand, Forensic Investigative Genetic Genealogy and Fine-Scale Structure of Human Populations, Front. Genet., Sec.

- Evolutionary and Population Genetics, Vol. (13), pp. 1-14, <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.954586>.
14. Ахмедова Д.Ш., Нуритдинов А.И., Рахматуллаев Н.Н. (2008), «Полиморфизм 16 STR локусов ядерной ДНК коренной популяции Узбекистана», *Узбекский Биологический журнал*, (3): стр. 69-71 // Axmedova D.Sh. Nuritdinov A.I., Raxmatullayev N.N. (2008), “Polimorfizm 16 STR lokusov yadernoy DNK korennoy populyatsii Uzbekistana”, *Uzbekskiy Biologicheskij jurnal*, (3): str. 69-71.
 15. SwabSolution™ Kit, Technical Manual, Instructions for Use of Product DC8271, Revised 9/16, TMD037.
 16. Quantifiler® Trio Quantification Kit User Guide, Applied Biosystems, Cat. № 4482910.
 17. VersaPlex™ 27PY System for Use on the Applied Biosystems® Genetic Analyzers, Technical Manual, Instructions for Use of Product DC7020.
 18. Applied Biosystems 3500/3500xl Genetic Analyzers User Guide (PN 4401689).
 19. GeneMapper® ID-X Software Version 1.6 New Features and Software Verification (PN 100073905).
 20. Mark Jobling, Edward Hollox, Toomas Kivisild, Chris Tyler-Smith (2013), *Human Evolutionary Genetics*, 2nd Edition, Garland Science, pp. 2016-220, DOI: 10.1201/9781317952268.
 21. John M. Butler (2012), *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology*, Academic Press, ISBN 9780123745132.
 22. Nei Masatoshi (1978), *Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals*. *Genetics*, 89(3): pp. 583–590, doi: 10.1093/genetics/89.3.583.
 23. Rousset François (2008), *GENEPOP'007: a complete re-implementation of the GENEPOP software for Windows and Linux*, *Molecular Ecology Resources*, 8(1), pp. 103–106, <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01931.x>
 24. Tosheva D.M., Yoqubov M.G. (2024), DNA Allele frequency UZ, software, №DGU 36597, 12.04.2024.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA SUD-GENETIK IDENTIFIKATSIYASI UCHUN STR-LOKUSLAR ALLEL CHASTOTALARINING REFERENT BAZASINI SHAKLLANTIRISH

D.M. Tosheva, A.E. Normatov, I.G. Amanturdiyev, M.G. Yoqubov

Ushbu tadqiqot ishida O‘zbekiston aholisi namunasidan (n=1538) olingan ma’lumotlar asosida 23 STR-lokus (D3S1358, D1S1656, D2S441, D10S1248, D13S317, D16S539, D18S51, D2S1338, CSF1PO, TH01, vWA, D21S11, D7S820, D5S818, TPOX, D8S1179, D12S391, D19S433, D6S1043, D22S1045, FGA, Penta E, Penta D) uchun allel chastotalari taqsimoti ko‘rsatilgan. Panel “VersaPlex™ 27 PY System” (Applied Biosystems, AQSh) qo‘llanildi. Allel chastotalari, standart xatolik va allel xilma-xillik ko‘rsatkichlari aniqlandi. Olingan referent ma’lumotlar mavjud STR-bazani to‘ldiradi va sud-genetik identifikatsiyada genotiplar mos kelishini ehtimoliy-statistik baholashda, shuningdek populyatsion genetik izlanishlarda qo‘llanish imkoniyatini yaratadi.

Kalit so‘zlar: STR-lokuslar, genotip, O‘zbekiston populyatsiyasi, allel chastotasi, ekspertiza, shaxsni identifikatsiya qilish.

ESTABLISHMENT OF A REFERENCE DATABASE OF STR LOCI FREQUENCIES FOR FORENSIC GENETIC IDENTIFICATION IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

D.M. Tosheva, A.E. Normatov, I.G. Amanturdiyev, M.G. Yoqubov

This study presents data on the distribution of allele frequencies of 23 STR loci (D3S1358, D1S1656, D2S441, D10S1248, D13S317, D16S539, D18S51, D2S1338, CSF1PO, TH01, vWA, D21S11, D7S820, D5S818, TPOX, D8S1179, D12S391, D19S433, D6S1043, D22S1045, FGA, Penta E, Penta D) included in the “VersaPlex™ 27 PY System” panel (Applied Biosystems, USA) in a representative sample of the Uzbek population (n=1538). Allele frequencies, standard errors, and diversity indices were determined. The obtained reference data can be applied in forensic practice and population genetic studies.

Keywords: STR loci, genotype, population of Uzbekistan, allele frequency, forensic examination, personal identification.

МУНДАРИЖА

Hajmga bog‘liq anion kanali bloklanishining peritoneal makrofaglar va differensiyalashgan U937 hujayralarining fagotsitar faolligiga ta’siri.....	3
N.R. Musamatov, P.G. Merzlyak, R.Z. Sabirov, N.A. Tsiferova	
Eksperimental Alsegeymer modeli hayvonlari qonida va jigarida ET-1 hamda ApoB oqsillariga nisbatan autoantitanachalarni aniqlash.....	8
S.S. Amanbaeva, X.Q. Bahodirov, S.A. Abdurahimov	
Mavrak (<i>Salvia officinalis</i>) suv-etanolli extractlarining timotsitlar hajm boshqarilishiga va qizil qon hujayralari butunligiga ta’siri	13
O.J. Xamidova, R.Sh. Kurbannazarova, P.G. Merzlyak, R.Z. Sabirov	
Toksik agregatlar shakllanishida α -sinuklein monomerleri va fibrillarining o‘zaro ta’sirini <i>in silico</i> tadqiqoti.....	19
L.M. Ahmadxojaeva, X.R. Rustamov, A.Y. Baev	
O‘zbekistonda <i>Prunus</i> turkumi turlarining patogenlari sifatida ko‘rsatilgan askomitsetlarнинг to‘rt sinfiga mansub zamburug‘ turlarining izohli ro‘yxati.....	24
O.K. Karimov, D.T. Turdieva, B.A. Hasanov	
Andijon viloyatining janubiy qismida tarqalgan <i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1780) (Insecta: Odonata) turining bioekologik xususiyatlari	35
M.S. Zokirova, Z.S. Abdukodirova, M.M. Ismoilova	
Qoraqalpog‘istonning chavoq o‘stiruvchi baliqchilik hovuzlari zooplanktoni	42
N.A. Mirzambetov, I.M. Mirabdullaev, I.O. Israilova	
Buxoro viloyati ko‘llarining perifiton jamoalari.....	47
Z.A. Mustafayeva	
O‘zbekiston Respublikasida sud-genetik identifikatsiyasi uchun STR-lokuslar allel chastotalarining referent bazasini shakllantirish	54
D.M. Tosheva, A.E. Normatov, I.G‘. Amanturdiyev, M.G‘. Yoqubov	

СОДЕРЖАНИЕ

Влияние блокирования объем-зависимого анионного канала на фагоцитарную активность перитонеальных макрофагов и дифференцированных клеток U937	3
Н.Р. Мусаматов, П.Г. Мерзляк, Р.З. Сабиров, Н.А. Циферова	
Выявление аутоантител к белкам ЭТ-1 и АпоВ в крови и печени животных с экспериментальной моделью болезни Альцгеймера	8
С.С. Аманбаева, Х.К. Баходиров, С.А. Абдурахимов	
Влияние водно-этанольных экстрактов шалфея (<i>Salvia officinalis</i>) на регуляцию объема тимоцитов и целостность эритроцитов.....	13
О.Ж. Хамидова, Р.Ш. Курбанназарова, П.Г. Мерзляк, Р.З. Сабиров	
<i>In silico</i> исследование взаимодействия мономеров и филаментов α -синуклеина при образовании токсичных агрегатов.....	19
Л.М. Ахмадхожаева, Х.Р. Рустамов, А.Ю. Баев	
Аннотированный список грибов из четырёх классов аскомицетов, указанных в Узбекистане в качестве патогенов <i>Prunus</i> SPP.	24
О.К. Каримов, Д.Т. Турдиева, Б.А. Хасанов	
Биоэкологические особенности <i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1780) (Insecta: Odonata) южной части Андижанской области.....	35
М.С. Зокирова, З.С. Абдукодирова, М.М. Исмоилова	
Зоопланктон мальковых рыбоводных прудов Каракалпакстана	42
Н.А. Мырзамбетов, И.М. Мирабдуллаев, И.О. Исраилова	
Перифитонные сообщества озер Бухарского вилоята.....	47
З.А. Мустафаева	
Формирование референтной базы частот аллелей STR-локусов для судебно-генетической идентификации в Республике Узбекистан.....	54
Д.М. Тошева, А.Э. Норматов, И.Г. Амантурдиев, М.Г. Якубов	

CONTENTS

Effect of blocking of the volume-sensitive anion channel on the phagocytic activity of peritoneal macrophages and differentiated U937 cells	3
N.M. Musamatov, P.G. Merzlyak, N.A. Tsiferova, R.Z. Sabirov	
Detection of autoantibodies to ET-1 and ApoB protein in the blood and liver of animal models of experimental Alzheimer's disease.....	8
S.S. Amanbayeva, Kh.Q. Bahodirov, S.A. Abdurakhimov	
Effect of water-ethanolic extracts of <i>Salvia officinalis</i> on the regulation of thymocyte volume and red blood cell integrity	13
O.J. Khamidova, R.Sh. Kurbannazarova, P.G. Merzlyak, R.Z. Sabirov	
<i>In silico</i> study of the interaction between α -synuclein monomers and filaments in the formation of toxic aggregates	19
L.M. Ahmadxojaeva, X.R. Rustamov, A.Y. Baev	
Annotated checklist of fungi from four ascomycete classes reported in Uzbekistan as <i>Prunus</i> pathogens	24
O.K. Karimov, D.T. Turdieva, B.A. Khasanov	
Bioecological characteristics of <i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1780) (Insecta: Odonata) in the southern part of the Andijan region	35
M.S. Zokirova, Z.S. Abduqodirova, M.M. Ismoilova	
Zooplankton of fry fishponds in Karakalpakstan.....	42
N.A. Mirzambetov, I.M. Mirabdullayev, I.O. Israilova	
Periphyton communities of the lake of Bukhara viloyat	47
Z.A. Mustafayeva	
Establishment of a reference database of STR loci frequencies for forensic genetic identification in the Republic of Uzbekistan	54
D.M. Tosheva, A.E. Normatov, I.G. Amanturdiyev, M.G. Yoqubov	

Правилами оформления статей для Узбекского биологического журнала
и статьями вышедших номеров можно ознакомиться на сайте: <http://www.ubj.academy.uz>

Журнал зарегистрирован Агентством по печати и информации
Республики Узбекистан 22.12.2006
Регистрационный номер 0052.

Телефон редакции журнала (+998)71 232 11 81, (+998) 90 915 13 73.

Адрес редакции:
100047, Ташкент, ул. Я. Гулямова, 70.

На обложке:

Malaxit ko'ktarg'og'i
Малахитовый зимородок
Corythornis cristatus