

*Журнал «Научное обозрение»
Биологические науки»
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57454
ISSN 2500-3399*

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,366
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,262**

*Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

*Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции и издателя: 410056, Саратовская
область, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56*

**Founder, publisher and edition:
LLC SPC Academy of Natural History**

**Post address: 105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial and publisher address: 410056,
Saratov region, Saratov, Chapaev V.I. street, 56**

*Подписано в печать 30.06.2022
Дата выхода номера 29.07.2022
Формат 60×90 1/8*

*Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
410035, Саратовская область,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 30.06.2022
Release date 29.07.2022
Format 60×90 8.1**

**Typography
LLC SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov region,
Saratov, 5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Доронкина Е.Н.
Корректор Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2022/2
© ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: Н.Ю. Стукова

Editor in Chief: N.Yu. Stukova

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2022 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
статьи проблемного
и научно-практического характера***

***The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles***

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев Абдуманон (Душамбе), д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Айдосов Аллаяръбек (Алматы), д.м.н., проф. Аксенова В.А. (Москва), д.м.н., проф. Аллахвердиев А.Р. (Баку), д.б.н., проф. Аллахвердиев С.Р. (Москва), д.м.н., проф. Ананьев В.Н. (Москва), д.т.н., проф. Артюхова С.И. (Пушино), д.м.н., доцент Барышева Е.С. (Оренбург), д.б.н., к.с.-х.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи), д.б.н., проф. Белых О.А. (Иркутск), д.м.н., проф. Бриль Г.Е. (Саратов), д.б.н., проф. Буданцев А.Ю. (Пушино), д.б.н., проф. Бударков В.А. (Вольгинский), д.б.н., проф. Ворсанова С.Г. (Москва), д.м.н. Гансбургский А.Н. (Ярославль), д.б.н. Гемеджиева Н.Г. (Алматы), д.м.н., проф. Герасимова Л.И. (Чебоксары), д.б.н., доцент Годин В.Н. (Москва), д.б.н., проф. Гречитаева М.В. (Белгород), д.с.-х.н., к.б.н., проф. Дементьев М.С. (Ставрополь), д.м.н., доцент Евстропов В.М. (Ростов-на-Дону), д.м.н. Извин А.И. (Тюмень), д.б.н. Кавцевич Н.Н. (Мурманск), д.б.н., проф. Калаев В.Н. (Воронеж), д.м.н., к.т.н., проф. Кику П.Ф. (Владивосток), д.б.н., доцент Князева О.А. (Уфа), д.м.н. Косарева П.В. (Пермь), д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов), д.б.н. Лебедева С.Н. (Улан-Удэ), д.б.н., д.м.н. Медведев И.Н. (Москва), д.б.н. Мосягин В.В. (Курск), д.б.н. Околенова А.А. (Волгоград), д.с.-х.н., проф. Партоев Курбонали (Душамбе), д.б.н. Петраш В.В. (Санкт-Петербург), д.т.н. Похиленко В.Д. (Оболensk), д.м.н., проф. Пучиньян Д.М. (Саратов), д.б.н. Романова Е.Б. (Нижний Новгород), д.м.н. Самигуллиева А.Э. (Бишкек), д.б.н., проф. Сафонов М.А. (Оренбург), д.м.н., проф. Сентюрова Л.Г. (Астрахань), д.б.н. Симонович Е.И. (Ростов-на-Дону), д.б.н. Смирнов А.А. (Магадан), д.б.н., проф. Соловых Г.Н. (Оренбург), д.м.н., проф. Сомова Л.М. (Владивосток), д.б.н., проф. Тамбовцева Р.В. (Москва), д.б.н., доцент Хацаева Р.М. (Москва), д.м.н., доцент Хворостухина Н.Ф. (Саратов), д.б.н. Хованский И.Е. (Хабаровск), д.б.н. Шабдарбаева Г.С. (Алматы), д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек), д.б.н., проф. Юров И.Ю. (Москва)

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ОЦЕНКА ФАКТОРНОЙ ВАЛИДНОСТИ ОПРОСНИКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ EORTC QLQ-PR25 ДЛЯ ОНКОУРОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ <i>Муслов С.А., Нохрин Д.Ю., Лапишихина Е.А.</i>	5
ИНФОРМИРОВАННОСТЬ СТУДЕНТОВ В ВОПРОСАХ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ <i>Созонова А.Н., Хромина С.И.</i>	13
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОРТИВНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ НАРАЩИВАНИЯ МЫШЕЧНОЙ МАССЫ В ПРОЦЕССЕ ФИЗИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ <i>Помогаева Н.С., Каменский Д. А.</i>	19
ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «НАНОКРЕМНИЙ» НА АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ТКАНЯХ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ <i>Абдракова Г.И., Смирнова Ю.В., Хайруллин Р.М.</i>	24
СОВРЕМЕННЫЙ МОНИТОРИНГ И ИНТРОДУКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В ДЖИЗАКЕ <i>Ишанкулова Д.У.</i>	29
ПИТАНИЕ УШАСТОЙ СОВЫ <i>ASIO OTUS</i> И ДОМОВОГО СЫЧА <i>ATHENE NOCTUA</i> КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ГРЫЗУНОВ И ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ В АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСТАНА <i>Кадырова Б.К., Шаршеева Б.К., Эмилбек кызы Чолпон</i>	37

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

СИСТЕМНАЯ И ЛОКАЛИЗОВАННАЯ СКЛЕРОДЕРМИЯ <i>Гречнева Е.В., Шаронова Ю.В.</i>	43
ИНТЕРФЕРОН-ЗАВИСИМЫЕ ГЕНЫ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ <i>Шамитова Е.Н., Дубинкина М.А., Хамидуллова Э.Р.</i>	48

СТАТЬИ

ОТБОР ШТАММОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД <i>Аюпова А.Ж., Хасенова Э.Ж., Сарсенова А.С., Молдагулова Н.Б., Уланкызы А., Кусайын А.Б., Тунгышпаева З.Б., Курманбаев А.А.</i>	54
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В ЛИСТЬЯХ ДЕКОРАТИВНОГО ДЕРЕВА <i>PAULOWNIA TOMENTOSA</i> , ИНТРОДУЦИРОВАННОГО ДЛЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДА ТАШКЕНТА <i>Мухамедова С.Н., Ахмедова С.О., Левицкая Ю.В., Абдуллаева М.М.</i>	60
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ <i>Турдалиев А.Т., Аскарров К.А., Мамажонов Г.Г.У.</i>	66

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

ESTIMATION OF THE FACTOR VALIDITY OF THE EORTC QLQ-PR25 QUALITY OF LIFE QUESTIONNAIRE FOR ONCOUROLOGICAL PATIENTS <i>Muslov S.A., Nokhrin D.Yu., Lapshikhina E.A.</i>	5
AWARENESS OF STUDENTS IN ISSUES OF HEALTHY NUTRITION <i>Sozonova A.N., Khromina S.I.</i>	13
THE USE OF SPORTS SUPPLEMENTS TO BUILD MUSCLE MASS IN THE PROCESS OF STUDENTS' PHYSICAL IMPROVEMENT <i>Pomogaeva N.S., Kamenskiy D.A.</i>	19
THE EFFECT OF THE DRUG «NANOSILICON» ON THE ACTIVITY OF PEROXIDASE AND THE INTENSITY OF LIPID PEROXIDATION IN THE TISSUES OF BRASSICA JUNCEA <i>Abdrakova G.I., Smirnova Yu.V., Khayrullin R.M.</i>	24
MODERN MONITORING AND INTRODUCTION ASSESSMENT OF THE STATE OF TREES AND SHRUBS IN JIZZAKH <i>Ishankulova D.U.</i>	29
NUTRITION OF THE LONG OWL ASIO OTUS AND THE HOUSE OWL ATHENE NOCTUA AS AN INDICATOR OF THE STATE OF RODENTS AND OTHER ANIMALS UNDER ANTHROPOGENIC CONDITIONS IN KYRGYZSTAN <i>Kadyrova B.K., Sharsheeva B.K., Emilbek kzy Cholpon</i>	37

REVIEWS

SYSTEMIC AND LOCALIZED SCLERODERMA <i>Grechneva E.V., Sharonova Yu.V.</i>	43
INTERFERON I SIGNATURE FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF DISEASES OF THE IMMUNE SYSTEM <i>Shamitova E.N., Dubinkina M.A., Khamidullova E.R.</i>	48

ARTICLES

SELECTION OF STRAINS PROMISING FOR THE PROCESSING OF SEWAGE SLUDGE <i>Ayupova A.Zh., Khasanova E.Zh., Sarsenova A.S., Moldagulova N.B., Ulankyzy A., Kusayyn A.B., Tungyshpaeva Z.B., Kurmanbaev A.A.</i>	54
SEASONAL CHANGES IN THE STATE OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE LEAVES OF THE DECORATIVE TREE <i>PAULOWNIA TOMENTOSA</i> , INTRODUCED FOR THE IMPROVEMENT OF THE CITY OF TASHKENT <i>Mukhamedova S.N., Akhmedova S.O., Levitskaya Yu.V., Abdullaeva M.M.</i>	60
AGROECOLOGICAL STATE OF HYDROMORPHIC SOILS OF CENTRAL FERGANA <i>Turdaliev A.T., Askarov K.A., Mamazhonov G.G.U.</i>	66

СТАТЬИ

УДК 57.08:611:004

**ОЦЕНКА ФАКТОРНОЙ ВАЛИДНОСТИ ОПРОСНИКА
КАЧЕСТВА ЖИЗНИ EORTC QLQ-PR25
ДЛЯ ОНКОУРОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ**

¹Муслов С.А., ²Нохрин Д.Ю., ³Лапшихина Е.А.

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет
им. А.И. Евдокимова», Москва, e-mail: muslov@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, e-mail: nokhrin8@mail.ru;

³Городская клиническая онкологическая больница № 1 ДЗ Москвы, Москва, e-mail: kotyara@yandex.ru

В работе представлены результаты кластерного анализа данных опросника качества жизни EORTC QLQ-PR25 и нелинейного анализа главных компонент методом САТРСА. В качестве объектов выступили 100 пациентов онкоурологического профиля, находившихся под наблюдением в ДКО ГКБ № 40 ДЗ г. Москвы с октября 2020 г. по декабрь 2021 г. В ходе статистического анализа использовали построение кластерной тепловой карты (КТК), нелинейный анализ главных компонент и разделение смеси распределений. Расчёты и построение КТК выполнены в пакете pheatmap программно-статистической среды R. Нелинейный анализ главных компонент проводили в пакете IBM® SPSS® Statistics (version 20) методом САТРСА. При выборе числа латентных переменных руководствовались критериями Кэттелла, Кайзера и «сломанной трости». В качестве показателя надёжности использовали коэффициент альфа Кронбаха. Результаты двойного кластерного анализа с построением тепловой карты и нелинейного анализа главных компонент оказались схожими и выявили три группы коррелирующих пунктов опросника EORTC QLQ-PR25 и две группы пациентов с различным качеством жизни: 30% – с меньшими проявлениями симптомов мочевого системы, кишечных и гормональных симптомов и более высокими показателями сексуальной функции и активности, а также 70% – с обратной ситуацией. В факторной структуре опросника выделяются три латентные переменные, преимущественно соответствующие: 1) симптомам мочевого системы, кишечных и гормональных симптомов (21,1% дисперсии); 2) отдельным гормональным симптомам и с ведущим вкладом показателей сексуальной активности (11,3%); 3) отдельным гормональным и кишечным симптомам с ведущим вкладом и показателей сексуальной функции. Внутренняя согласованность пунктов опросника, оцененная по факторной структуре, является хорошей (альфа Кронбаха 0,845) и может быть увеличена исключением из расчёта вопросов 20–25.

Ключевые слова: качество жизни, рак предстательной железы, кластерный анализ, категориальный анализ главных компонент

**ESTIMATION OF THE FACTOR VALIDITY
OF THE EORTC QLQ-PR25 QUALITY OF LIFE QUESTIONNAIRE
FOR ONCOUROLOGICAL PATIENTS**

¹Muslov S.A., ²Nokhrin D.Yu., ³Lapshikhina E.A.

¹Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov, e-mail: muslov@mail.ru;

²Chelyabinsk State University, e-mail: nokhrin8@mail.ru;

³City Clinical Oncological Hospital No. 1 DZ, Moscow, e-mail: kotyara@yandex.ru

The paper presents the results of cluster analysis of data from the EORTC QLQ-PR25 quality of life questionnaire and nonlinear principal component analysis by CATPCA. The objects were 100 oncurological patients who were under observation in the State Clinical Hospital No. 40 DZ of Moscow from October 2020 to December 2021. In the course of statistical analysis, the construction of a cluster heat map (CHM), nonlinear analysis of principal components and separation of a mixture of distributions were used. Calculations and construction of the CHM are performed in the pheatmap package of the R software and statistical environment. Nonlinear analysis of the main components was carried out in the IBM® SPSS® Statistics (version 20) package using the CATPCA method. When choosing the number of latent variables such criteria as Cattell, Kaiser and the “broken stick” were used. The Cronbach’s alpha coefficient was used as an indicator of reliability. The results of a double clustering with the heat map construction and a nonlinear PCA to be similar and revealed 3 groups of correlating items of the EORTC QLQ-PR25 questionnaire and 2 groups of patients with different quality of life. 30% of the letter – have fewer symptoms of the urinary system, intestinal and hormonal symptoms and higher indicators of sexual function and activity, by contrast 70% – had more symptoms. In the factor structure of the questionnaire, 3 latent variables are allocated, mainly corresponding to: 1) symptoms of the urinary system, intestinal and hormonal symptoms (21.1% variance); 2) individual hormonal symptoms and with a leading contribution of indicators of sexual activity (11.3%); 3) individual hormonal and intestinal symptoms with a leading contribution and indicators of sexual function. The internal consistency of the questionnaire items, estimated by the factor structure, is good with Cronbach’s alpha 0.845 and it can be increased by excluding 20–25 questions from the calculation.

Keywords: quality of life, prostate cancer, cluster analysis, categorical analysis of the main components

В предыдущих работах [1–3] мы использовали опросники ОНП-20 DG и EORTC QLQ-PR25 для изучения качества жизни (КЖ) стоматологических и онкоурологи-

ческих больных с помощью классической (КТТ) и современной теории тестирования (англ. Item Response Theory, IRT). Как известно, IRT основана на концепции

латентных переменных и метрической модели Раша. В этих работах были проведены и исследования психометрических свойств опросника, его дискриминативности, надёжности и валидности, определены характеристики латентных переменных и качество жизни больных до и после лечения. Тем не менее поиски новых подходов и инструментов для измерения качества жизни, связанного со здоровьем, должны продолжаться и стать одной из самых распространённых задач в современной доказательной медицине. В настоящем сообщении представлены результаты исследования, цель которого заключалась в анализе данных опросника EORTC QLQ-PR25 методами кластерного анализа и нелинейного анализа главных компонент по алгоритму CATPCA (Categorical Principal Components Analysis).

Материалы и методы исследования

Объектами исследования выступили 100 пациентов онкоурологического профиля, находившихся под наблюдением в ДКО ГКБ № 40 ДЗ г. Москвы с октября 2020 г. по декабрь 2021 г. В соответствии с пунктами опросника оценивали симптомы в нарушении мочеиспускания, кишечные симптомы, симптомы, связанные с гормональным лечением, сексуальную активность и функционирование. В ходе статистического анализа использовали построение кластерной тепловой карты (КТК), нелинейный анализ главных компонент и разделение смеси распределений. Для группировки столбцов и строк матрицы данных в КТК применяли иерархический кластерный анализ с коэффициентом корреляции Спирмена в качестве меры сходства, и методом Уорда [4] в качестве агломеративного алгоритма. Расчёты и построение КТК выполнены в пакете *heatmap* [5] программно-статистической среды R [6]. Нелинейный анализ главных компонент проводили в пакете IBM® SPSS® Statistics (version 20) методом CATPCA [7]. При этом все 25 показателей опросника анализировались как предварительно ранжированные и сглаженные квадратичным сплайном с максимально возможным количеством узлов порядковые переменные. При выборе числа латентных переменных руководствовались критериями Кэттелла, Кайзера и «сломанной трости» [8]. В качестве показателя надёжности использовали альфу Кронбаха, которая рассчитывалась в ходе нелинейного анализа главных компонент. Разделение смеси распределений индивидуальных факторных меток проведено по ЕМ-алгоритму в пакете PAST (version 4.06b) [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Кластерный анализ опросника КЖ EORTC QLQ-PR25. Для выявления коррелирующих вопросов, ответам на которые соответствуют регистрируемые опросником симптомокомплексы, а также групп пациентов со сходным сочетанием последних была построена кластерная тепловая карта (КТК) (рис. 1). Тепловая карта – графическое представление данных, где индивидуальные значения в таблице отображаются при помощи цвета. Она сочетает двойную кластеризацию объектов (пациенты) и их атрибутов (пункты опросника) с цветовой раскраской ячеек, выраженных в нормализованных единицах z [10]. В нашем случае использовалась нормализация объектов и цветовая палитра программы *Pheatmap* по умолчанию. В таком сочетании, чем в более красный цвет окрашена ячейка, тем в больший балл оценил соответствующий пункт пациент относительно среднего балла по выборке, тогда как синий цвет ячейки указывает на отклонение оценки данного пациента в меньшую от среднего сторону.

Видно, что выделились три кластера коррелирующих пунктов (1–3) и два кластера пациентов (P1 и P2) со сходными сочетаниями оценок. В первый кластер вопросов вошли три показателя сексуальной активности (Q20, Q21) и функции (Q22): «Насколько Вы заинтересованы в сексе?», «Насколько Вы были сексуально активны (с половым контактом или без него)?», «В какой степени секс был приятен Вам?», а также оценка недосыпания из-за необходимости посещать туалет в ночное время (Q4). Второй кластер вопросов сформирован преимущественно оценками симптомов мочевой системы, а третий – остальными симптомами.

Следует отметить большое число пропущенных значений для вопроса Q8 в кластере 2, что является видно на КТК как большое число серых ячеек, но является закономерным, так как ответ на этот вопрос предполагался только для пациентов, имеющих проблему недержания мочи.

Кластер пациентов P1 представлен 30 больными (30,0%), имеющими относительно высокие показатели сексуальной активности (кластер 1), низкую выраженность симптомов мочевой системы (кластер 2) и среднюю выраженность прочих симптомов, за исключением трёх вопросов о сексуальной функции (Q23–Q25), ответы на которые часто не были даны (12 серых блоков пропусков).

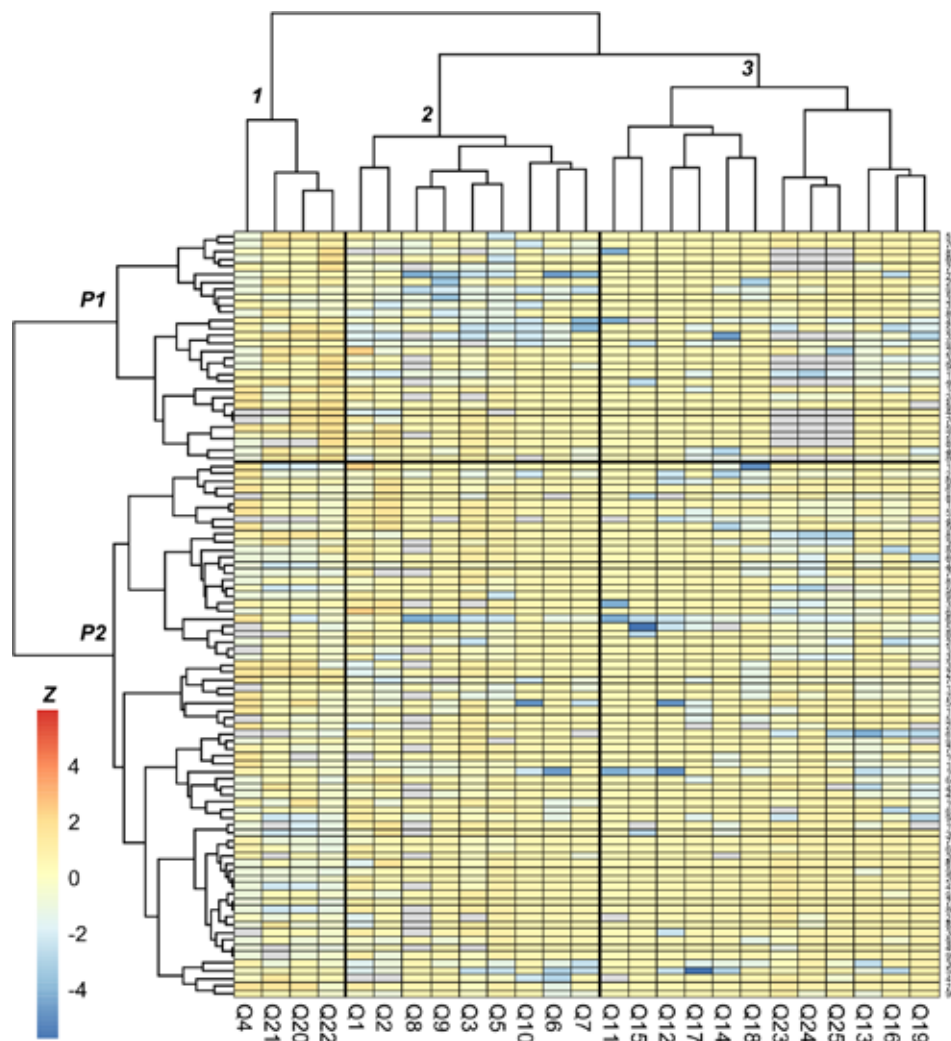


Рис. 1. Кластерная тепловая карта группировок вопросов опросника EORTC QLQ-PR25 и пациентов с раком предстательной железы.

Мера сходства – корреляция Спирмена, алгоритм – метод Уорда.

Красные ячейки – оценка пациента выше среднего, синие – ниже среднего, серые – нет данных

Второй кластер пациентов P2 содержал остальных 70 больных, имеющих проблемы преимущественно средней степени выраженности по всем трём симптомокомплексам. Из рис. 1 видно, что внутри этого большого кластера имелись подгруппы более похожих пациентов, но их обособленность была выражена слабо.

Таким образом сдвоенный кластерный анализ с визуализацией в виде тепловой карты позволил выявить три симптомокомплекса, а также два кластера пациентов: 1) преимущественно не имеющих проблем с мочевой системой и проявляющих высокую сексуальную активность и 2) имеющих относительно низкую сексуальную активность и проявления различной регистрируемой опросником симптоматики.

Нелинейный анализ главных компонент по алгоритму CATPCA. Несмотря на информативность кластерного анализа, особенно в сочетании с построением КТК, он не позволяет говорить о качестве самого опросника. Вместе с тем самым главным и комплексным показателем такого качества является конструктивная валидность – способностью теста к измерению именно запланированной и теоретически обоснованной характеристики [11]. Для её объективизации обычно используются многомерные статистические методы: анализ главных компонент и факторный анализ [12, 13]. Однако, поскольку ответы на вопросы опросника EORTC QLQ-PR25 выражаются в порядковой шкале – баллах (для большинства пунктов от 1 до 4), в анализе

правильнее задействовать непараметрические подходы. Поэтому нами был использован нелинейный анализ главных компонент, называемый также оптимальным шкалированием, который был проведён по алгоритму CATPCA – Categorical Principal Component Analysis. Данный метод является непараметрическим аналогом PCA и позволяет включить в анализ одновременно качественные номинальные, порядковые и количественные данные. При этом, в зависимости от настроек метода в программе, в качестве частных его случаев могут быть получены решения, аналогичные результатам как классического PCA, так и множественного анализа соответствий [7, 14].

Как видно из рис. 2, решение с 10 главными компонентами (ГК) по критерию Кайзера было явно избыточным, а согласно критерию «сломанной трости» нетривиальную долю дисперсии объясняли только первые 3 ГК. Также на три группы симптомокомплексов указал описанный выше кластерный анализ. Поэтому окончательный вариант анализа был проведён с выделением трёх ГК (в отличие от обычного PCA и аналогично факторному анализу, выбор числа латентных переменных в CATPCA влияет на результат). Результаты этого анализа представлены в таблице. Пациенты и пункты опросника в пространстве двух первых нелинейных главных компонент отображены на рис. 3.

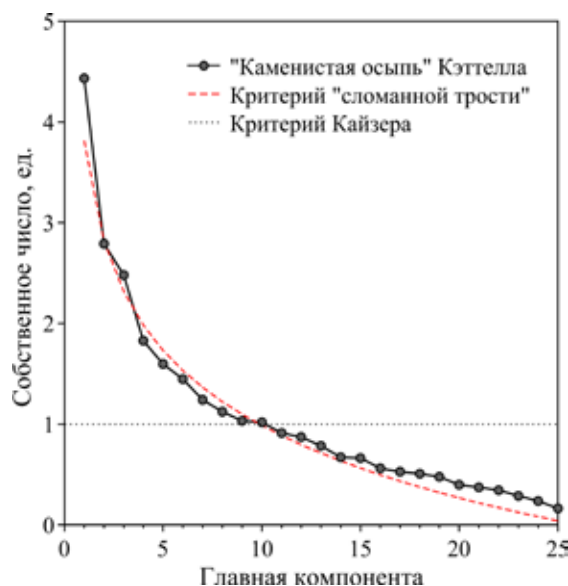


Рис. 2. Иерархия нелинейных главных компонент, выделенных по алгоритму CATPCA

Выделенные 3 ГК объясняли в сумме 43,1% общей дисперсии, причём половина её (21,1%) приходилась на первую ГК.

Видно, что за редким исключением высокие положительные нагрузки на неё дали симптомы мочеполовой системы, кишечные и гормональные симптомы, но не показатели сексуальной функции и активности. Последние вместе с отдельными гормональными симптомами сформировали самостоятельные вторую и третью ГК, приблизительно равные по силе (около 11% дисперсии). Таким образом, следует заключить, что первая ГК является интегральным показателем имеющихся у больных раком предстательной железы проблем, что указывает на факторную валидность методики. Судя по величине альфы Кронбаха (0,845), внутренняя согласованность пунктов опросника, сформировавших ГК 1, характеризуется как «хорошая» и коррелирует с данными [15], полученными с помощью КТТ (0,861). Вместе с тем низкая доля объясняемой дисперсии, а также наличие структурных компонентов, не вошедших в ГК 1, снижают её качество.

В последней колонке таблицы приведены значения общностей, которые изменяются от 0 до 1 и позволяют оценить, насколько полно данный пункт опросника нашёл отражение в выделенной модели из трёх компонент. Видно, что наименее полно в данном решении участвовали гормональные и кишечные симптомы (до 0,456), более полно – симптомы мочевого системы (до 0,601) и наиболее полно – показатели сексуальной функции (до 0,695) и сексуальной активности (до 0,805).

Сферу сексуальной активности и сексуальной функции следует обсудить дополнительно. Клинически понятно, почему специалисты Европейской организации по исследованию и лечению рака EORTC (European Organization for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire) вставили эти индикаторы в опросник. Однако с точки зрения тестологии получается, что они только мешают выделению интегрального симптомокомплекса больного раком простаты: снижают внутреннюю согласованность и формируют собственные ГК. На основании проведённого анализа можно предложить не включать ответы на вопросы 20–25 в расчёт интегрального показателя. Отметим, что авторы [16] не изучали внутреннюю согласованность домена сексуального функционирования (при обследовании 81 больного раком простаты I–IV стадии при использовании тайваньско-китайской версии EORTC QLQ-PR25) из-за большого числа отсутствующих ответов на условные вопросы этого домена.

Факторная структура опросника EORTC QLQ-PR25
по результатам нелинейного анализа главных компонент

№ вопроса	Главная компонента			Общность / Всего
	1	2	3	
Симптомы мочевой системы				
1	0,469	-0,273	-0,171	0,324
2	0,427	-0,420	0,118	0,373
3	0,756	0,041	-0,002	0,574
4	-0,351	0,020	-0,024	0,124
5	0,730	-0,021	-0,121	0,548
6	0,639	0,086	-0,179	0,448
7	0,647	-0,061	-0,126	0,438
8	0,732	0,238	-0,095	0,601
9	0,690	-0,052	-0,170	0,507
Кишечные симптомы				
10	0,601	-0,090	-0,143	0,390
11	0,442	0,217	-0,045	0,245
12	0,366	0,225	-0,174	0,215
13	0,157	0,127	0,605	0,407
Гормональные симптомы				
14	0,388	0,374	-0,164	0,317
15	0,299	0,375	-0,053	0,233
16	0,456	0,118	0,359	0,350
17	0,395	0,073	-0,011	0,162
18	0,145	0,401	-0,232	0,236
19	0,499	0,104	0,442	0,456
Сексуальная активность				
20	-0,107	0,889	0,056	0,805
21	-0,163	0,796	0,076	0,667
Сексуальная функция				
22	-0,315	0,678	0,047	0,561
23	0,181	0,089	0,809	0,695
24	0,104	-0,064	0,643	0,428
25	0,155	-0,134	0,790	0,667
Доля объяснённой дисперсии, %	21,1	11,3	10,7	Всего: 43,1
Альфа Кронбаха, ед.	0,845	0,682	0,660	Всего: 0,946

Примечание: жирным шрифтом выделены нагрузки > 0,3.

Если же по каким-то причинам важно оценивать наряду с симптомокомплексом больного ещё и сексуальные показатели, то лучше, во-первых, считать их по отдельным шкалам, а во-вторых – может быть больше нагрузить дополнительными вопросами, поскольку пока их внутренняя согласованность оценивается в 0,6–0,7, т.е. как «сомнительная».

Сомнительна и польза пункта 4 «*Не высыпаетесь ли Вы ночью из-за необходи-*

мости часто вставать в туалет?» (отрицательная нагрузка -0,351 на первую ГК). Заметим, что на основании матрицы корреляции этот индикатор имеет также наименьший показатель связи между вопросами внутри одной шкалы (0,0005) и наименьший критерий согласия хи-квадрат (0,001) [15]. Точки, соответствующие средним значениям 10 групп опытных данных, далеки от характеристической кривой в модели измерения Раша (рис. 4).

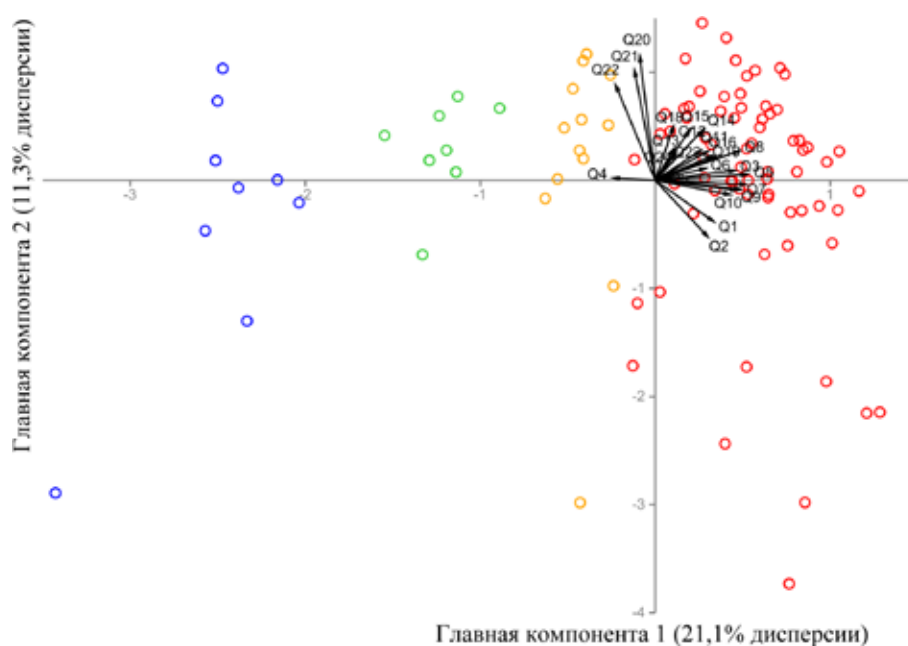


Рис. 3. Пациенты (точки) и пункты опросника (векторы Q) в пространстве двух первых нелинейных главных компонент.
 №№ пациентов в кластерах: синие ($n = 9$): 4, 16, 27, 32, 57, 58, 62, 92, 97;
 зелёные ($n = 8$): 3, 17, 21, 36, 37, 54, 74, 87;
 оранжевые ($n = 13$): 12, 15, 25, 40, 41, 46, 53, 76, 77, 78, 80, 89, 94;
 красные ($n = 70$) – все остальные

Номер: 4 Индикатор: 4 Оценка: 1,205 Хи-кв: 98,737 $P(\text{Хи-кв.})$: 0,000
 N=89

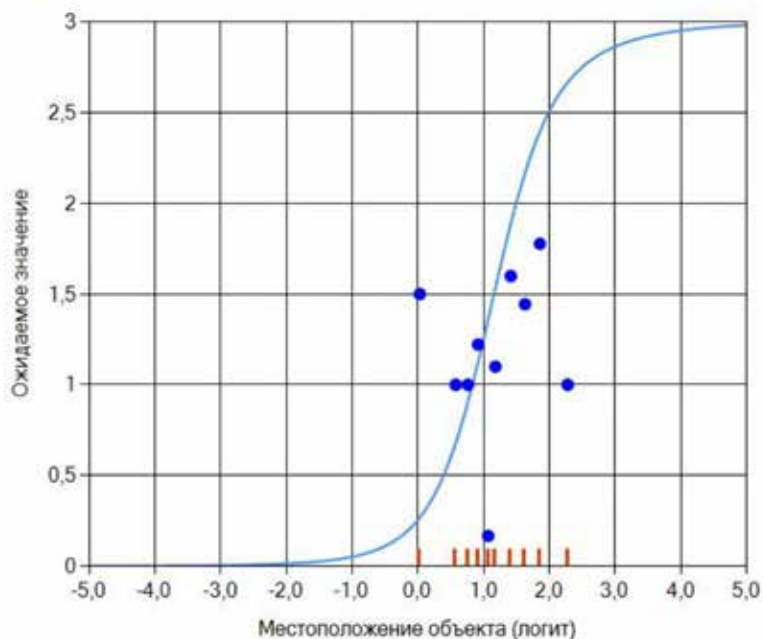


Рис. 4. Характеристическая кривая индикатора 4 «Не высыпаетесь ли Вы ночью из-за необходимости часто вставать в туалет?» и эмпирические данные, усредненные по группам объектов. Программа ИЛП – Измерение латентных переменных [17]

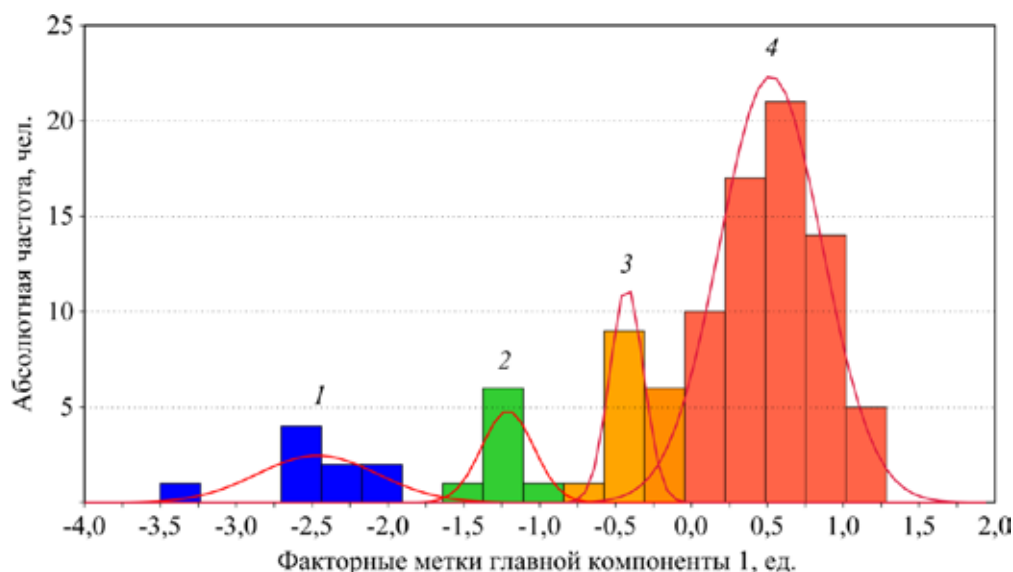


Рис. 5. Разделение смеси распределения факторных меток онкобольных для первой главной компоненты САТРСА. Цвета кластеров использованы в рис. 3

Поскольку ГК 1 наиболее полно отражала цели всего опросника, на последнем этапе нами были рассчитаны индивидуальные оценки пациентов (факторные метки) для данной компоненты. Для этого был проведён ещё один вариант анализа САТРСА, полностью идентичный предыдущему, но с заменой пропущенных данных средним значением пункта опросника. Это позволило с небольшой долей условности включить в анализ распределения факторных меток все 100 пациентов. На рис. 5 представлена гистограмма полученных значений, а также кривые её разделения четырьмя нормальными распределениями.

Видно, что группа пациентов с раком предстательной железы не является однородной по интегральному показателю опросника EORTC QLQ-PR25. В ней выделяются четыре кластера пациентов, три из которых имеют значения в отрицательной зоне графика, что соответствует повышенной сексуальной активности и меньшим проблемам по симптомокомплексу мочевой, кишечной и гормональной сфер. Количество пациентов, вошедших в кластеры 1, 2 и 3, составило соответственно 9, 8 и 13 чел., т.е. всего 30, что совпало с результатами кластерного анализа. Следует отметить, что три подгруппы кластера P1 на рис. 1 не идентичны, но близки по персональным меткам пациентов к полученному разделением смеси распределений результату. Последний, четвертый, кластер включает 70 пациентов с более выраженными проблемами со здоровьем.

Он является однородным и приблизительно соответствует кластеру P2 тепловой карты.

Выводы

1. Результаты двойного кластерного анализа с построением тепловой карты и нелинейного анализа главных компонент оказались схожими и выявили три группы коррелирующих пунктов опросника EORTC QLQ-PR25 и 2 группы пациентов с различным качеством жизни: 30% – с меньшими проявлениями симптомов мочевой системы, кишечных и гормональных симптомов и более высокими показателями сексуальной функции и активности, а также 70% – с обратной ситуацией.

2. В факторной структуре опросника выделяются три латентные переменные, преимущественно соответствующие: 1) симптому мочевой системы, кишечным и гормональным симптомам (21,1% дисперсии); 2) отдельным гормональным симптомам и с ведущим вкладом показателей сексуальной активности (11,3%); 3) отдельным гормональным и кишечным симптомам с ведущим вкладом и показателей сексуальной функции.

3. Внутренняя согласованность пунктов опросника, оцененная по факторной структуре, является хорошей (альфа Кронбаха 0,845) и может быть увеличена исключением из расчёта вопросов 20–25.

Список литературы

1. Муслов С.А., Маслак А.А., Арутонов С.Д., Грачев Д.И., Чижмаков Е.А. Кривые распределения категорий в модели

- Раша и их применение для анализа качества жизни в медицине // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 3. С. 32–39.
2. Муслов С.А., Маслак А.А., Арутюнов С.Д., Грачев Д.И., Чижмаков Е.А. Анализ параметров качества жизни стоматологических больных с помощью современной теории тестирования // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 4. С. 50–66.
 3. Лапшихина Е.А., Муслов С.А. Исследование качества жизни больных раком предстательной железы и психометрические свойства опросника EORTC QLQ-PR25 // Научное обозрение. Медицинские науки. 2021. № 4. С. 16–31.
 4. Borcard D., Gillet F., Legendre P. Cluster analysis. Numerical ecology with R. Use R! Cham: Springer, 2018. P. 59–150. DOI: 10.1007/978-3-319-71404-2_4.
 5. Kolde R. Package 'pheatmap': pretty heatmaps version 1.0.12. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/pheatmap/pheatmap.pdf> (дата обращения: 01.02.2022).
 6. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. [Электронный ресурс]. Austria, Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. URL: <https://www.R-project.org> (дата обращения: 01.02.2022).
 7. Van der Kooij A.J., Meulman J.J. Categorical principal components analysis. SPPS Categories 10.0 / J.J. Meulman, W.J. Heiser, and SPSS Inc. Eds. Chicago: SPSS Inc., 1999. P. 103–126, 221–237.
 8. Jackson D.A. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristic and statistical approaches. *Ecolgy*. 1993. Vol. 74. No. 8. P. 2204–2214. DOI: 10.2307/1939574.
 9. Hammer Ø., Harper D.A.T., & Ryan P.D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. No. 1. P. 1–9.
 10. Wilkinson L., Friendly M. The history of the cluster heat map. *The American Statistician*. 2009. Vol. 63. No. 2. P. 179–184. DOI: 10.1198/tas.2009.0033.
 11. Жмуров В.А. Большая энциклопедия по психиатрии. 2-е изд. М.: Джангар, 2012. 864 с.
 12. El-Den S., Schneider C., Mirzaei A., Carter S., Schneider C., Stephen A. How to measure a latent construct: Psychometric principles for the development and validation of measurement instruments. *International Journal of Pharmacy Practice*. 2020. Vol. 28. No. 4. P. 326–336. DOI: 10.1111/ijpp.12600.
 13. Tavakol M., Wetzel A. Factor analysis: a means for theory and instrument development in support of construct validity. *International Journal of Medical Education*. 2020. No. 11. P. 245–247. DOI: 10.5116/ijme.5f96.0f4a.
 14. De Leeuw J. History of nonlinear principal component analysis. *Visualization and Verbalization of Data*. Blasius J., Greenacre M. Eds. Chapman and Hall. CRC. 2014. P. 45–60.
 15. Лапшихина Е.А., Муслов С.А., Маслак А.А., Корнев А.А., Зайцева Н.В., Перцов С.С. Исследование качества жизни больных раком предстательной железы с помощью опросника EORTC QLQ-PR25 на основе классической и современной теории тестирования // Эффективная фармакотерапия. Урология. 2022. № 18 (2). С. 6–24.
 16. Wei-Chu Chie, Chih-Chieh Yu, Hong-Jeng Yu. Reliability and validity of the Taiwan Chinese version of the EORTC QLQ – PR25 in assessing quality of life of prostate cancer patients // *Urological Science*. 2010. Vol. 21. No. 3. P. 118–125.
 17. Маслак А.А., Моисеев С.И., Осипов С.А., Поздняков С.А. Исследование точности измерения латентной переменной в зависимости от диапазона варьирования набора индикаторов // *Радиоэлектроника, информатика, управление*. 2017. Т. 40. № 1. С. 42–49.

УДК 57:612.01:378.17

ИНФОРМИРОВАННОСТЬ СТУДЕНТОВ В ВОПРОСАХ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

Созонова А.Н., Хромина С.И.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень,
e-mail: yagovkina-anastasiya@mail.ru

В статье представлены результаты анкетирования по вопросам здорового и правильного питания студентов 1–3 курсов обучения Тюменского индустриального университета. Определены ключевые критерии здорового питания. Изучение количества приемов пищи обучающимися и включенности в режим завтрака как отдельного приема пищи показывает соответствие нормам режима питания. Проанализирован компонентный состав потребляемой пищи. Дана рейтинговая оценка ответов на вопросы юношей и девушек по включенности в рацион мясной, рыбной и молочной продукции. Информация респондентов на вопросы о кондитерской продукции, овощах, фруктах представлена в соответствии с количеством потребления юношей и девушек дифференцированно. Исследован факт потребления круп и макаронных изделий на гарниры, в сравнении с картофелем. Полученные результаты и сравнительные характеристики свидетельствуют о высоких рисках в функционировании организма. Анализ данных определяет влияние погрешностей в режиме и качестве питания в целом на здоровье студентов. Выявленная проблематика свидетельствует о наличии проблемы низкой информированности студентов в вопросах самоорганизации питания во время обучения. Повышать грамотность студентов в вопросах организации здорового питания возможно через курс лекций по питанию, организованных в рамках элективной дисциплины «Экология здоровья».

Ключевые слова: здоровье, правильное, здоровое питание, студент, образ жизни, структура питания, компонентный состав пищи

AWARENESS OF STUDENTS IN ISSUES OF HEALTHY NUTRITION

Sozonova A.N., Khromina S.I.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: yagovkina-anastasiya@mail.ru

The article presents the results of a survey of students of 1-3 courses of study of Tyumen Industrial University, on healthy and proper nutrition. The key criteria of a healthy diet are defined. The study of the number of meals by students and inclusion in the breakfast regime, as a separate meal, shows compliance with the norms of the diet. The component composition of the consumed food is analyzed. A rating assessment of the answers to the questions of boys and girls on the inclusion of meat, fish and dairy products in the diet is given. The information of respondents to questions about confectionery products, vegetables, fruits, is presented in accordance with the amount of consumption of boys and girls differentiated. The fact of consumption of cereals and pasta for side dishes, in comparison with potatoes, is investigated. The obtained results and comparative characteristics indicate high risks in the functioning of the body. Data analysis determines the influence of errors in the regime and quality of nutrition in general on the health of students. The identified problems indicate the presence of a problem of low awareness of students in matters of self-organization of nutrition during training. It is possible to increase the literacy of students in the organization of healthy nutrition through a course of lectures on nutrition organized within the framework of the elective discipline "Ecology of Health".

Keywords: health, proper, healthy nutrition, student, lifestyle, nutrition structure, component composition of food

Проблема здорового и правильного питания молодежи имеет основополагающее значение. Здоровье студента – стратегический ресурс страны, профессиональный оплот уверенной экономики завтрашнего дня. С заботой о здоровье студенческой молодежи в вузе должна строиться политика высшей школы, где должное внимание уделяется организации правильного питания [1, 2].

Основными факторами здоровья являются наследственность, экологическая обстановка, уровень медицинского обслуживания, а самым значительным является образ жизни человека. Здоровый образ жизни – это не только отказ от вредных привычек, но и правильное питание, которое является

неотъемлемой частью здоровьесбережения [3, 4]. Все физиологические процессы в организме находятся в большой зависимости от нашего питания. Рациональные подходы в организации здорового питания подрастающего поколения и молодежи позволяют обеспечить нормальный рост и развитие растущего организма. Полноценное питание с восстановлением энергетических затрат определяет умственное и физическое развитие обучающихся. Успешность в обучении зависит от многих факторов, но питание является одним из важных моментов. Правильное питание обеспечивает оптимальное функционирование всех органов и систем, формирует иммунитет и адаптационные резервы организма.

Современный человек в стремительном ритме жизни пренебрегает заботой о правильном питании, и социальная прослойка студенческой молодежи не является исключением. В работах многих исследователей уделяется особое внимание этому вопросу. Серьезность изучаемых вопросов состоит в том, что причиной многих функциональных нарушений и даже заболеваний становится недостаток внимания к пищевому поведению. Наиболее часто встречаются расстройства соматического здоровья в психоэмоциональной сфере, в работе пищеварительной системы. Снижение уровня здоровья студентов в период обучения в вузе обусловлено многими факторами: адаптацией к новому режиму дня, сменой условий проживания, неумением регулировать режим труда и отдыха, информационными перегрузками, гиподинамией. К основным факторам риска можно отнести: недостаточную двигательную активность, нарушение режима и качества питания, нарушение режима учебы и отдыха, курение и частое употребление алкоголя [5–7].

Основательно проанализировать проблему пищевого поведения студентов и качества потребляемой пищи возможно только через опрос студентов. Вопросы подобраны по темам режима, формы и качества питания студентов на этапе обучения в вузе.

Целью исследования является изучение информированности студентов по вопросам организации правильного режима питания и компонентного состава потребляемой пищи.

Объект исследования – студенты очной формы обучения разных направлений подготовки, с 1 по 3 курс обучения.

Предметом исследования является режим пищевого поведения и компонентный состав пищи студентов.

Анкетирование студентов Тюменского индустриального университета было проведено с 1 по 3 курс, в нем принял участие 961 студент очной формы обучения, разных направлений подготовки. Анкетирование проводилось методом сплошной выборки, анонимно, возраст респондентов составил 18–21 год, из них 604 (63 %) составили юноши и 357 (37 %) девушки. Для исследования авторами была разработана анкета (доцент, канд. сельхоз. наук А.Н. Созонова, доцент, канд. биол. наук С.И. Хромина). Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы Excel.

На рис. 1 представлены результаты опроса студентов по режиму питания. Так, на вопрос о количестве приемов пищи в день было выявлено, что трех-четырёхразовое питание присутствует у 570 студентов, что составляет 59 % от общего количества опрошенных, из них 363 юноши (38 %) и 207 (21 %) девушек; двух-трехразовое питание присутствует у 108 студентов, что составляет 11 % от общего числа опрошенных, из них 75 юношей (8 %) и 33 (3 %) девушки. Более четырех раз в день принимает пищу 81 студент, что составляет 9 % от общего числа опрошенных, из них 59 юношей – это 7 % от числа студентов этой категории, и 22 девушки (2 %). Ограничиваются одним-двумя приемами пищи в день 202 студента, что составляет 21 %, из них 107 юношей, это 11 % общей численности данной категории, и 95 девушек (10 %). Таким образом, большинство студентов принимают пищу 3–4 раза в день, что является нормой.

У большинства студентов учебные занятия начинаются в утренние часы, поэтому следующий вопрос был посвящен наличию завтрака в режиме питания студентов.

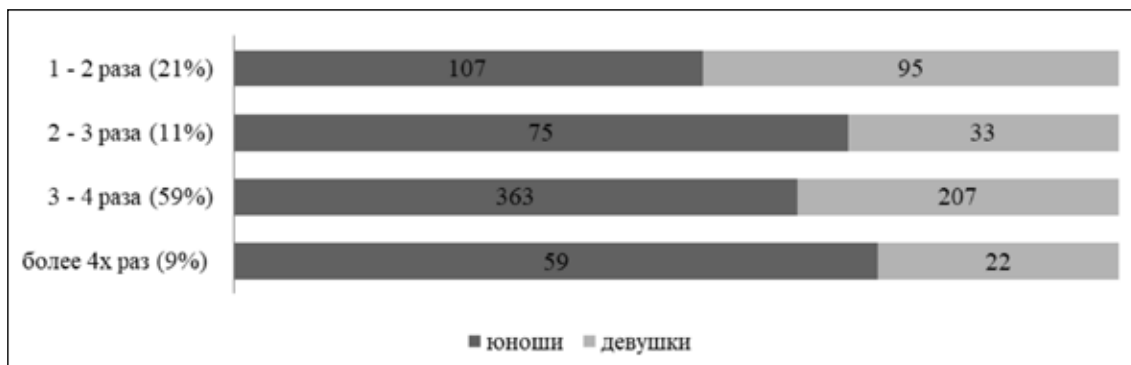


Рис. 1. Ранжирование численности студентов по количеству приемов пищи в день

Ответы распределились следующим образом:

– полноценно завтракают 516 человек, что составляет 54% от общего числа опрошенных студентов, из них 315 юношей (33%) и 201 девушка (21%);

– не завтракают или очень редко принимают пищу на завтрак 144 студента, это 15% опрошенных, из них 88 (9%) юношей и 56 девушек (6%);

– у 301 (31%) студента есть желание завтракать с утра, но по причине нехватки времени они не завтракают, из них 201 юноша – 21% ответов по данному вопросу и 100 девушек – 10%.

Между основными приемами пищи часто отмечались перекусы (сладости, чипсы, фрукты) у 148 студентов, что составляет 15% от общей численности, из них 109 (11%), юношей и 39 (4%) девушек. Из напитков регулярно пьют воду 343 студента, что составляет 36% от общей численности студентов, из них 189 (20%) юношей и 154 (16%) девушки. Отдают предпочтение чаю 388 студентов – 40% общей численности, из них 215 (22%) юношей и 173 (18%) девушек. 140 (15%) студентов из напитков выбирают соки и морсы, из них 98 (11%) юноши и 42 (4%) девушки, и около 90 (9%) студентов делают свой выбор в пользу сладких газированных напитков.

Рацион современной молодежи широко представлен быстрыми формами пищи, это популярная еда в виде «фастфуда», блюда быстрого приготовления. В результате исследования достоверно подтверждено, что 461 студент 1–2 раза в месяц отдает предпочтение «быстрой» еде, что составляет 48% от общей численности студентов, участвующих в опросе, из них 302 юноши (31%) и 159 (17%) девушек предпочитают форму быстрого питания. В рационе быстрых блюд отсутствуют продукты, насыщенные пищевыми волокнами, много продуктов с избытком легко усвояемых угле-

водов и животных жиров, что способствует увеличению числа обучающихся с избыточной массой тела. Было выявлено, что студентов, полностью исключивших из рациона «вредные» продукты, только 90 человек, это 9% от общей численности опрошенных, из них 52 (5%) юноши и 38 (4%) девушек. Для нормальной жизнедеятельности организма необходимо соблюдение принципов сбалансированного питания, связанного с правильным соотношением поступления в организм белков, жиров, углеводов, витаминов и микроэлементов. Анализ качества потребляемых белковых продуктов студентами представлен на рис. 2. В процессе исследования было выявлено, что абсолютное большинство опрошенных студентов ежедневно потребляют мясные продукты – 417 человек, что составляет 43% от общего числа опрошенных, из них 269 юношей, это 28%, и 148 (15%) девушек. Совсем не употребляют мясо 25 человек – 3% студентов, из них 15 (2%) юношей и 10 (1%) девушек. Употребляют мясные продукты 1–3 раза в неделю 382 студента, что составляет 40% респондентов, из них юноши 202 (21%) и девушки 180 (19%). 1–3 раза в месяц мясо и мясные блюда употребляет 107 (11%) студентов, из них 95 (10%) юношей и 12 (1%) девушек.

Молоко и кисломолочные продукты употребляют 1–3 раза в неделю 406 (42%) студентов, из них 232 (24%) юноши и 174 (18%) девушки (рис. 3). Ежедневное потребление молочной продукции отмечено у 338 (35%) студентов, из них 222 (23%) юноши и 116 (12%) девушек, около 28 (3%) обучающихся включают эти продукты в свой рацион реже одного раза в месяц. 1–3 раза в месяц употребляют молочную продукцию 146 (16%) студентов, из них 109 (12%) юношей и 37 (4%) девушек. Совсем не включают в рацион молоко и молочную продукцию 43 (4%) студентов, из них 23 (2%) юноши и 20 (2%) девушек.

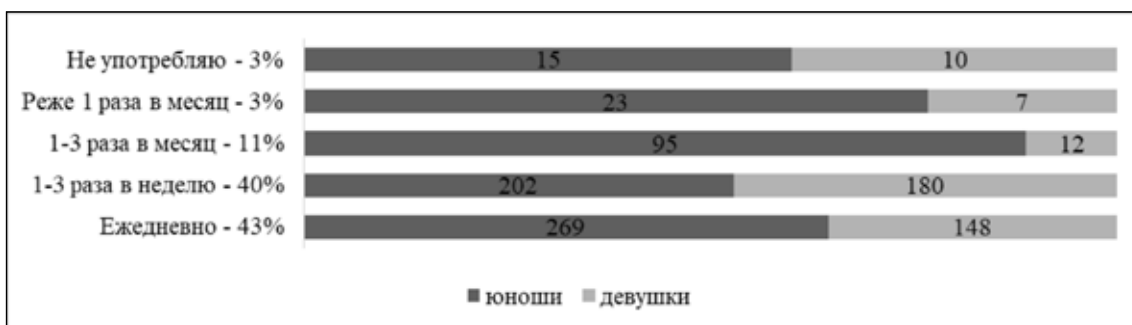


Рис. 2. Ранжирование состава студентов по присутствию в рационе мясных продуктов

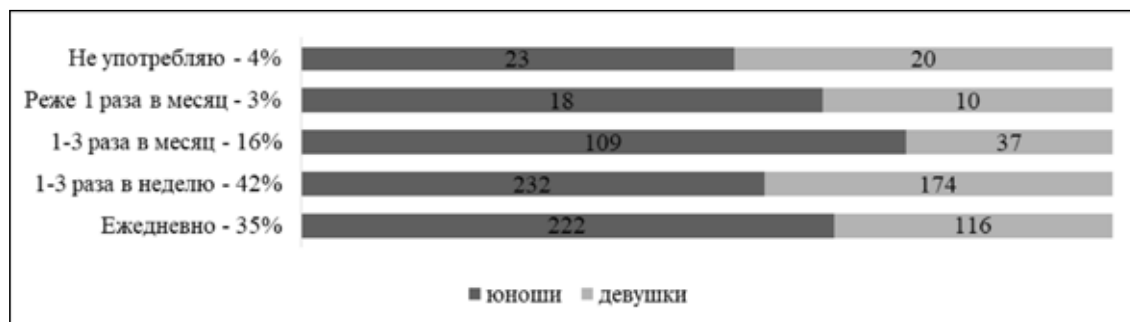


Рис. 3. Ранжирование состава студентов по присутствию в рационе молока и кисломолочных продуктов

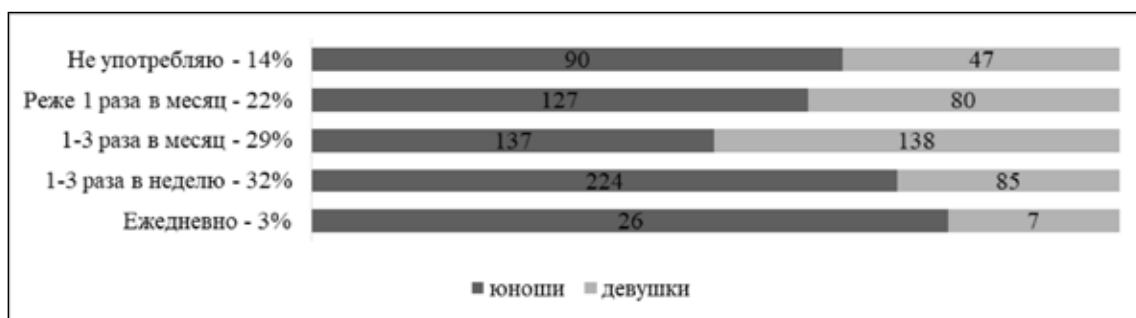


Рис. 4. Ранжирование состава студентов по присутствию в рационе рыбы и рыбной продукции

Рыба присутствует в рационе питания большинства молодых людей, но употребляют они ее очень редко (рис. 4). Так, ежедневно употребляют рыбу 33 студента, что составляет 3 % от общего числа респондентов, из них 26 (2 %) юношей и 7 (1 %) девушек. 1–3 раза в месяц употребляют рыбу 275 студентов (29%), из них 137 (14 %) юношей и у 138 (15 %) девушек. 1–3 раза в неделю употребляют рыбные блюда 309 (32 %) студентов, из них 224 (23 %) юноши и 85 (9 %) девушек. Совсем не включают в рацион рыбу 137 (14 %) студентов, из них 90 (9 %) юношей и 47 (5 %) девушек.

Далее рассмотрим частоту потребления продуктов, содержащих углеводы.

Овощи и фрукты, согласно гигиеническим принципам питания, должны составлять в рационе взрослого человека не менее 400 г в день. Однако по полученным данным (рис. 5) этот показатель не соответствует нормативам. Только 356 (37 %) студентов, из них 204 (21 %) юноши и 152 (16 %) девушки следуют этим рекомендациям. 1–3 раза в неделю в рационе овощи и фрукты присутствуют у 443 (46 %) обучающихся, из них 277 (29 %) юношей и 166 (17 %) девушек. 1–3 раза в месяц употребляют све-

жие овощи и фрукты 117 студентов (12%), из них 89 (9 %) юношей и у 28 (3 %) девушек. Реже 1 раза в месяц у 38 (4 %) студентов присутствуют в рационе данные продукты, из них у 29 (3 %) юношей и 9 (1 %) девушек. Совсем не включают в рацион овощи и фрукты 10 (1 %) студентов, из них 8 (0,8 %) юношей и 2 (0,2 %) девушки.

Достаточно часто в рационе встречаются мучные изделия в различной форме: пирожки, булочки, кексы, пирожные и прочие кондитерские изделия. Ежедневное присутствие данной группы продуктов в структуре питания отметили 310 (32 %) студентов, в том числе 175 (18 %) юношей и 135 (14 %) девушек, 1–3 раза в неделю употребляют кондитерские изделия 439 обучающихся, это 46 %, в том числе 265 (28 %) юношей и 174 (18 %) девушки. Совсем не употребляют сладкое 45 человек – 5 % студентов, из них 35 (4 %) юношей и 10 (1 %) девушек. Употребляют мучные продукты реже 1 раза в месяц 145 студентов, что составляет 15 % респондентов, из них 109 юношей (11 %) и 36 девушек (4 %). 1–3 раза в месяц употребляют мучное 22 (2 %) студента, из них 20 (1,8 %) юношей и 2 (0,2 %) девушки.

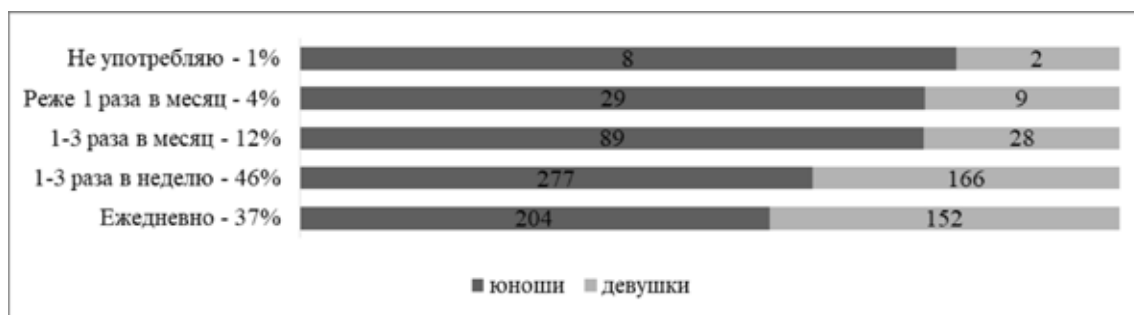


Рис. 5. Ранжирование состава студентов по присутствию в рационе овощей и фруктов

В процессе исследования было выявлено, что ежедневно потребляют в качестве гарниров крупы и макаронные изделия абсолютное большинство опрошенных студентов, 440 человек, что составляет 46% от общего числа опрошенных, из них 290 юношей, это 30% данной категории и 150 (16%) девушек. Совсем не употребляют 44 человек – 5% студентов, из них 30 (3%) юношей и 14 (2%) девушек. Употребляют гарниры из круп и макаронных изделий 1–3 раза в неделю 198 студентов, что составляет 20% респондентов, из них 127 юношей (13%) и 68 девушек (7%). 1–3 раза в месяц употребляют крупы и макаронные изделия в качестве гарнира 184 (19%) студента, из них 109 (11%) юношей и 75 (8%) девушек.

Картофель в качестве гарнира включает 1–3 раза в неделю 481 (50%) студент, 302 (31%) юноши и 179 девушек (19%). 332 (35%) обучающихся, из них 193 (20%) юношей и 139 (15%) девушек данный продукт потребляют 1–2 раза в месяц, а ежедневно в качестве гарнира употребляют картофель 77 (8%) опрошенных студентов, из них 66 (7%) юношей и 11 (1%) девушек. Совсем не употребляют 19 человек – 2% студентов, из них 12 (1,3%) юношей и 7 (0,7%) девушек.

Таким образом, по данным проведенного исследования было установлено наличие ряда неблагоприятных факторов риска по здоровью у студентов, как в режиме питания, так и качестве употребляемой пищи. Было установлено, что правильный трех-четырёхразовый режим питания отмечен у 60% студентов, при этом 21% студентов питается менее 3 раз в день, что является фактором, не способствующим поддержанию оптимального режима функционирования организма в период напряженного умственного труда при обучении в вузе. Кроме того, завтрак как отдельный прием пищи присутствует в режиме питания лишь у 54% студентов.

По качеству потребляемых продуктов и включенности основных пищевых компонентов в рацион питания студентов прослеживается неблагоприятная тенденция. Так, в ежедневном рационе питания студентов мясо и мясные блюда присутствуют лишь у 43% респондентов; молоко и кисломолочные продукты у 35%. Ежедневную норму потребления рыбы и рыбной продукции выдерживают лишь 35% опрошенных. Овощи и фрукты в рационе обучающихся ежедневно присутствуют лишь у 37%, при этом потребление кондитерских изделий превышает норму и достигает 78% еженедельного режима потребления.

Качественный состав гарниров свидетельствует о незначительном преобладании в ежедневном и еженедельном рационе питания студентов круп и макаронных изделий над картофелем.

Все совокупные факторы риска по режиму и качеству питания студентов свидетельствуют о несоответствии гигиеническим принципам рационального питания, повседневно преобладании углеводно-жирового рациона с недостаточным количеством животного белка и дефицитом витаминов и микроэлементов.

Выявленные несоответствия требованиям рационального питания могут влиять на состояние здоровья и приводить к функциональному дисбалансу в работе систем и органов. В большинстве случаев погрешности в режиме и качестве питания связаны с низкой информированностью студентов в вопросах питания. С этой целью нами предпринят ряд мер, в частности разработан курс лекций по здоровому питанию в рамках элективной дисциплины «Экология здоровья».

Список литературы

1. Архангельская С.М., Сякина Г.Е. Правильное питание как неотъемлемая часть здорового образа жизни студента // Наука XXI века: актуальные направления развития:

сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 8–13.

2. Мартышенко Н.С. Исследование проблем организации питания студентов университета: социально-экономические аспекты // Теоретическая и прикладная экономика. 2017. С. 70–89.

3. Величко Т.И., Михайлюк Е.И. Питание студента как фактор физического здоровья // Живая психология. 2018. С. 363–370.

4. Носов А.М. Рациональное питание как фактор здорового образа жизни студентов // Актуальные вопросы физической культуры и спорта в вузах: материалы 74-й Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения П.А. Ильенкова. М., 2021. С. 89–92.

5. Лемеш К.И. Правильное питание как ключевой компонент здорового образа жизни студента // Система ценностей современного общества. 2016. С. 121–125.

6. Семерник Е.Р. Рациональное питание студентов – как фактор здорового образа жизни // Психология образования будущего: от традиций к инновациям: материалы II международной конференции студентов, магистрантов и аспирантов / Под ред. Н.В. Нижегородцевой. 2018. С. 117–119.

7. Субботина Е.В. Оценка правильности режима питания как обязательного элемента здорового питания по результатам опроса студентов и преподавателей вуза // Современная педагогика: теория, методология, практика: сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2019. С. 96–101.

УДК 57:612:796.06

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОРТИВНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ НАРАЩИВАНИЯ МЫШЕЧНОЙ МАССЫ В ПРОЦЕССЕ ФИЗИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

¹Помогаева Н.С., ²Каменский Д. А.

¹ФГКОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел
Российской Федерации», Санкт-Петербург, e-mail: pomnad@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»,
Санкт-Петербург, e-mail: aero5090@mail.ru

Спортивное питание – обеспечение необходимыми пищевыми веществами для получения энергии для тренировок, соревнований, восстановления и хорошего самочувствия. Состав питания спортсменов должен подбираться индивидуально, с учетом физической подготовленности и интенсивности нагрузок. Оптимальную работоспособность обеспечивает адекватное потребление энергии. Гейнер – спортивная добавка, он ускоряет рост мышц и ведет к их восстановлению после тренировок, поэтому отлично подходит для интенсивной физической активности. Применение спортивных добавок после тренировок повышает выносливость и трудоспособность, дает возможность снижать или набирать массу тела и, соответственно, улучшать спортивные показатели. Состав и пропорции гейнера подобраны так, чтобы все его питательные вещества способствовали росту мышечной массы. Правильно подобранный комплекс спортивных добавок помогает спортсменам обеспечивать максимальную эффективность тренировочного процесса. Ожидаемым результатом от длительного употребления гейнера является значительное увеличение массы тела за счет мышечной ткани и жировой клетчатки. Но в большинстве случаев гейнер – это неоправданное и дорогое удовольствие. В статье приведен анализ употребления спортивных добавок, используемых для наращивания мышечной массы в процессе физического совершенствования студентов, оценены положительные и отрицательные стороны гейнеров для здоровья спортсменов.

Ключевые слова: пищевые добавки, спортивное питание, мышечная масса, мезоморфы, эндоморфы, гейнер

THE USE OF SPORTS SUPPLEMENTS TO BUILD MUSCLE MASS IN THE PROCESS OF STUDENTS' PHYSICAL IMPROVEMENT

¹Pomogaeva N.S., ²Kamenskiy D.A.

¹Saint Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Saint Petersburg,
e-mail: pomnad@mail.ru;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg,
e-mail: aero5090@mail.ru

Sports nutrition – providing essential nutrients to provide energy for training, competition, recovery and wellness. The composition of the nutrition of athletes should be selected strictly individually, taking into account physical fitness and intensity of exercise. Optimum performance is ensured by adequate energy consumption. Gainer is a sports supplement, it accelerates muscle growth and leads to their recovery after training and is therefore excellent for intense physical activity. The use of sports supplements after training increases endurance and working capacity, makes it possible to reduce or gain body weight and, accordingly, improve sports performance. The composition and proportions of the gainer are selected so that all its nutrients contribute to the growth of muscle mass. A properly selected complex of sports supplements helps athletes ensure maximum efficiency of the training process. The expected result from long-term use of a gainer is a significant increase in body weight due to muscle tissue and adipose tissue. But in most cases, a gainer is an unjustified and expensive pleasure. The article provides an analysis of the use of sports supplements used to build muscle mass in the process of physical improvement of students, and evaluates the positive and negative aspects of gainers for the health of athletes.

Keywords: dietary supplements, sports nutrition, muscle mass, mesomorphs, endomorphs, gainer

В настоящее время широко стали применяться различные спортивные добавки для наращивания мышечной массы и ускорения метаболизма.

Спортивное питание – это группа пищевых продуктов, которыми чаще всего пользуются люди, занимающиеся спортом. Прием спортивного питания направлен на повышение силы и выносливости, улучшение спортивных показателей и, как следствие, на увеличение продолжительности жизни [1, с. 200]. Спортивное питание от-

носится к биологически активным добавкам. Оно разрабатывается и производится на основе научных исследований в разных областях науки и представляет собой подобранные по составу смеси основных пищевых элементов. Спортивные добавки классифицируются по степени их доказательной эффективности, где класс А – безусловно эффективные и D – безусловно неэффективные:

– безусловно эффективные (класс А). Обеспечивают спортсмена необходимым

количеством калорий и показывают себя эффективными и безопасными в большинстве проводимых исследований;

– вероятно, эффективные (класс В). Их базовые исследования подтверждают теоретическое обоснование, но требуется дальнейшее исследование их влияния на тренировочный процесс;

– недостаточно исследованные (класс С). Их заявленные свойства имеют теоретическое обоснование, но не подтверждены исследованиями;

– безусловно неэффективные (класс D). Их заявленные свойства научно не обоснованы и/или опровергнуты в результате проведенных исследований [2, 3].

К плюсам спортивного питания относят высокую пищевую ценность, длительность хранения, экономию времени на приготовление пищи, быстрое усвоение организмом. Наиболее известные пищевые добавки для набора мышечной массы – гейнеры.

Целью исследования являлся анализ использования спортивных добавок, используемых для наращивания мышечной массы в процессе физического совершенствования студентов.

Материалы и методы исследования

В анкетировании приняли участие 50 студентов четвертого курса. Среди них есть студенты, которые входят в состав сборных по волейболу и баскетболу, а также посещают спортивные секции. Участвовали лица как мужского, так и женского пола в равном количестве: 25 девушек и 25 юношей (рис. 1, 2).

По проведенному анкетированию 50 чел. можно сделать вывод, что 40 из них занимаются спортом и употребляют спортивные добавки, 10 студентов употребляют именно гейнер. Было также отмечено, что девушек, использующих пищевые добавки для набора мышечной массы, оказалось больше, благодаря активному использованию в их рационе протеиновых батончиков, гейнеры не пользуются популярностью у девушек, в отличие от парней. Гейнер – это высококалорийный продукт с огромной скоростью усвоения. Девушки должны заниматься тяжелыми физическими упражнениями, тогда не будет переизбытка калорийности при употреблении гейнера. Это нашло подтверждение и в нашем исследовании, которое показало, что только две девушки употребляют гейнер до и после тренировки, также выяснено, что они сами занимаются спортом и тренируют других в фитнес-клубах.

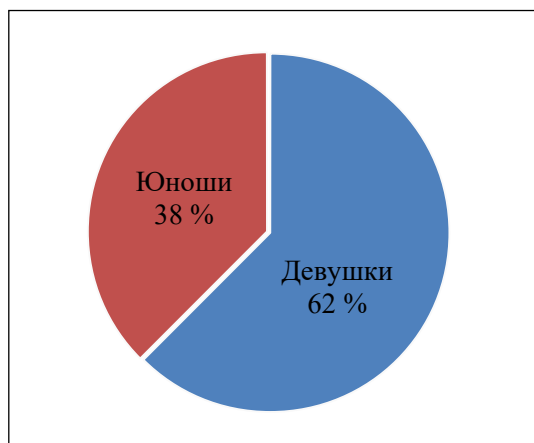


Рис. 1. Студенты, использующие пищевые добавки

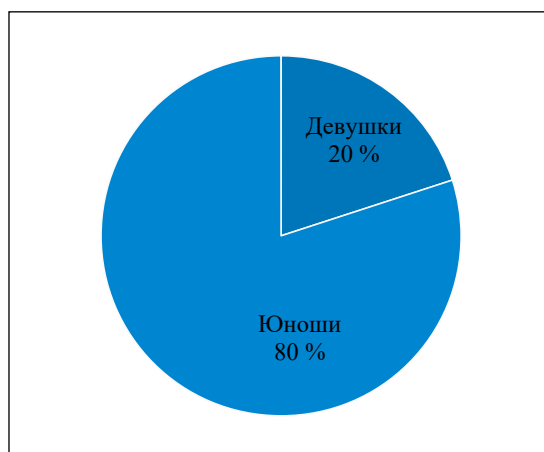


Рис. 2. Студенты, использующие гейнеры

Результаты исследования и их обсуждение

Основным фактором поддержания нормальной жизнедеятельности каждого человека является питание. Специально подобранный рацион питания способствует поддержанию нормальной жизнедеятельности организма. При интенсивных занятиях спортом внутренние органы спортсмена работают в усиленном режиме, затрачивая огромное количество энергии на поддержание жизненных функций [4, с. 33].

При составлении спортивной диеты необходимо увеличивать поступление в организм

углеводов, а потребление жиров снижать. Именно углеводы служат источником энергии в спорте. Организм может получать энергию либо из пищи, либо используя собственные энергетические ресурсы

[5, с. 57]. Если при соблюдении спортивной диеты в организм не поступает достаточного количества энергии, используются жиры и углеводы (гликоген), если их становится недостаточно, источником энергии является белок (протеин). При физических нагрузках запасы гликогена истощаются, и, если в организм вовремя не поступит дополнительная энергия в виде углеводов, спортсмен не сможет поддерживать свою работоспособность на достаточном уровне. Использование специализированных спортивных добавок при физических тренировках позволяет поддерживать необходимый уровень углеводов в организме, что обеспечивает максимальную эффективность тренировочного процесса [6, с. 65].

Таким образом, для достижения оптимальной физической формы необходимо обеспечить организм спортсмена дополнительной энергией за счет увеличения углеводов в рационе до 60%. Суточное потребление углеводов у спортсменов должно составлять в среднем 5 г на килограмм массы тела. Достаточное количество энергии зависит от возраста, пола и массы тела, а также от соотношения объема и интенсивности тренировок. Одной из основных форм получения энергии является применение спортивных добавок. Они разнообразны по составу, и помимо углеводов и белков в них также добавлены жиры, минералы, витамины и ферменты, могут быть добавлены и экстракты растений. В целом спортивные добавки обеспечивают необходимое увеличение мышечной массы и улучшение спортивных показателей [7, с. 54].

Известно, что суточное потребление энергии взрослым человеком и, конечно же, его потребность в калориях колеблется в зависимости от возраста и вида деятельности. У мужчин это потребление составляет от 2500 до 2900 ккал, у женщин от 2000 до 2300 ккал, а в случае постоянной и значительной физической нагрузки – до 4200 и 3600 ккал. Они особенно возрастают с увеличением нагрузок и повышением квалификации во всех видах спорта.

Основными составляющими спортивного питания являются белки, они производят до 15% энергии. Спортсмены с небольшими физическими затратами энергии должны употреблять белок около 1,0 г на килограмм массы тела. Для больших затрат энергии спортсменам необходимо 1,3–1,5 г белка на килограмм массы тела, а в силовых видах спорта необходимо принимать 1,5–1,8 г белка на килограмм массы тела. Возможное превышение данных норм практически не влияет на увеличение мышечной массы, однако возрастает возможность развития

остеопороза и увеличение жировых отложений. Поэтому спортсменам рекомендованы диеты с пониженным содержанием жиров, около 30% от общего количества калорий, так как они получают большую часть энергии с углеводами. Также надо не забывать о том, что при интенсивных нагрузках для гидратации организма спортсмена необходима жидкость. Так, общая потеря жидкости за 2 ч тренировки составляет около 2–3 л воды и солей, что при недостаточном её пополнении ведёт к выраженному мышечному переутомлению и, как следствие, к уменьшению силы и скорости в спорте.

Гейнер – пищевая добавка, используемая в спортивном питании, она состоит из простых или сложных углеводов и белка (обычно сывороточного, но встречаются и сложные смеси). Гейнер представляет собой порошковую смесь для приготовления коктейля, которую смешивают с водой, соком или молоком или добавляют в пищу. Состав и пропорции гейнера подобраны так, чтобы все его питательные вещества способствовали росту мышечной массы. В них содержатся аминокислоты, которые участвуют в строительстве мускулатуры. Попав в организм вместе с белками и углеводами, они заставляют калории по максимуму расходоваться именно на рост и восстановление мышц. В дополнение к двум основным компонентам (углевод и белок) гейнер может содержать витамины, креатин, минералы, L-карнитин и другие добавки. В 100 г гейнера содержится 350–500 ккал, 45–60 г белка, 50–80 г углеводов и 1–18 г жиров. На упаковке указывается размер порции – от 50 до 360 г. Он ускоряет рост мышц и способствует их восстановлению после тренировок и поэтому отлично подходит для выраженных физических нагрузок. Гейнер необходим для набора мышечной массы именно тем, кому он особенно нужен – эктоморфам, людям астенического типа телосложения. Это люди со слабым развитием скелета и небольшой массой тела. При этом они энергичны, но недостаточно выносливы и сильны. Медленный набор мышечной массы у эктоморфов обусловлен повышенным метаболизмом. Гейнер обязательно надо принимать после интенсивных тренировочных нагрузок, иначе будет прирост жира, а не мышц [8, с. 32]. Мезоморфы (нормостенический тип телосложения) могут употреблять гейнер с протеином. Надо взвесить все за и против, поскольку есть риск прибавить в массу за счет жира. Эндоморфам (гиперстенический тип телосложения), склонным к полноте, необходимо избегать гейнеров: для этого типа людей они могут быть опасны быстрым набором

жира в области живота. В этом случае гейнер принесет не пользу, а вред здоровью, поскольку абдоминальное ожирение опасно.

Гейнер не гормональное средство, из-за опасных последствий которых люди с недоверием относятся ко всем продуктам спортивного питания. Чтобы разобраться с возможным вредом и пользой, необходимо понять состав смеси.

Как было сказано выше, гейнер состоит преимущественно из углеводов. Белок добавляется туда исключительно для стабилизации процесса пищеварения, поскольку без белка гейнер будет всасываться в кровь также быстро, как глюкоза, а значит, ничем не будет отличаться от сахара. Кроме того, одна часть белка идет на помощь в переваривании углеводов, а другая часть помогает восполнить баланс белка после тренировки. В частности, первым после тренировки возникает углеводное окно, а после него – белковое. Прием гейнера освобождает от закрытия эти два окна. В то время как перед приемом белка все равно придется есть бананы или другие фрукты для того, чтобы открыть инсулином клетки организма.

Любых побочных эффектов от употребления гейнера можно легко избежать при правильном его подборе. Необходимо уделять максимум внимания составу: он должен быть максимально понятен. Чем меньше в нем составляющих, тем лучше. Не стоит останавливаться на витаминных и аминокислотных добавках, обязательно надо подумать, нужны ли они в гейнере. Также необходимо обратить внимание на количество углеводов. Их высокое содержание допустимо только для людей, которые плохо набирают как мышечную, так и жировую массу. И, конечно, в гейнере не должно быть непонятных химических добавок.

Ожидаемым результатом от длительного употребления гейнера является значительное увеличение массы тела за счет мышечной ткани и жировой клетчатки. В процессе одновременных тренировок будет наблюдаться повышение силовых показателей, увеличиваться выносливость, а также укрепляться мышечный и связочный аппарат. Занятия в спортзале на фоне приема гейнера позволят добиться хороших результатов.

Недостатки употребления гейнера могут появляться при многократной передозировке. Высокое содержание белка в диете может негативно сказаться на функции печени и почек. Некоторые гейнеры могут содержать избыточное количество простых углеводов, что может негативно сказаться на функции поджелудочной железы. Людям с заболеваниями этих органов нужно

внимательно относиться к выбору гейнера, а также контролировать его дозировку. При наличии гастрита или других заболеваний желудочно-кишечного тракта возможны рвота, вздутие живота и диарея. В этом случае следует уменьшать или постепенно увеличивать дозу, если это не помогает, то сменить гейнер. Может возникнуть аллергия, так как некоторые гейнеры содержат глютен, соевый протеин или гороховый крахмал. Адаптогены, нередко имеющиеся в составе некоторых гейнеров, могут повышать давление при интенсивных тренировках. Креатин, который иногда добавляют в белково-углеводную смесь, может привести к нарушению работы почек. При неправильном подборе гейнера в зависимости от типа телосложения и интенсивности нагрузок может быть набор не мышечной массы, а жировых отложений. Кратность приема гейнера зависит от калорийности смеси, веса спортсмена, количества приемов пищи в течение дня и цели приема (набор массы или восстановление сил), а также от интенсивности и частоты тренировок.

Помимо этого, у приема гейнера есть ряд противопоказаний:

- сахарный диабет;
- непереносимость компонентов (аллергия);
- заболевания печени и почек;
- нарушение свертываемости крови;
- возраст до 18 лет.

Ответим на достаточно проблемный вопрос, на который можно найти противоречивые ответы. Нужно ли принимать гейнер девушкам?

1. Гейнер – это высокоуглеводный продукт с большой скоростью усвоения. Девушкам без тяжелых физических нагрузок не нужен такой избыток калорий.

2. Применение дешевых гейнеров у девушек способствует быстрому увеличению массы тела, преимущественно жировой ткани.

3. Креатин и натрий, входящие в состав, задерживают жидкость в организме женщины, вызывая отеки.

Если девушка находится в фазе набора массы тела, то прием небольшого количества гейнера вполне приемлем. Но если она пришла с целью сбросить вес, то любые лишние калории только замедлят ее прогресс. В этом случае гейнер лучше заменить протеиновыми коктейлями. Этого хватит для того, чтобы достичь оптимального результата.

Правила приема гейнера

1. Внимательно изучите состав и соотнесите его со своим телосложением и наличием проблем со здоровьем.

2. Начинайте прием гейнера с небольшой порции, составляющей 1/2 или 1/3 от стандартной.

3. Рассчитайте недостаток калорийности питания.

4. Посчитайте, сколько это порций гейнера.

5. Белки, входящие в состав, не нуждаются в счете.

6. Принимайте такое количество гейнера, которое можно принимать в день с учетом недостатка калорий в основном питании.

7. Принимайте всегда порцию гейнера через 15–20 мин после тренировки.

Заключение

В наше время биологически активные вещества прочно вошли в нашу жизнь, они играют жизненно важную роль в поддержании нормальных функций организма. Правильно подобранный комплекс спортивных добавок помогает спортсменам достигать и поддерживать максимальную эффективность тренировочного процесса. Они помогут поддерживать калорийность ежедневного рациона на уровне, достаточном для набора веса. Но в большинстве случаев гейнер – это неоправданное и дорогое удовольствие, которое позволяет ускорить прогресс на 3–5%. Необходимо помнить, что правильное и сбалансированное питание обойдется значительно дешевле и позволит достичь желаемых результатов.

Список литературы

1. Лосев Ю.Н., Руденко Г.В., Батурин А.Е. Изучение мотивации к занятиям физической подготовкой у студентов Санкт-Петербургской академии Следственного комитета // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2018. № 3 (157). С. 199–203.
2. Заварухина С.А., Звягина Е.В., Лятушин Я.В. Виды и особенности влияния на уровень работоспособности спортивных добавок // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2019. № 4 (15). С. 378–386.
3. Красина И.Б., Бродовая Е.В. Современные исследования спортивного питания // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=26809> (дата обращения: 01.06.2022).
4. Штерман С.В., Сидоренко Ю.И. Товароведная классификация продуктов интенсивного спортивного питания // Товаровед продовольственных товаров. 2011. № 8. С. 31–38.
5. Помогаева Н.С., Каменский Д.А. Роль физической подготовленности и самостоятельных физических тренировок в процессе адаптации курсантов и слушателей образовательных организаций ФСИН России // Профессиональное образование и наука. 2019. № 3. С. 56–57.
6. Дуанбекова Г.Б., Жангабыл М.С., Багдаулет Т. Спортивное питание как эффективное средство поддержания физической работоспособности // Современные научные исследования и разработки. 2017. Т. 2. № 1 (9). С. 64–67.
7. Вольский В.В., Коваленко В.Н., Батурин А.Е. Рассмотрение модели физического воспитания студентов на основе накопления ими знаний по здоровому образу жизни // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2019. № 2 (168). С. 51–56.
8. Каменский Д.А., Трачук А.О., Иванова Ю.А. Исследование влияния образа жизни студентов СЗГМУ им. И.И. Мечникова на развивающуюся проблему ожирения // Colloquium-journal. 2019. № 13–5 (37). С. 32–33.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «НАНОКРЕМНИЙ» НА АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ТКАНЯХ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ

¹Абдракова Г.И., ¹Смирнова Ю.В., ²Хайруллин Р.М.

¹Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,
Стерлитамак, e-mail: gulnara_99@mail.ru;

²Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение
ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа

Исследовано влияние обработки растений препаратом «НаноКремний» (ООО «НаноКремний») в различных концентрациях (разведение 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:3000, 1:4000) на рост корней и побегов, динамику активности пероксидазы и содержания малонового диальдегида в тканях побегов горчицы сарептской *Brassica juncea* (сорт Люкс РС1). Показано, что наибольший ростстимулирующий эффект проявляется при обработке семян при разведении препарата в 2000 раз. Растения в этом варианте опыта были наибольшими в сравнении с остальными вариантами. Длина побегов и корней проростков превышала значения контрольных на 4% и 40% соответственно. Обработка побегов раствором «НаноКремний» в высокой концентрации действующего вещества (разведение 1:500 и 1:1000) приводила к развитию в тканях горчицы окислительного стресса: происходило накопление малонового диальдегида (МДА) и повышение уровня пероксидазы на всем протяжении опыта. Изменения показателей перекисного окисления липидов и активности пероксидазы в тканях растений, обработанных раствором препарата в оптимальной концентрации (разведение 1:2000), были незначительны: уровень МДА не повышался выше контрольных показателей, активность пероксидазы быстро возвращалась к значению контрольных растений (обработанных водой).

Ключевые слова: нанокремний, пероксидаза, малоновый диальдегид, горчица сарептская, окислительный стресс

THE EFFECT OF THE DRUG «NANOSILICON» ON THE ACTIVITY OF PEROXIDASE AND THE INTENSITY OF LIPID PEROXIDATION IN THE TISSUES OF BRASSICA JUNCEA

¹Abdrakova G.I., ¹Smirnova Yu.V., ²Khayrullin R.M.

¹Sterlitamak branch of the Bashkir State University, Sterlitamak, e-mail: gulnara_99@mail.ru;

²The Institute of Biochemistry and Genetics is a separate structural subdivision
of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa

The effect of treatment of plants with the preparation "Nanosilicon" (LLC "Nanosilicon") in various concentrations (breeding 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:3000, 1:4000) on the growth of roots and shoots, the dynamics of peroxidase activity and the content of malondialdehyde in the tissues of shoots of mustard Sarepta *Brassica juncea* (grade Lux RS1). It is shown that the greatest growth-stimulating effect is manifested during seed treatment when the drug is diluted 2000 times. The plants in this variant of the experiment were the largest in comparison with the other variants. The length of shoots and roots of seedlings exceeded the control values by 4% and 40%, respectively. Treatment of shoots with a solution of "nanosilicon" in a high concentration of the active substance (dilution of 1:500 and 1:1000) led to the development of oxidative stress in mustard tissues: there was an accumulation of malondialdehyde (MDA) and an increase in the level of peroxidase throughout the experiment. Changes in lipid peroxidation and peroxidase activity in plant tissues treated with a solution of the drug at an optimal concentration (dilution 1:2000) were insignificant: the MDA level did not rise above the control indicators, the peroxidase activity quickly returned to the value of control plants (treated with water).

Keywords: nanosilicon, peroxidase, malondialdehyde, *Brassica juncea*, oxidative stress

В настоящее время нанотехнологии все шире внедряются в различные отрасли народного хозяйства, в том числе в растениеводство. С помощью современных методов созданы препараты на основе наночастиц серы, железа, меди, кремния и др., повышающие урожайность и устойчивость сельскохозяйственных культур к различным факторам. Одним из таких препаратов является «НаноКремний» (ООО «НаноКремний», Россия), основное действующее вещество которого – чистый неокисленный кристал-

лический кремний [1]. Препарат способствует лучшему усвоению микро- и макроэлементов, удержанию влаги и повышает водный потенциал растений, совершенствуя тем самым процесс восстановления после неблагоприятных погодных условий, улучшает транспортировку фитогормонов и пролонгирует их действие. Оптимизация кремниевого питания растений приводит к повышению их фотосинтетической активности. Наночастицы кремния индуцируют устойчивость растений к стрессовым фак-

торам, укрепляя клеточные стенки на пути патогенов, улучшая фотосинтез, активируя защитные ферменты, увеличивая концентрацию антистрессовых соединений и активируя экспрессию генов защиты. Известно, что кремний усиливает антиоксидантную защитную активность растений [2].

Несмотря на перечисленное положительное влияние на растения некоторых препаратов на основе наночастиц, в научной литературе имеются сведения о токсическом эффекте наноматериалов как на растения, так и на другие компоненты экосистем [3]. Ряд исследований показали токсические эффекты наночастиц кремния на водоросли, растения арабидопсиса, сахарной свеклы, кукурузы и др. Предполагается, что эффект наночастиц зависит от вида растений, типа наночастиц, их дозы, размера, концентрации и способа обработки растений. Известно, что обработка растений препаратами на основе наночастиц может приводить к развитию окислительного стресса в растительных тканях [4]. Кроме того, остается открытым вопрос о механизмах действия наночастиц, в том числе кремния, их физиологическом эффекте на растения, видовой и сортовой специфичности.

В связи с этим целью работы стало изучение влияния препарата «НаноКремний» на активность антиоксидантного фермента пероксидазы и интенсивность перекисного окисления липидов в тканях горчицы сарептской (*Brassica juncea*).

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали растения горчицы сарептской (*Brassica juncea*) сорта Люкс РС1. Эксперименты проводили в лабораторных условиях. Для обработки семян и побегов растений использовали препарат «НаноКремний» (ООО «НаноКремний») на основе кремния с массовой долей элемента не менее 50 % (рН 7,8), размером частиц 0,005–0,5 мкм [1].

Обработка семян перед посевом. Семена обрабатывали раствором препарата с различным разведением (в 500, 1000, 2000, 3000, 4000 раз) из расчета на 1 г семян 20 мкл рабочего раствора (20 л/т). Семена проращивали в чашках Петри (d = 15 см) при температуре 18–20 °С в темноте на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой (по 10 мл в каждую чашку). Размеры проростков оценивали через 5 суток проращивания. Измеряли длину побегов и корней.

Обработка растений горчицы. Семена горчицы высевали в пластиковые вегета-

онные сосуды (20×20×20 см), наполненные 1 кг воздушно-сухой почвы (чернозем выщелоченный). В каждый вегетационный сосуд высевали по 90 семян на глубину 0,5 см. Растения выращивали в течение 30 дней при температуре 18–20 °С при равномерном освещении люминесцентными лампами (12 кЛк) и 16-часовом фотопериоде.

Для обработки побегов использовали препарат «НаноКремний», который разводили дистиллированной водой в 500, 1000, 2000, 3000, 4000 раз и опрыскивали побеги до смачивания листьев. Растительный материал для анализа отбирали через 2, 4, 6, 12, 24 ч после обработки.

Методы биохимических исследований. Побеги горчицы гомогенизировали в фосфатном буфере (рН 6,0), центрифугировали при 10 тыс. об/мин, для дальнейшего анализа использовали надосадочную жидкость. Об активности пероксидазы судили по количеству окисленного ортофенилендиамина согласно методу, предложенному Р.М. Хайруллиным с соавт. [5]. Об интенсивности перекисного окисления липидов в тканях растений судили согласно методу Costa с соавт. (2002) по накоплению малонового диальдегида (МДА). Метод основан на способности МДА при высокой температуре в кислой среде реагировать с 2-тиобарбитуровой кислотой, образуя при этом розовый триметилловый комплекс [6].

Все эксперименты проводили не менее чем в трёх повторностях. Статистическую обработку результатов проводили с помощью стандартных программ пакета Microsoft Office Excel 2007.

Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что растения обладают видовой и сортовой специфичностью ответа на действие факторов среды и различных химических соединений. Поэтому дозы ростостимулирующих препаратов, рекомендованные для одних сельскохозяйственных культур, могут не оказывать подобного эффекта на другие виды и сорта растений [3, 4].

На первом этапе исследования был проведен эксперимент по выявлению концентрации препарата «НаноКремний», стимулирующей рост горчицы сарептской сорта Люкс РС1. Установлено, что при обработке семян препаратом в высоких концентрациях (разбавление 1:500 и 1:1000) наблюдалось угнетение роста проростков: в пределах 6–7% у корней и 20–24% у побегов в сравнении с контрольными проростками (табл. 1).

Таблица 1

Влияние обработки семян горчицы препаратом «НаноКремний»
на морфометрические показатели пятидневных проростков

Длина, см	Контроль (вода)	Разбавление препарата				
		1:500	1:1000	1:2000	1:3000	1:4000
Корня	3,61±0,11	3,35±0,11	3,38±0,09	5,05±0,22	4,50±0,10	4,84±0,22
Побега	2,64±0,19	2,13±0,15	2,02±0,10	2,75±0,13	2,35±0,08	2,33±0,10

Таблица 2

Влияние «НаноКремния» на содержание МДА
в тканях побегов горчицы сарептской, нмоль/ г сырого веса

Варианты опыта	Время, ч				
	2	4	6	12	24
Контроль (вода)	3,7±0,2	3,7±0,1	5,6±0,3	5,0±0,1	4,0±0,1
500	4,7±0,1	4,7±0,1	4,9±0,1	5,5±0,1	4,5±0,2
1000	4,5±0,1	4,9±0,1	5,0±0,2	5,7±0,2	4,6±0,1
2000	4,2±0,2	3,7±0,1	4,4±0,1	4,7±0,1	4,1±0,1
3000	4,5±0,2	3,4±0,1	4,4±0,2	3,9±0,1	4,1±0,1
4000	3,8±0,1	3,6±0,2	5,0±0,3	5,1±0,1	4,0±0,1

Наибольший ростстимулирующий эффект был отмечен при использовании для обработки семян препарата в разведении 1:2000. Показатели длины побегов горчицы этого варианта опыта были больше контрольного варианта (обработаны водой) на 4%, побегов – на 40%.

Известно, что любое воздействие на растение (изменение освещенности, водного режима, механическое повреждение и др.), в том числе обработка препаратами, вызывает в тканях растений каскад биохимических реакций. В частности, развитие окислительного стресса – естественный ответ растения на некоторые внешние неблагоприятные воздействия [7].

Окислительный стресс растений обусловлен накоплением в растительных тканях активных форм кислорода, которые способствуют интенсивному окислению липидов мембран и разрушению растительных клеток. Продукты перекисного окисления липидов являются индикатором биохимического повреждения клеток и стрессуемости организма. В ответ на повреждающее действие активных форм кислорода возрастает активность антиоксидантных ферментов: каталазы, пероксидазы, супероксиддисмутазы. С их активностью напрямую связана устойчивость растений к различным факторам среды [6, 7].

Нами изучалась динамика активности пероксидазы (табл. 3) и содержания МДА (табл. 2) в побегах растений горчицы по-

сле обработки препаратом «НаноКремний» в различных концентрациях.

Показано, что у растений, которые не были обработаны препаратом (контроль, вода), максимальное содержание МДА было отмечено через 6 ч после обработки растений (табл. 2). Подобный подъем уровня МДА в этот временной промежуток был отмечен и в других вариантах опыта.

Обработка побегов растений препаратом «НаноКремний» в 500-3000-кратных разведениях способствовала повышению содержания МДА через 2 ч от начала эксперимента. В последующем количественный уровень МДА оставался высоким только в побегах растений, обработанных препаратом в разведении 1:500 и 1:1000. В тканях побегов, обработанных раствором в разведении 2000 и 3000 раз, через 6–12 ч после обработки уровень МДА был ниже, чем в контрольных (обработанных водой) растениях. Через 24 ч показатели содержания МДА оставались высокими только у растений, обработанных препаратом в высокой концентрации (1:500 и 1:1000).

Показатели содержания МДА в побегах растений, обработанных препаратом нанокремния в самой низкой концентрации (разбавление в 4000 раз), достоверно не отличались от контрольных растений на всем протяжении эксперимента. Вероятно, концентрация действующего вещества в растворе была настолько небольшой, что частицы кремния не оказывали заметного физиологического эффекта.

Таблица 3

Влияние «НаноКремния» на активность пероксидазы в тканях побегов горчицы сарептской, мг кат/л

Варианты опыта		Время после обработки, ч				
		2	4	6	12	24
Контроль (вода)		1,09±0,01	1,15±0,22	1,04±0,04	1,03±0,02	1,16±0,01
Разбавление препарата	1:500	1,53±0,02	1,91±0,12	1,95±0,08	1,45±0,03	1,43±0,14
	1:1000	1,22±0,04	1,90±0,20	1,51±0,12	1,41±0,06	1,44±0,10
	1:2000	1,08±0,01	1,25±0,11	1,17±0,04	1,22±0,11	1,04±0,05
	1:3000	1,01±0,03	1,00±0,01	1,10±0,01	0,99±0,11	1,07±0,02
	1:4000	1,01±0,01	1,05±0,02	1,08±0,05	1,08±0,02	1,11±0,04

К основному механизму устойчивости растений к действию окислительного стресса относят активацию ферментов антиоксидантной защиты, одним из которых является пероксидаза. Утилизация активных форм кислорода пероксидазой при окислении фенолов является эффективной защитой клеточных структур от повреждения при окислительном стрессе, который развивается в результате фотосинтеза, дыхания и воздействия стрессора [7].

В ходе проведенных экспериментов было отмечено, что обработка побегов растений препаратом «НаноКремний» при пятикратном и тысячекратном разведениях приводила к повышению активности пероксидазы на всем протяжении опыта. Максимальный подъем активности фермента в тканях растений в этих вариантах опыта был отмечен через 4 ч и 6 ч после обработки. Так, показатели активности пероксидазы в тканях побегов растений, обработанных раствором препарата в разведении 1:500, через 6 ч после обработки были больше контрольных (обработаны водой) на 87,5%. В последующем активность пероксидазы в тканях побегов в этих вариантах опыта несколько снижалась, но оставалась выше, чем у растений контрольного варианта (табл. 3).

В тканях побегов, обработанных раствором препарата с разведением в 2000 раз, через 4–12 ч после обработки наблюдали незначительное повышение активности пероксидазы (в пределах 20%) в сравнении с контрольными растениями. Через 24 ч показатели активности фермента в тканях растений этого варианта опыта не отличались от контрольных.

Показатели активности пероксидазы в побегах горчицы, обработанных препаратом нанокремния с разбавлением в 3000 и 4000 раз, так же как и показатели МДА достоверно не отличались от контрольных растений на всем протяжении эксперимента.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что повышение активности пероксидазы в тканях побегов горчицы сарептской преимущественно коррелировало с высоким уровнем МДА. Вероятно, активация фермента в растительных тканях происходила в ответ на развитие окислительного стресса.

Заключение

Исследовано влияние обработки растений препаратом «НаноКремний» в различных концентрациях на рост, динамику активности пероксидазы и содержания малонового диальдегида в тканях побегов *B. juncea* (сорт Люкс РС1). Установлено, что наибольший ростстимулирующий эффект оказывает обработка семян горчицы препаратом «НаноКремний» в разведении 1:2000. Показатели длины побегов и корней растений в этом варианте опыта были максимальными в сравнении с растениями в остальных вариантах эксперимента.

При обработке побегов препаратом «НаноКремний» в этой же концентрации (1:2000) интенсивность развития окислительного стресса в тканях растений была незначительной: уровень МДА не повышался выше показателей у контрольных растений, активность пероксидазы быстро возвращалась к уровню контрольных растений. Обработка побегов препаратом «НаноКремний» в более высоких концентрациях (1:500 и 1:1000) приводила к развитию в растительных тканях окислительного стресса.

Препараты на основе наночастиц кремния, несомненно, могут стимулировать рост и развитие растений и других видов. С учетом возможной видовой отзывчивости культур на действие этого препарата необходимо дальнейшее изучение влияния обработки семян и растений нанокремнием на представителей других видов сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Хорошилов А.А., Павловская Н.Е., Бородин Д.Б., Яковлева И.В. Фотосинтетическая продуктивность и структура урожая яровой пшеницы под влиянием нанокремния в сравнении с биологическим и химическим препаратами // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 3. С. 487–499.
2. Жаркова С.В. Исследование действия нанокремния и удобрения «гумат» на рост, развитие и продуктивность сои сорта «алтом» // Сельскохозяйственные науки. 2020. Т. 1–1 (40). С. 138–141.
3. Goswami P., Yadav S., Mathur J. Review Article Positive and negative effects of nanoparticles on plants and their applications in agriculture. *Plant Science Today*. 2019. Vol. 6. No. 2. P. 232–242.
4. Wang L., Ning C., Pan T., Cai K. Role of Silica Nanoparticles in Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Plants: A Review. *Int. J. Mol. Sci.* 2022. Vol. 23. P. 1947. DOI: 10.3390/ijms23041947.
5. Хайруллин Р.М., Яруллина Л.Г., Трошина Н.Б., Ахметова И.Э. Активация хитоолигосахаридами окисления ортофенилендиамина проростками пшеницы в присутствии щавелевой кислоты // Биохимия. 2001. Том 66. № 3. С. 354–358.
6. Costa H., Gallego S.M., Tomaro M.L. Effect of UV-B radiation on antioxidant defense system in sunflower cotyledons. *Plant Sci.* 2002. Vol. 162. P. 939–945.
7. Sharma P., Jha A.B., Dubey R.S., Pessarakli M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *J. Botany*. 2012. P. 1–26.

УДК 635.055:581.5:712.253:58

СОВРЕМЕННЫЙ МОНИТОРИНГ И ИНТРОДУКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В ДЖИЗАКЕ

Ишанкулова Д.У.

Джизакский государственный педагогический институт, Джизак, e-mail: tunikom57@mail.ru

Среди всех видов растений, распространенных на нашей планете, наиболее ценными являются деревья и кустарники. В данной статье описаны результаты исследования мониторинга и интродукционная оценка большинства деревьев и кустарников, посаженных на улицах г. Джизака. По результатам интродукционной оценки рекомендован ряд растений, доказавших свою жизнестойкость и приспособленность к климатическим условиям в джизакских условиях. На примере Джизакской области приведены материалы мониторинга интродукционных ресурсов деревьев и кустарников. Проведен ряд научных исследований по интродукции деревьев и кустарников, а также использованию их в практике и озеленении. Крупные грабовые, мохнатые, морщинистые, изрезанные, разнолистные, а также декоративные древесные породы (дуб, вяз, клен, барбарис, катальпа и др.) хорошо задерживают пыль в воздухе. Поскольку высокорослые деревья дуба, шафрана, вяза, ясени имеют большую листовую поверхность, зеленые массивы обеспечивают хорошую защиту атмосферы от транспортно-производственных отходов и пыли. Получены результаты интродукционной оценки в джизакских условиях представителей *Platycladus*, *Juniperus*, *Paulownia*, *Rhus*, *Pinus*, *Gleditsia*, *Magnolia*, *Betula*, доказаны их жизнестойкость и приспособленность к климатическим условиям региона.

Ключевые слова: микроклимат, дерево, кустарник, мониторинг, озеленение, интродукция, *Cedrus libani*, *Sequoiadendron giganteum*, *Taxodium distichum imbricarium*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Catalpa speciosa*

MODERN MONITORING AND INTRODUCTION ASSESSMENT OF THE STATE OF TREES AND SHRUBS IN JIZZAKH

Ishankulova D.U.

Jizzakh State Pedagogical Institute, Jizzakh, e-mail: tunikom57@mail.ru

Among all the plant species common on our planet, the most valuable are trees and shrubs. This article describes the results of a monitoring study and an introduction assessment of the majority of trees and shrubs planted on the streets of the city of Jizzakh. According to the results of the introduction assessment, a number of series of plants have been recommended that have proven their resilience and adaptability to climatic conditions in the Jizzakh conditions. On the example of the Jizzakh region, materials for monitoring the introduction resources of trees and shrubs are presented. A number of scientific studies have been conducted on the introduction of trees and shrubs, as well as their use in practice and landscaping. Large hornbeam, shaggy, wrinkled, rugged, multi-leaved, as well as decorative wood species (oak, elm, maple, barberry, catalpa, etc.) retain dust in the air well. Since tall oak, saffron, elm, ash trees have a large leaf surface, green arrays provide good protection of the atmosphere from transport and industrial waste and dust. The results of the introduction assessment of representatives of the *Platycladus*, *Juniperus*, *Paulownia*, *Rhus*, *Pinus*, *Gleditsia*, *Magnolia*, *Betula* series in the Jizzakh conditions were obtained, their resilience and adaptability to the climatic conditions of the region were proved.

Keywords: microclimate, tree, shrub, monitoring, landscaping, introduction, *Cedrus libani*, *Sequoiadendron giganteum*, *Taxodium distichum imbricarium*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Catalpa speciosa*

Зеленые леса положительно влияют на формирование микроклимата городов и населенных пунктов. Проведен ряд научных исследований по интродукции деревьев и кустарников, а также использование их в практике и озеленении. Естественные растения на Земле, в том числе деревья и кустарники, являются идеальной фабрикой для синтеза первичных органических веществ. Среди всех видов растений, распространенных на нашей планете, наиболее ценными являются деревья и кустарники, на долю которых приходится 82% всей фитомассы зеленых растений (около 1960 млрд т) [1, 2].

Из мирового опыта известно, что одной из основных целей интродукции является улучшение здоровья человека. Одной из наиболее оптимальных сред для здоровья человека является наиболее умеренный климат – температура +20 +22 °С, относи-

тельная влажность 40–60%. Естественно, городской воздух быстро загрязняется из-за выброса в атмосферу автомобильных выхлопных газов и промышленных отходов. Именно в таких случаях важно озеленение региона. Поглощение кислорода промышленностью и транспортом, а также изменения нормативного состава воздуха в городах в результате приводят к повышению температуры. Фотосинтез зеленых растений на одном гектаре земли способен производить достаточное количество кислорода для дыхания 200 чел. При этом за один час поглощается до 8 кг углекислоты [3–4]. Другими словами, 50 м² зеленых насаждений на душу населения в городах обеспечивают разумный состав воздуха [5].

Цель исследования – оценка интродукционной устойчивости генофонда Джизакского дендрария на основе мони-

торинга и комплексного изучения их биологических особенностей в джизакских условиях для защитного лесоразведения. На основе материалов мониторинга составлен реестр семейств и родовых комплексов коллекционного фонда Джизакского дендрария. Проведен анализ роста, развития и географии интродукционных ресурсов древесных растений; выявлены их адаптационные возможности и определена перспективность деревьев и кустарников для защитного лесоразведения.

Материалы и методы исследования

В городских условиях структура, ширина, высота и состав древесных пород неразрывно связаны между собой. Крупные грабовые, мохнатые, морщинистые, изрезанные, разнолистные декоративные древесные породы (дуб, вяз, клен, барбарис, катальпа и др.) хорошо задерживают пыль в воздухе. Сообщество деревьев и кустарников такого рода обладает способностью поглощать химические вещества из воздуха. Игловидные листья задерживают больше пыли, чем лиственные деревья. Осенью, бесснежными зимами и ранней весной, когда в жилых районах скапливается много пыли, значение игловидных лиственных деревьев велико, так как в это время у лиственных деревьев нет листьев. Поскольку высокорослые деревья дуба, шафрана, вяза, ясени имеют большую листовую поверхность, зеленые массивы обеспечивают хорошую защиту атмосферы от транспортно-производственных отходов и пыли.

В жаркие дни лета очень важную роль играет формирование микроклимата в городах. Во-вторых, такая ситуация связана с высоким уровнем солнечной радиации. Известно, что в жаркие летние дни около полудня температура достигает $+35$ – $+40$ °C. В это время радиационная температура на открытой сухой поверхности грунта (песок, асфальт, бетон), а также на крышах и южной стороне домов составляет $+70$ – $+80$ °C. Здания и сооружения, которые нагреваются во время солнечной изоляции, продолжают рассеивать тепло даже после захода солнца, что приводит к высокой температуре воздуха и затруднению дыхания.

Деревья обладают уникальной способностью отталкивать тепло и излучение. В частности, считается, что молодые дубы удерживают более 95 % солнечной радиации. 96 % пород сосны и 97–98 % черной сосны, тополя и дуба обладают способностью поглощать солнечное излучение [6].

В последние месяцы весны и на протяжении всего лета в г. Джизак наблюдается увеличение количества пыли. При такой

обстановке деревья и кустарники не только украшают, но и регулярно меняют и очищают воздух на городских улицах. Также обладает способностью уменьшать количество вредных газов и микроорганизмов в воздухе на 40–45 %. С помощью интродукционных деревьев в развитых городах по всему миру борются с шумом. В этом отношении наиболее высокий результат дают широколиственные деревья. Исследования показали, что растения определенных видов поглощают до 25 % шума, а также рассеивают и отражают его примерно до 75 %. В связи с этим в развитых городах планируется использование деревьев высотой до 10–15 м (У. Пратов, А. Юлдашев).

Результаты исследования и их обсуждение

Демографические исследования показали, что миграция в другие районы людей с зеленых зон происходит редко. Известно, что наша республика является одной из наименее лесистых стран. Поэтому зеленая растительность в этом районе определяет естественный облик. Деревья в городах также играют важную роль в снижении радиационной температуры, так как радиационная температура в тени дерева изменяется на 35 °C по сравнению с открытой местностью и на 40 °C в зеленых зонах. В тени деревьев температура воздуха колеблется меньше, чем лучистая температура на открытом воздухе, т.е. 2–3,5 °C, но на больших территориях эта разница может достигать 16 °C (Кузьмичев, Печеницин, 1979).

Известно, что листья крупных лиственных деревьев обладают свойством задерживать в воздухе различные вредные вещества. Пыль, скапливающаяся на поверхности листьев растений, содержит частицы свинца, Fe, Ti, Cu, Zn, Ni, Co, Mn и др. В составе пыли в районе крупных предприятий (от объема золы) содержится 37,9 % Fe, 15,3 % Al, 2,7 % Cu, 0,9 % Ti, 0,8 % Mn и 0,2 % Pb. В результате поражения атмосферы и почвы остатками тяжелых металлов наблюдается их накопление в растениях. Основная причина этого в том, что листья, стебли и корни растения имеют свойство накапливать эти вещества. В частности, растения, произрастающие на песчаных почвах, в очень высокой степени поглощают и накапливают остатки металлов через корневую систему. Количество золы на листьях растений в таких почвах увеличивается в полтора-два раза и составляет 13–17 %. Одним из основных требований к крупным предприятиям и заводам сегодня является создание зеленых насаждений на их и соседних территориях.



Рис. 1. Карта обследуемой территории

В городских условиях деревьями, хорошо усваивающими тяжелые металлы и микроэлементы, являются хвойные (ель, сосна, можжевельник). Они, в свою очередь, являются индикаторами загрязнения воздуха. Появление некрозов на их телах и осыпание хвои свидетельствует о наличии в воздухе ядовитых соединений.

К особенностям деревьев и кустарников в городских условиях и их использованию относится расширение видов декоративных деревьев и кустарников, поиск сортов и форм, способных адаптироваться к условиям нашей страны, внедрение научно обоснованных технологий ухода. Ассортимент доступных ландшафтных материалов в нашей стране ограничен, и одним из основных аспектов является их обогащение за счет интродуктов. Это, в свою очередь, требует научного изучения интродуктивных деревьев. Особое значение имеет изучение и широкое использование липы, каштана, дуба, клена остролистного, тюльпана, катальпы и других листопадных пород, пригодных для озеленения в городских условиях.

Результаты ботанического опыта показали, что в городах Узбекистана для затенения 1 га земли нужно 130–400 деревьев. Эти числа меняются в регионах, в которых бывает регулярный ветер или изменяются годовые температуры. С условиями г. Джизак целесообразно озеленить 1 га земли с 200–240 деревьями. Современный мониторинг недавнего состояния широко используется в их целевом использовании и планах городского планирования для долгосрочных планов. Особое значение современный мониторинг деревьев и кустарников имеет в формировании городского планирования и его инфраструктуры. Во время исследования проводился современный мониторинг деревьев и кустарников в г. Джизак. Были проанализированы текущее состояние и число деревьев и кустарников. В некоторых

случаях было приведено количество распространенных деревьев и кустов на территориях, граничащих с г. Джизак (рис. 1).

Известно, что на территории г. Джизак имеются три главные улицы (Ш. Рашидова, А. Навои, И. Каримова), и с этими улицами связана большая часть города. Эти улицы объединяют более 30 улиц разной площади. В литературе показано, что в Джизаке в 1974 г. были посажены первые деревья и кустарники.

Следует отметить, что некоторые из этих деревьев были посажены около 50 лет назад. Первоначально на участке были посажены клен, ясень, тутовник, ель, искусственный каштан и ряд других перспективных пород дерева. На сегодняшний день, несмотря на ряд исследований древесно-кустарниковой растительности в стране, работы по современному мониторингу и анализу древесно-кустарниковой растительности Джизакской области не проводились.

Результаты мониторинга показывают, что в условиях Джизакской области легче адаптируются виды клена, катальпы и ивы обыкновенной. Это, в свою очередь, обуславливает посадки этих видов в качестве декоративных растений в разных районах города. Мониторинг количества деревьев является важным критерием для дальнейшей оценки экологического состояния города, планирования строительных работ и реализации планов по сохранению биоразнообразия. При проведении такого анализа большое значение имеют деревья на городской территории и их количество. Помимо объектов исследования в ходе обследования также были подсчитаны существующие в городе деревья. Именно такие виды индикаторов позволяют осуществлять полноценный мониторинг деревьев в городе. При этом мониторинг велся более чем на 20 разных улицах города. В ходе наблюдений были измерены длина улицы и количество декоративных деревьев и кустарников (рис. 2).

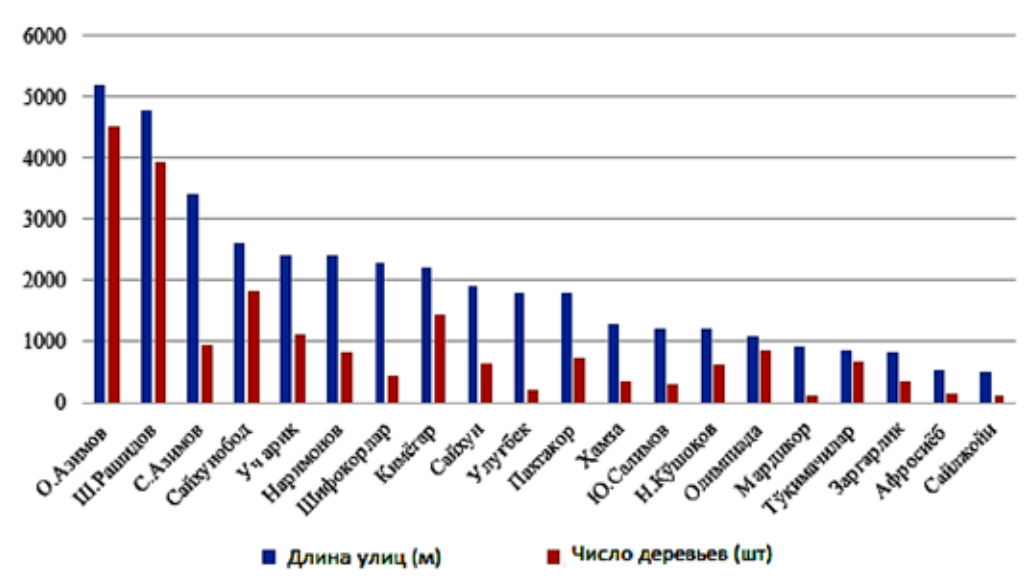


Рис. 2. Современный мониторинг деревьев и кустарников, посаженных по центральным улицам Джизака

Таблица 1

Распределение деревьев и кустарников по улицам (город Джизак)

№	Названия улиц	Длина улиц (м)	Число деревьев (дона)
1	О. Азимов	5200	4527
2	Ш. Рашидов	4800	3933
3	С. Азимов	3400	947
4	Сайхунбод	2600	1832
5	Уч арык	2400	1112
6	Наримонов	2400	834
7	Шифокорлар	2300	441
8	Кимёгар	2200	1431
9	Сайхун	1900	660
10	Улугбек	1800	219
11	Пахтакор	1800	726
12	Ҳамза	1300	348
13	Ю. Салимов	1200	302
14	Н. Қўшоқов	1200	633
15	Олимпиада	1100	848
16	Мардикор	915	120
17	Тукимачилар	850	678
18	Заргарлик	820	364
19	Афросиёб	535	141
20	Сайлжойи	490	110
Итого		39210	20206

Результаты исследования показали, что общая длина этих улиц составляет более 39 км, а число декоративных деревьев и кустарников составляет 20206.

На каждой улице зарегистрировано в среднем 1010,3 растения. Самый высокий показатель – на улицах О. Азимова и Ш. Рашидова, так как они очень широкие по сравнению

с другими улицами. Длина этих улиц около 4,8–5,2 км и, соответственно, посажено 3933–4527 (8460) деревьев и кустарников.

Количество деревьев на этих двух улицах составляет 41,86% декоративных растений города. Следующие места занимают улицы Сайхунабад, Кимёгар и Уч арык. Отмечено, что количество деревьев на этих улицах составляет более 1000. Самые низкие показатели зафиксированы на улицах Афросиаб и Сайлжойи. Количество кустов на этих улицах колеблется в пределах 110–141, что можно объяснить небольшим размером улиц (табл. 1).

Результаты этих мониторинговых анализов позволяют проводить постоянное наблюдение декоративных деревьев и кустарников. Они также служат первичными данными для городского планирования и строительства. В частности, сегодня дендрология города также важна в реализации городской архитектуры.

Успешность интродукции оценивается по сумме ее признаков, важнейшим из которых является завершенность большого (онтогенетического) и малого (сезонного) жизненных циклов растения, для которых характерно сохранение габитуса. При оценке успешности интродукции учитывают генеративное развитие, вегетативное размножение, сохранение габитуса, пораженность болезнями и вредителями, жизнеспособность растений в неблагоприятные периоды года.

Ботанические исследования показывают, что растения постоянно находятся под влиянием факторов внешней среды, и они взаимодействуют с растением, что увеличивает собственный ареал вида и устойчивость к конкуренции между видами. Ценность интродуцированных растений определяется не только качеством древесины, уровнем ландшафтных, санитарно-гигиенических, биологических свойств, но и ее устойчивостью к жаркой и холодной погоде. Поэтому широко изучается отношение растений к факторам внешней среды в различных климатических условиях.

Согласно научным источникам холодоустойчивость растений является особенностью вида, усиленной генетическими признаками. Устойчивость растения к холоду или жаре обычно более выражена в экстремальных условиях. Ряд исследований показывает, что холодо- или жароустойчивость растения зависит от его возраста. Морозостойкость связана с географическим происхождением растений. Также растения с широким естественным ареалом быстро

адаптируются и устойчивы к факторам внешней среды. В условиях Джизака частая повторяемость зимней жары и весеннего холода весной становится более выраженным у растений. Ряд исследований показал, что холодо- или жароустойчивость растения зависит от его возраста тоже. Морозостойкость связана с географическим происхождением растений. Также растения с широким естественным ареалом быстро адаптируются и устойчивы к факторам внешней среды. В условиях Джизака частая повторяемость зимней жары и весеннего холода весной будет серьезным препятствием в климатизации растений.

Интродукционную оценку растений проводят на основании таких критериев, как их рост, развитие, урожайность и устойчивость в различных условиях внешней среды. Исследования интродукционных оценок некоторых объектов проводились на основе методик, разработанных П.П. Лапиным, С.В. Сидневой (1973) и Н.И. Штондой (2016). В ходе исследования с ознакомительной точки зрения были оценены 20 уличных и комнатных семенных деревьев, которые широко используются в качестве декоративных растений в Джизакской области. Результаты показывают, что только *Celtis caucasica* была отмечена как менее перспективная и оценена 72 баллами. Виды *Picea pungens*, *Picea excelsa*, *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*, *Cedrus atlantica*, *Cedrus libani*, *Sequoiadendron giganteum*, *Taxodium distichum* var. *imbricarium*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Catalpa speciosa* оказались перспективными. Эти виды набрали 76–90 баллов по интродукционной оценке. В Джизаке 9 видов декоративных деревьев (*Platycladus orientalis*, *Juniperus virginiana*, *Pawlonia siebold*, *Rhus coriaria*, *Pinus eldarica*, *Gleditsia triacanthos*, *Maclura pomifera*, *Magnolia grandiflora*, *Betula tianschanica*) признаны вполне перспективными. Ниже мы поговорим об устойчивости и приспособленности некоторых декоративных деревьев Джизака к различным условиям.

Хотя растение *Platycladus orientalis* не очень требовательно к почвенным условиям, оно очень хорошо растет на плодородных почвах. Из-за высокой фитонцидности его в больших количествах выращивают в медицинских и оздоровительных учреждениях. В неблагоприятных условиях куст развивается в виде жизненной формы. *Picea excelsa* и *Picea pungens* хорошо растут в Джизаке. Но во время палящего летнего зноя было отмечено, что многие саженцы погибли.

Таблица 2

Баллы объектов исследования по методу интродукционного оценивания

Показатель	Баллы	Виды																				
		<i>Picea pungens</i>	<i>Platycladus orientalis</i>	<i>Juniperus virginiana</i>	<i>Paulownia siebold</i>	<i>Rhus coriaria</i>	<i>Pinus eldarica</i>	<i>P. nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i>	<i>Picea excelsa</i>	<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Cedrus libani</i>	<i>Sequoiadendron giganteum</i>	<i>Taxodium distichum</i> var. <i>imbricatum</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Celtis caucasicus</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i>	<i>Maclura pomifera</i>	<i>Magnolia grandiflora</i>	<i>Catalpa bignonioides</i>	<i>Betula tianschanica</i>	
		Древесина ветвей, длина																				
100%	20				20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
75%	15	15		15				15				15				15				15	15	
50%	10		10																			
25%	5																					
Недревесная	1																					
Морозостойкость, балл																						
Растение не замерзает	10		10	10		10	10	10	10	10		10									10	
Замерзает менее половины однолетних деревьев	8	8			8	8					8		8	8	8	8	8		8	8		
Однолетние деревья замерзают на 50–100%	6																	6				
Однолетние деревья замерзают вместе со старыми ветвями	4																					
Замерзает поверхность земли, пока всё не покроет снегом	2																					
Поверхность земли полностью замерзает	1																					
Растение полностью замерзает	1																					
Термостойкость, балл																						
Устойчивый	10	10	10	10		10					10	10		10				10		10	10	
Средний	7				7		7	7		7						7	7	7		7		
Неустойчивый	5								5													
Устойчивость к болезням и вредителям, балл																						
Устойчивый	5	5	5	5	5	5	5	5											5			
Средний	3																3		3		3	
Неустойчивый	0																					

Окончание табл. 2

Показатель	Баллы	Виды																				
		<i>Picea pungens</i>	<i>Platycladus orientalis</i>	<i>Juniperus virginiana</i>	<i>Paulownia siebold</i>	<i>Rhus coriaria</i>	<i>Pinus eldarica</i>	<i>P. nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i>	<i>Picea excelsa</i>	<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Cedrus libani</i>	<i>Sequoiadendron giganteum</i>	<i>Taxodium distichum</i> var. <i>imbricatum</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Celtis caucasica</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i>	<i>Maclura pomifera</i>	<i>Magnolia grandiflora</i>	<i>Catalpa bignonioides</i>	<i>Betula tianschanica</i>	
		Сохранение растительной формы (gabitus)																				
		Сохраняется	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Не сохраняется	5								5							5		5				
Восстанавливается	1																					
Способность к прорастанию																						
Высокая	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	
Средняя	3	3											3									
Низкая	1																					
Способность ветки расти в высоту																						
Растёт каждый год	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	
Не растёт каждый год	2															2						
Способность к генеративному развитию																						
Семена созревают	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	
Растение цветет, но плоды и семена не созревают	20											20				20						
Растение цветет, но плоды не формируются	15																					
Растение не цветет	1																					
Спонтанное размножение																						
Спонтанное размножение	10		10		10				10					10	10	10	10	10	10	10	10	
Сажается искусственно	7	7		7				7	7	7	7									7		
Размножается естественно-вегетативно	5					5						5										
Размножается искусственно-вегетативно	3																					
Семена или растения привозятся с других краёв	1																					
Общие баллы		83	92	92	92	95	93	94	89	90	84	90	85	81	88	80	72	93	91	93	85	93

Поэтому этот вид требует внимания в летние месяцы. Для этого их нужно притенять, а целесообразным считается регулярный полив в последние месяцы весны. *Cedrus libani* отличается от других представителей рода тем, что они устойчивы к холоду, засухе, дыму и газам, а также светолюбивы.

Juniperus virginiana зимой в Джизаке не боится морозов. За счет прочности тела и силы корневой системы устойчив к большим нагрузкам снега и льда зимой, а также к сильным ветрам. Также он устойчив к засухе и жаре. Отмечено хорошее развитие даже при недостаточном увлажнении почвы. В очень тенистых местах можно потерять декоративную особенность.

В результате мониторинга приведены баллы объектов исследования деревьев и кустарников в городских условиях, по методу интродукционного оценивания (табл. 2). *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* и *Pinus eldarica* умеренно требовательны к свету, но нетребовательны к почве. Растение засухоустойчиво и не любит избытка влаги. При понижении температуры воздуха до $-30 - -40^{\circ}\text{C}$ растение может пострадать. Однако эти виды устойчивы и к засоленным почвам.

Отмечено, что *Pawlonia siebold* устойчив к джизакской жаре и холоду, а также к болезням и вредителям. В то же время способность растения к размножению корневыми черенками, продуктивность по отношению к высоким температурам является одной из его особых характеристик.

Закключение

Одним словом, по результатам интродукционной оценки в джизакских условиях

представители серии *Platyclusus*, *Juniperus*, *Paulownia*, *Rhus*, *Pinus*, *Gleditsia*, *Magnolia*, *Betula* доказали свою жизнестойкость и приспособленность к климатическим условиям региона.

Результаты биоэкологической характеристики вида и интродукционной оценки рекомендованы для улучшения современного эстетического состояния территории Джизакской области и обогащения широкого спектра озеленения.

Список литературы

1. Печеницын В.П., Штонда Н.И. Репродуктивная способность и ее оценка у интродуцированных древесных растений при расширении их культигенного ареала // Актуальные проблемы экологии растений: материалы республиканской научной конференции, посвященной 50-летию лаборатории анатомии и цитозембриологии. Ташкент, 2012. С. 104–106.
2. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: Наука, 1973. С. 7–67.
3. Штонда Н.И. Интродукционная оценка новых декоративных древесных растений. В: интродукционная оценка и биология семенного размножения новых перспективных видов декоративных и лекарственных растений. Отчет о НИР по проекту Ф5-ФА-0-12154. Ташкент, 2016. С. 33–38.
4. Темиров Э., Рахимова Т. Современное состояние интродуцированных видов и форм семейства кипарисовых (Cupressaceae F.W. Neger) в условиях Ташкентского ботанического сада имени акад. Ф.Н. Русанова // Узбекский биологический журнал. 2018. № 5. С. 48–50.
5. Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю., Эсанкулов А.С., Батшов А.Р., Азимова Д.Э. Кадастр флоры Узбекистана: Джизакская область. Ташкент: Zamin nashr, 2021. 368 с.
6. Темиров Э.Э. Биоэкологические особенности некоторых видов семейства Cupressaceae, интродуцированных в Ташкенте: автореф. дис. ... докт. философии (PhD) в области биологических наук. Ташкент, 2019. 44 с.

УДК 598.279.25

ПИТАНИЕ УШАСТОЙ СОВЫ *ASIO OTUS* И ДОВОМОВОГО СЫЧА *ATHENE NOCTUA* КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ГРЫЗУНОВ И ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ В АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСТАНА

Кадырова Б.К., Шаршеева Б.К., Эмилбек кызы Чолпон
Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек,
e-mail: bubuaim47@gmail.com

В статье рассматриваются результаты изучения питания *Asio otus* и *Athene noctua* в разных регионах Кыргызстана (Чуйская, Иссык-Кульская, Таласская области). Питание ушастой совы рассмотрено в антропогенном ландшафте г. Бишкека – Ботаническом саду им. Э. Гареева Национальной АН. В результате анализа 1837 погадок, собранных в течение последних четырех зим (2018–2022 гг.), было выявлено 926 черепов и 1962 челюсти, принадлежащих к 7–10 видам, в том числе двум видам насекомоядных и трем видам птиц. Доминантом в питании ушастой совы во все годы является домовая мышь *Mus musculus* (по черепам 47,3%, по челюстям – 67,6%), субдоминантами – обыкновенная слепушонка *Ellobius talpinus* (21,4 и 12,6% соответственно) и обыкновенная полёвка *Microtus arvalis* (13,6% и 12,5% соответственно). Домовый сыч, как и в других странах, в условиях Кыргызстана является оседлой птицей и занимает самые разнообразные местообитания по вертикальной поясности. Так, в горных условиях Ат-Башинской долины (Внутренний Тянь-Шань) в питании домового сыча доминируют *Microtus arvalis*, частота встречаемости черепов в погадках составляет 60,5%, челюстей – 78%. В отличие от ушастой совы, домовый сыч питается и насекомыми (прямокрылые).

Ключевые слова: погадки, доминанты, субдоминанты, частота встречаемости черепа, челюстей, ушастая сова, домовый сыч, питание

NUTRITION OF THE LONG OWL *ASIO OTUS* AND THE HOUSE OWL *ATHENE NOCTUA* AS AN INDICATOR OF THE STATE OF RODENTS AND OTHER ANIMALS UNDER ANTHROPOGENIC CONDITIONS IN KYRGYZSTAN

Kadyrova B.K., Sharsheeva B.K., Emilbek kyzy Cholpon
Zh. Balasagyn Kyrgyz State University, Bishkek, e-mail: bubuaim47@gmail.com

The article discusses the results of studying the nutrition of *Asio otus* and *Athene noctua* in different regions of Kyrgyzstan (Chui, Issyk-Kul, Talas regions). The nutrition of the long-eared owl is considered in the anthropogenic landscape of Bishkek – the Botanical Garden named after E. Gareeva National Academy of Sciences. As a result of the analysis of 1837 pellets collected during the last four winters (2018–2022), 926 skulls and 1962 jaws were identified, belonging to 7–10 species, including two insectivorous species and three bird species. The dominant in the diet of the long-eared owl in all years is the house mouse *Mus musculus* (47.3% in skulls, 67.6% in jaws), the subdominants are the common mole voles *Ellobius talpinus* (21.4 and 12.6%, respectively) and the common vole *Microtus arvalis* (13.6% and 12.5%, respectively). The little owl, as in other countries, in the conditions of Kyrgyzstan is a sedentary bird and occupies a wide variety of habitats along the vertical zonality. So, in the mountainous conditions of the At-Bashi Valley (Inner Tien Shan), *Microtus arvalis* dominates in the diet of the little owl, the frequency of occurrence of skulls in pellets is 60.5%, jaws – 78%. Unlike the long-eared owl, the little owl also feeds on insects (Orthoptera).

Keywords: pellets, dominants, subdominants, frequency of occurrence of the skull, jaws, long-eared owl, little owl, feeding

Обитание совообразных таких как ушастая сова *Asio otus* и домовый сыч *Athene noctua*, в горной стране, например Кыргызской Республике, связано с антропогенными ландшафтами. Как известно, эти два вида относятся к одному семейству Strigidae, но к разным родам (*Asio*, *Athene*). Несмотря на такое сходство в систематическом отношении, распространены они в разных экологических и антропогенных условиях среды.

Питанию рассматриваемых видов сов посвящено немало работ, особенно в разных регионах Российской Федерации. Многие работы посвящены такому крупному мегаполису, как Москва, и Московской области, авторы, которые рассматривают питание не-

которых видов сов в условиях урбанизации [1–3 и др.]. Есть и другие работы, посвященные питанию сов Волжско-Камского и Оренбургского краев, полуострова Мангышлак, Калужской области, Западной Сибири и многих других регионов России [4–6].

В Кыргызстане питание ушастой совы было изучено еще в прошлом веке В.К. Еремченко и В.И. Тороповой [7, 8], но исследованием были охвачены ограниченные территории и небольшой отрезок времени.

Большинство исследователей склонны считать достоверными результаты анализа погадок при изучении качественного и количественного состава пищевых объектов хищников. Такой метод позволяет, поми-

мо изучения этих показателей, установить видовой состав мелких млекопитающих и других животных, которыми питаются не только хищные птицы, но и многие совы, и позволяет выяснить особенности питания птиц-миофагов [9]. Н.Н. Товпинец и И.Л. Евстафьев [9] считают, что если связь совообразных с мышевидными грызунами известна еще с XVI в., то некоторые механизмы кормодобывания до настоящего времени являются дискуссионными и требуют проведения специальных исследований.

Цель работы – проанализировать зимнее питание ушастой совы в антропогенных условиях Чуйской долины (на примере г. Бишкек) и домового сыча в высокогорье (на примере Ат-Башинского района Внутреннего Тянь-Шаня).

Материалы и методы исследования

Материалом для настоящей работы послужили *Asio otus*, зимующая в некоторых районах г. Бишкека (Ботанический сад им. Гареева НАН) и *Athene noctua*, обитающий в одном из районов Ат-Башинской долины. Питание двух видов сов изучалось методом установления видовой состава животных путём анализа черепов и челюстей, содержащихся в погадках. Определение до вида проводилось по краниальным признакам и жевательной поверхности зубов, у некоторых по резцам с использованием определителей млекопитающих [10]. Диаграммы построены с помощью программы Microsoft Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучению питания сов (*Asio otus* и *Asio flammeus*) за последние 10 лет посвящена работа Б.К. Кадыровой и Г.М. Токобаевой [11], исследования которых проводились в 2011–2014 гг. с охватом значительных территорий республики. Материал по питанию *Asio otus* собран в с. Аманбаево, в 7–8 км от него в с. Ак-Жар Кара-Бууринского района Таласской области, в с. Долон Тюпского района Иссык-Кульской области. Анализ питания сов из разных регионов республики показал, что в с. Долон Тюпского района Иссык-Кульского района (высота 1700–1780 м) в питании ушастой совы преобладают обыкновенные полёвки (91,9%), а обыкновенные слепушонки и лесные мыши составляют лишь 1,1 и 7,04% соответственно [11]. Исследования, проведенные в 2011–2012 гг., этими же авторами в Таласской долине (Западный Тянь-Шань) показывают иную картину. В с. Ак-Жар (высота 1028 м над уровнем моря; 42° 36.20' с.ш. и 071° 16.31' в.д.) Кара-Бууринского

района в погадках ушастой совы (январь – апрель 2011–2012 гг.) найдены черепа 9 видов грызунов и один вид насекомоядного – малая белозубка, которые по встречаемости колеблются по месяцам. Так, в январе домовые мыши и узкочерепные полёвки составили 37,2 и 34,1% соответственно, в феврале по 42,0%, а в марте количество узкочерепных полёвок вновь увеличивается и составляет 61,8%, субдоминантами явились обыкновенная полёвка и домовая мышь, которые соответствуют 21,8 и 14,5% встречаемости. В апреле в погадках появились черепа какого-то вида тушканчика и крысы.

В сборах погадок 2012–2013 гг., но уже с. Аманбаево Кара-Бууринского района (высота 989 м над уровнем моря; 42° 36'.05' с.ш. и 071° 11.13' в.д.), расположенного в 7–8 км от первого села, в погадках ушастой совы найдены черепа и челюсти 5 видов мышевидных грызунов (*Microtus gregalis*, *Microtus arvalis*, *Mus musculus*, *Ellobius talpinus*, *Microtus sp.*) и 2 вида насекомоядных (*Crocicidura suaveolens*, *Sorex minutus*). Из 64 черепов 34,4 и 28,1% составляют черепа узкочерепной полёвки и обыкновенной слепушонки. Из 210 челюстей на долю узкочерепной полёвки приходится 44,8%, домовая мышь – 27,6%. Черепа и челюсти насекомоядных составляют незначительные доли: по 1,6% черепа двух видов, а по челюстям – 1,0 и 1,9% у малой белозубки и бурозубки соответственно [11].

Продолжением вышеуказанных исследований являются представленные нами работы, проведенные с декабря 2018 г. до конца марта 2022 г., т.е. был охвачен весь зимний период. Для изучения зимнего питания ушастой совы погадки были собраны в Ботаническом саду им. Э. Гареева Национальной АН КР на протяжении указанных годов. Ботанический сад расположен к югу от г. Бишкека, почти у подножья Кыргызского хребта – одной из крупных горных систем Чуйской долины. В 2–3 км от него начинаются предгорье и среднеегорье (координаты: 1010–1570 м над уровнем моря; 42°49.83' – 42°40.72' с.ш., 74°17.37' – 74°32.41' в.д.), географическое положение которых описано в работе Б.К. Кадыровой, Б.К. Шаршеевой и А.Т. Тынчыбековой [12].

Наблюдения за питанием ушастой совы в Ботаническом саду им. Э. Гареева в течение четырех зим показали, что из года в год здесь зимуют не менее 8–15, а в отдельные годы (2019, 2021 гг.) до 20 особей на 2–3 пирамидальных туях (*Thuja*), расположенных в 1,5–2 метрах от административного здания Ботсада, и на высоких раскидистых соснах возле сторожевого домика в 20–25 м, оставляя под ними свои погадки (рис. 1, а и б).



Рис. 1, а. Ушастая сова, сидящая внутри туи. Ботсад. Февраль, 2019. Фото Б.К. Кадыровой



Рис. 1, б. Молодая ушастая сова *Asio otus*, сидящая внутри кроны сосны. Февраль, 2018. Фото Б.К. Кадыровой

По этому поводу есть сведения Т.В. Макаровой [13], что численность ушастых сов во время зимних скоплений может варьировать в зависимости от географического положения зимовки и различаться в одной и той же точке в течение нескольких лет подряд. За указанный период нами собрано и исследовано 1837 погадок ушастой совы. Надо отметить, что количество собранных погадок варьировалось по годам. Так, 2021 г. был урожайным, и если в январе – марте этого года собрано 990 погадок, то в остальные годы число собранных погадок варьировалось в пределах 155–311.

Ушастая сова на территории Чуйской долины является гнездящимся, зимующим и кочующим видом. Во время гнездования от мест зимовки поднимается в предгорья Кыргызского хребта, а в отдельные годы некоторые особи гнездятся внутри Ботанического сада, так как здесь достаточно высоких деревьев с сорочьими гнездами. Однако нам не удалось заметить гнездование *Asio otus*, если не считать лишь одного случая (2021 г.), когда одна пара заняла гнездо сороки недалеко от вышеуказанного административного здания и вывела птенцов. Некоторыми авторами отмечено перемещение сов на более благоприятные для них территории, если условия зимовки каким-либо образом не удовлетворяют их [9]. В течение периода наблюдений нами не замечено такого перемещения при любых условиях зимовки на территории Ботанического сада. Это дало возможность проследить за динамикой численности птиц и изменчивостью спектра питания.

В сборе 1837 погадок ушастой совы найдено 926 черепов и 1962 челюсти, из которых большая часть черепов и челюстей принадлежат domestic mouse по всем рассматриваемым годам. Второе и третье места по количеству обнаруженных костей занимают обыкновенная слепушонка и обыкновенная полёвка.

В состав погадок входят и единичные экземпляры черепов малой белозубки и малой бурозубки, черного дрозда, зяблика, полевого и домового воробьев. Если рассматривать частоту встречаемости черепов и челюстей в погадках ушастой совы в антропогенных ландшафтах (Ботанический сад г. Бишкек), например, только по результатам ноября – декабря 2021 г. и с января и до конца марта 2022 г., исключая результаты 2018–2019 гг., то из всех рассмотренных 308 черепов и 881 челюсти на долю *Mus musculus* приходится 199, или 64,6%, черепов и 715, или 81,2%, челюстей. Субдоминантами в этот период по встречаемости черепов и челюстей в питании сов являются *Ellobius talpinus* (14,9 и 6,92% соответственно) и *Microtus arvalis* (7,47 и 5,9% соответственно). Череп малой белозубки составляет 9,1%, челюсти не найдены, у малой бурозубки обнаружены лишь челюсти (0,68%). Черепы и челюсти полевого воробья встречены в незначительных количествах (0,32 и 0,45%).

Если проанализировать все 926 черепов и 1962 челюсти, извлеченные из погадок ушастой совы за весь период исследования (2018–2022 гг.), то доминантами по этим показателям так же являются domestic mouse, у которых черепа составляют 47,3%, челюсти – 67,6%. Субдоминантами в этих случаях являются *Ellobius talpinus* и *Microtus arvalis*, у которых частота встречаемости черепов 21,4–13,6%, челюстей – 12,4–12,6% соответственно. Встречаемость черепа серого хомячка составляет 10,9%, челюстей – 4,5%, серой крысы – 1,9 и 1,78% соответственно (рис. 2, 3). Кроме этих грызунов в погадках совы найдены черепа и челюсти домового и полевого воробьев, зяблика, малой бурозубки и белозубки, последние – широко распространенные виды в Кыргызстане.

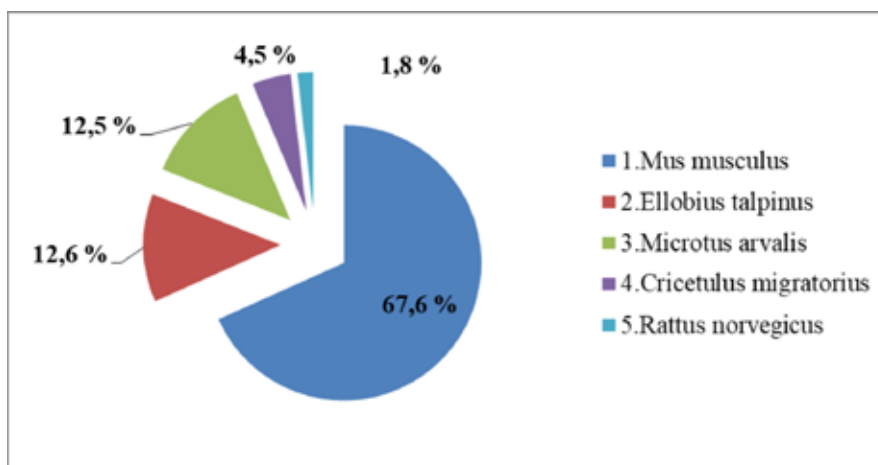


Рис. 2. Частота встречаемости черепа мышевидных грызунов в погадках *Asio otus* в 2018–2022 гг.

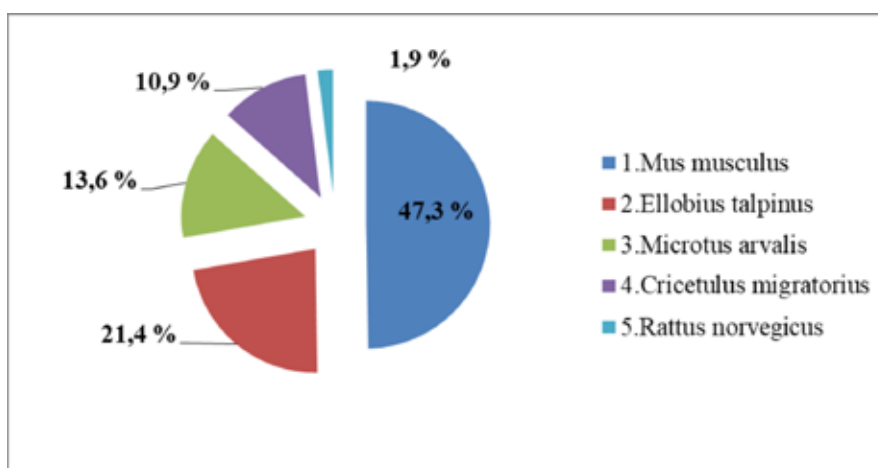


Рис. 3. Частота встречаемости челюстей мышевидных грызунов в погадках *Asio otus* в 2018–2022 гг.

Домовый сыч *Athene noctua*. В условиях Кыргызстана занимает самые разнообразные биотопы и, являясь оседлой птицей, встречается во многих населенных пунктах и их окрестностях. Населяет пустыни, полупустыни Чуйской долины – предгорья и среднегорья Кыргызского хребта, открытые степные, пустынные и полупустынные участки Ат-Башинского района. Питание домового сыча по погадкам изучалось в высокогорье Внутреннего Тянь-Шаня – в нескольких селах Ат-Башинского района (с. Кара-Булун, Кызыл-Туу, Казбек, Терек-Суу). Координаты местности: высота 2255–2330 м над уровнем моря; 41°04.245'–41°01.926' с.ш., 75°35.473'–75°33.249' в.д.). Естественно, названные регионы отличаются не только высотной поясностью,

но и природно-климатическими и экологическими условиями.

В первой декаде марта 2021 г. нами найдено место гнездования и кормления домового сыча в окрестностях с. Кара-Булун Ат-Башинского района. По оставленным на крыше старого домика экскрементам можно судить, что он гнезвился на глиняной крыше старого сарая или домика (рис. 4). На берегу реки Каракоюн в районе с. Казбек, Кара-Булун Ат-Башинского района среди изрезанных холмов под электрическим столбом, в старом сарае для скота собраны 63 погадок домового сыча, из которых извлечено 43 черепа и 82 челюсти, и, судя по ним, основной добычей в питании сыча являются обыкновенные полёвки. Частота встречаемости черепов и челюстей полёв-

ки составляет 60,5 и 78,0% соответственно. Действительно, домовый сыч встречается в тех самых местах, где обитают не только полёвки, но и обыкновенные слепушонки и домовые мыши. Хотя погадки были собраны в начале весны, в селах и на склонах гор еще лежал толстый слой снега, который постепенно таял. В стороне от названных сел местами находились старые заброшенные кошары, глиняные домики, вокруг которых насчитывались многочисленные норы полёвок и слепушонок, которые являются источниками питания сычей. В этих селах и вообще в Ат-Башинском районе снежный покров длится почти до конца апреля.



Рис. 4. Домовый сыч *Athea noctua*, сидящий на крыше сарая. Окрестности с. Кара-Булун. 3.03.2021. Фото Б.К. Кадыровой



Рис. 5. Домовый сыч, сидящий на тополе. С. Терек-Суу. Май, 2021 г. Фото Б.К. Кадыровой

В Ат-Башинском районе в с. Терек-Суу нами собраны 136 погадок домового сыча, из которых извлечены кости домовых мышей, узкочерепных полёвок, серых хомячков, обыкновенных полёвок, полевых и лесных мышей и др. Оказывается в этом и в других близлежащих сёлах домовый сыч считается постоянным обитателем. Он не боится людей и садится прямо на дерево или на столбы возле домов (рис. 5), оставляя под ними множество погадок (рис. 6, 7). Из 9 извлеченных компонентов в погадках сыча на долю домовых мышей приходится 29,2%, обыкновенных полёвок – 27,7%, обыкновенных слепушонок – 20,0% и очень малая доля – 0,8% приходится на тянь-шанскую бурозубку и на какой-то вид птицы, остальные виды (серый хомячок, узкочерепная полёвка, полевая и лесная мыши) составляют от 1,5 до 9,2%. Так, М.П. Ильях и А.С. Шевцов [14] констатируют, что домовый сыч постоянно держится в очагах деятельности человека, в том числе в рыбхозах. По нашим измерениям размеры погадок домового сыча составляют 20–24 x 13–15 мм.



Рис. 6. Погадки домового сыча. С. Терек-Суу. Фото Б.К. Кадыровой



Рис. 7. Разобранные кости, из погадок сыча домового. Фото Б.К. Кадыровой

Заключение

Анализ содержимого погадок двух видов совообразных – ушастой совы и домового сыча – показал, что они являются типичными эврифагами с преобладанием миофагии. В зависимости от антропогенных условий в одни годы в питании ушастых сов доминируют домовые мыши, в другие – обыкновенные полёвки и обыкновенные слепушонки. Питание всех видов сов является индикатором состояния популяции грызунов и других животных. По спектру питания сов можно проводить фаунистические исследования в местах их локализации и установить степень их синантропизации. Применять результаты исследований погадок хищных птиц для фаунистических исследований предложено еще в XX в. Г.К. Солецким [15].

Список литературы

1. Калякин В.Н., Елисеев С., Леонтьева О.А. К питанию ушастых сов и серых неясытей в некоторых районах Москвы (апрель – начало сентября 2015 г.) // Московка. Новости программы «Птицы Москвы и Подмосковья». 2015. № 22. С. 62–64.
2. Калякин В.Н., Матанов М.М. Ушастые совы на территории МГУ и в парке 50-летия Октября в 2016 г. // Московка. Новости программы «Птицы Москвы и Подмосковья». 2016. № 24. С. 51–53.
3. Калякин В.Н., Сорокин А.М. О совах Щёлковского р-на Московской области (окрестности Здехово) в 2016 г. // Московка. Новости программы «Птицы Москвы и Подмосковья». 2016. № 24. С. 55–57.
4. Шариков А.В., Макарова Т.В. Рукокрылые в питании сов Северной Евразии // *Plecotus et al.* 2014. № 17. С. 30–37.
5. Павлов А.Н., Молодовский А.В. О хищных птицах и совах Мангышлака и их численности // *Русский орнитологический журнал*. Т. 25. Экспресс-выпуск 1183. СПб., 2015. С. 3138–3143.
6. Шариков А.В., Шишкина Е.М., Шитиков Д.А., Макарова Т.В. Летние спектры питания филина *Bubo bubo*, ушастой *Asio otus* и болотной *Asio flammeus* сов в национальном парке «Русский Север» (Вологодская область) // *Русский орнитологический журнал*. Т. 25. Экспресс-выпуск 1235. СПб., 2016. С. 73–76.
7. Ерёмченко В.К., Торопова В.И. О зимнем питании ушастой совы в условиях культурного ландшафта. Фрунзе: Известия АН Киргизской ССР. 1975. Вып. 5. С. 67–68.
8. Торопова В.И. Питание ушастой совы на зимовке в городе Фрунзе. Вып. 18. Орнитология. 1983. С. 205–207.
9. Товпинец Н.Н., Евстафьев И.Л. Мелкие млекопитающие в зимнем питании ушастой совы (*Asio otus*) в Крыму: экологический и эпизоотологический аспекты // *Berkut*. 2013. № 22 (2). С. 113–121.
10. Кузнецов Б.А. Определитель позвоночных фауны СССР. Ч. 3. Млекопитающие. М.: Просвещение, 1975. 204 с.
11. Кадырова Б.К., Токобаева Г.М. Антропогендик шарттарда жапалак үкү (*Asio otus*) менен саз үкүнүн (*Asio flammeus* Pontoppidan, 1763) экологиясы жана азыктануусу. (Экология и питание ушастой (*Asio otus*) и болотной (*Asio flammeus* Pontoppidan, 1763) сов в антропогенных условиях) // *Вестник КНУ*. 2014. Вып. 4. Бишкек. С. 11–18.
12. Кадырова Б.К., Шаршеева Б.К., Тынчыбекова А.Т. Зимующие воробьиные птицы Чуйской долины // *Русский орнитологический журнал*. Т. 20. Экспресс-выпуск 2081. СПб., 2021. С. 2809–2817.
13. Макарова Т.В. Экология ушастой и болотной сов во внегнездовой период в европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2014. 22 с.
14. Ильях М.П., Шевцов А.С. Гнездование птиц на опорах ЛЭП в Ставропольском крае // *Русский орнитологический журнал*. Т. 30. Экспресс-выпуск 2055. СПб., 2021. С. 1627–1651.
15. Солецкий Г.К. Некоторые результаты исследования погадок хищных птиц и их применение для фаунистических целей // *Зоологический журнал*. 1961. Т. 40. Вып. 1. С. 84–92.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 573

СИСТЕМНАЯ И ЛОКАЛИЗОВАННАЯ СКЛЕРОДЕРМИЯ

Гречнева Е.В., Шаронова Ю.В.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары,
e-mail: lizakisonka@mail.ru, y-sharonova@list.ru

Склеродермия подразделяется на системную форму, называемую системным склерозом, и локализованную форму, также называемую морфеей. Биопсия кожи рекомендуется только в случае диагностических сомнений при других склеродермоподобных заболеваниях (склеромикседема, склередема, нефрогенный системный фиброз). В гистологической картине кожи при локализованной и системной склеродермии вначале обнаруживаются микрососудистые изменения и хроническое воспаление, а в более поздних стадиях преобладает фиброз кожи. Локализованная склеродермия (LS), или морфея, включает ряд подтипов, которые классифицируются больше в соответствии с их клиническими проявлениями, чем гистопатологическими картинами. Однако некоторые гистопатологические изменения могут быть полезны для дифференциации одного объекта от других и от других склеродермоидных заболеваний. Лучшее понимание клеточного и молекулярного патогенеза, генетического риска и отличительных особенностей SSc-ILD и идентификация надежных прогностических биомаркеров необходимы для оптимального ведения заболевания. Патогенез фиброза при SSc-ассоциированном ILD (SSc-ILD) включает клеточное повреждение, активацию/дифференцировку мезенхимальных клеток и морфологические/биологические изменения в эпителиальных/эндотелиальных клетках. Факторы риска прогрессирования SSc-ILD включают пожилой возраст, мужской пол, степень поражения легких на базовой компьютерной томографии с высоким разрешением. Регуляторные Т-клетки (Tregs) имеют первостепенное значение для поддержания иммунологической толерантности и иммунного гомеостаза, хотя они составляют лишь около 5–10% периферического CD4+ Т-клетки у человека.

Ключевые слова: склеродермия, системная склеродермия, локализованная склеродермия, факторы риска, биомаркеры

SYSTEMIC AND LOCALIZED SCLERODERMA

Grechneva E.V., Sharonova Yu.V.

Chuvash State Medical University n.a. I.N. Ulyanov, Cheboksary,
e-mail: lizakisonka@mail.ru, y-sharonova@list.ru

Scleroderma is divided into a systemic form, called systemic sclerosis, and a localized form, also called morphea. Skin biopsy is recommended only in case of diagnostic doubts in other scleroderma-like diseases (scleromyxedema, scleredema, nephrogenic systemic fibrosis). In the histological picture of the skin with localized and systemic scleroderma, microvascular changes and chronic inflammation are initially detected, and in later stages, fibrosis of the skin prevails. Localized scleroderma (LS) or morphea includes a number of subtypes that are classified more according to their clinical manifestations than histopathological patterns. However, some histopathological changes may be useful for differentiating one object from others and from other scleroderma-like diseases. A better understanding of cellular and molecular pathogenesis, genetic risk and distinctive features of SSc-ILD and identification of reliable prognostic biomarkers are necessary for optimal disease management. The pathogenesis of fibrosis in SSc-associated ILD (SSc-ILD) includes cellular damage, activation/differentiation of mesenchymal cells, and morphological/biological changes in epithelial/endothelial cells. Risk factors for the progression of SSc-ILD include old age, male gender, and the degree of lung damage on basic high-resolution computed tomography. Regulatory T cells (Treg) are of paramount importance for maintaining immunological self-tolerance and immune homeostasis, although they account for only about 5–10% of peripheral CD4+ T cells in humans.

Keywords: scleroderma, systemic scleroderma, localized scleroderma, risk factors, biomarkers

Склеродермия – хроническое заболевание соединительной ткани неизвестной этиологии, которая вызывает обширное микрососудистое повреждение и избыточное отложение коллагена в коже и внутренних органах. Склеродермию можно разделить на локализованную и системную. Локализованная склеродермия, или морфея, характеризуется первичным склерозом, ограниченным кожей, иногда вовлекающим жировую ткань, мышцы и фасции. Системная склеродермия характеризуется поражением кожи, сосудов, опорно-двигательного аппарата и внутренних органов (легкие, сердце, пищеварительный тракт, почки), в основе ко-

торого лежит нарушение микроциркуляции, воспаление и генерализованный фиброз [1].

Цель работы – анализ источников научной медицинской литературы, актуальных материалов научно-исследовательских работ, посвященных склеродермии.

Материалы и методы исследования: зарубежные и российские научные источники по теме «Системная и локализованная склеродермия».

Фиброз может возникать как на ранних, так и на поздних стадиях SSc, имеет переменную клиническую прогрессию и, как правило, плохо реагирует на терапию. Гистологические исследования кожи,

легких, сердца и других органов при склеродермии демонстрируют увеличение количества фибробластов, но обычно наиболее заметно наличие плотных отложений коллагена и внеклеточного матрикса. Фиброзный процесс основан на сверхактивации, перепрограммировании и потере нормальных гомеостатических свойств фибробластов, что приводит к их трансдифференцировке в пролиферативные и метаболически активные миофибробласты в периферической ткани.

Фиброз может возникать почти во всех органах при SSc, но наиболее заметно отмечается в коже, легких, сердце и желудочно-кишечном тракте. Первичный признак заболевания, фиброз кожи, обычно проявляется как утолщение и уплотнение кожи и может проявляться либо в ограниченной (обычно кожа дистальнее локтей и коленей), либо в диффузной (более агрессивной и широко распространенной) картине [2]. У пациентов с ограниченным заболеванием кожи течение фиброза обычно доброкачественное и не вызывает значительной инвалидности, хотя эти пациенты часто страдают от большего количества сосудистых осложнений. В диффузной подгруппе пациентов фиброз кожи имеет тенденцию быстро ускоряться в первые пять лет клинического заболевания, и фиброз других органов обычно начинается в этом же окне [3].

Создание миофибробласта склеродермии

Фибробласты представляют собой мезенхимальные матриксные клетки, которые обычно не обладают высокой метаболической активностью, но обладают способностью активироваться, дифференцироваться в миофибробласты и продуцировать матрикс в ответ на повреждение ткани. Миофибробласты регулируют ремоделирование соединительной ткани, участвуя в синтезе внеклеточного матрикса, а также демонстрируя цитоскелетные характеристики сократительных гладкомышечных клеток. Миофибробласты вносят значительный вклад в ремоделирование соединительной ткани, оказывая тяговые силы и синтезируя компоненты внеклеточного матрикса (ECM). Они регрессируют или умирают путем апоптоза при эпителизации раны, но сохраняются в фиброзных ситуациях, таких как SSc, где они являются ключевыми факторами в постоянном цикле повреждения органов [3]. Остается ряд важных вопросов о фибробластах SSc относительно того, почему они имеют характерный фиброзный фенотип. Эти вопросы включают в себя, откуда берутся миофибробласты, как активируются фибробласты, что поддержива-

ет постоянную активацию фибробластов, конкретные типы фибробластов, наиболее важные для SSc, и различия между фибробластами в разных органах [4].

Патогенез

Причина как локализованной склеродермии (морфеи), так и системной склеродермии неизвестна. Генетический фон в сочетании с экзогенными триггерами, такими как вирусные (ВЭБ, ветряная оспа) и бактериальные (*Borrelia Burgdorferi*) инфекции, местные травмы, хирургические операции и прививки (БЦЖ), предположительно играют роль в морфее [5]. При системной склеродермии некоторые экологические триггеры, такие как винилхлорид, диоксид кремния, некоторые углеводороды, эпоксидные смолы и рапсовое масло, лекарства или некоторые лекарства, такие как блеомицин, триптофан и средства, подавляющие аппетит или инфекционные агенты, включая вирусы (ЦМВ, ВЭБ, парвовирус В19), бактерии (хеликобактер пилори), могут начать болезнь на предрасположенном генетическом фоне.

Другой возможный патогенетический механизм – микрохимеризм. Микрохимеризм — это длительное выживание аллотипических лимфоцитов (фетальные Т-клетки, приобретенные во время беременности, или Т-клетки, полученные путем переливания крови или органов трансплантата) в циркулирующей крови. Фетальные микрохимерные клетки чаще встречаются у пациентов с DCSS и обнаруживаются в клеточных инфильтратах очагов склеродермии. Хотя морфея и системная склеродермия – состояния с различным клиническим выражением, они разделяют общий патологический и патогенетический механизм, что приводит к повреждению сосудов, аутоиммунитету (активации иммунитета) и избыточному отложению коллагена [6]. Активация иммунной системы является еще одним важным шагом в патогенезе как морфеа, так и системной склеродермии. Преобладают CD4+ Т-лимфоциты, мононуклеарные инфильтраты кожи, вызывающие высвобождение интерлейкины (ИЛ-2, про-фибротический ИЛ-4, ИЛ-6 и рецептор ИЛ-2) и факторы роста, такие как трансформирующие ростовые бета-факторы (TGF-β), которые иницируют и/или увековечивают процесс фиброза и повреждения сосудов.

Локализованная склеродермия

Бляшковидная морфея – наиболее частый вариант проявляется приподнятым или вдавленным коричневатым или желтым беловатым налетом, окруженным си-

не-багровыми эритемами (сиреневое кольцо) на туловище или конечностях. По мере инфильтрации кожи наступает атрофия, проявляется выпадением волос и сальных желез и гипер- или гипопигментацией. Линейная склеродермия характеризуется линейными полосами склероза, которые могут распространяться на дерму, подкожный слой, мышцы и кости, вызывающие деформации. Это наиболее распространенный подвид у детей и подростков с поражением преимущественно конечностей и туловища, особенно у девочек школьного возраста. Генерализованная морфеа, характеризующаяся диссеминированным склерозом кожи у взрослых, начинается на туловище и вызывает контрактуры и деформации конечностей. Поверхностная морфеа – это недавно описанный вариант, встречающийся у мужчин, при котором уплотнение, гипер- или гипопигментированные пятна минимальны к атрофодермии.

Системная склеродермия

При системной склеродермии уплотнение затрагивает дистальные и проксимальные части конечностей, лица и туловища и системное вовлечение происходит на ранних стадиях заболевания. Другие изменения лица включают микростомию, клювовидный нос и периоральные борозды, капиллярные аномалии проксимального ногтевого валика руки присутствуют почти у всех пациентов с системной склеродермией и лучше визуализируются при дерматоскопии. Также наблюдается поражение опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, сердечно-легочной системы и почек [7]. Артралгии, шум трения сухожилий и мышечная слабость, общие нарушения моторики пищевода с рефлюксом и дисфагия затрагивают желудочно-кишечный тракт [8].

Легочная гипертензия (ЛГ) является частым и тяжелым осложнением системного склероза. Это сложное заболевание, характеризующееся поражением кожи и различной степенью поражения органов, включая как легкие, так и сердце. Как следствие, РН при данном заболевании может быть обусловлен изолированным ЛАГ, поражающим мелкие легочные артерии (группа 1 обновленной классификации РН). Недостаточное поступление в организм витамина А приводит к гистопатологическим изменениям в альвеолах легких, нарушающим физиологические процессы в легких и предрасполагающим к развитию тканевой гипоксии. Ретиноиды участвуют во многих физиологических процессах. Дефицит витамина А вызывает плоскоклеточную метаплазию

респираторного эпителия, реснитчатые эпителиальные клетки заменяются сквамозным эпителием, при этом происходит снижение выработки слизи [8].

Дифференциальная диагностика

Обычно морфею невозможно гистологически отличить от системной склеродермии. Однако воспалительный инфильтрат на ранних стадиях морфеи более выражен, чем при системной склеродермии, и сосудистые изменения, характеризующиеся утолщением и гиалинизацией стенок сосудов и сужением просвета, более выражены при системной склеродермии [9]. Затвердевшая кожа может быть проявлением состояний, называемых склеродермоподобными расстройствами или имитаторами склеродермии. Склеромикседема проявляется диффузным высыпанием воскообразных мелких папул на утолщенный и уплотненный кожный фон в сочетании с моноклональным белком. Чаще всего страдают взрослые люди среднего возраста. Биопсия кожи часто является диагностической, демонстрируя типичную микроскопическую триаду отложения муцина, пролиферации фибробластов и фиброза или более редко – интерстициальную кольцевидную гранулему. Склередема характеризуется твердым, симметричным уплотнением на шее, плечах и верхней части спины у пациентов с диабетом, инфекцией верхних дыхательных путей или парапротеинемией. Она также может быть идиопатической. Лицо редко вовлекается, в то время как пальцы сохранены. Фиброз может возникать почти во всех органах при системном склерозе, но наиболее заметно отмечается в коже, легких, сердце и желудочно-кишечном тракте [10]. Основным признаком заболевания, фиброз кожи, обычно проявляется как утолщение и уплотнение кожи и может протекать либо в ограниченном (обычно кожа дистальнее локтей и коленей), либо в диффузном (более агрессивном и распространенном) виде. У пациентов с ограниченным заболеванием кожи течение фиброза обычно доброкачественное и не вызывает значительной инвалидности, хотя эти пациенты часто страдают от большего количества сосудистых осложнений. В диффузной подгруппе пациентов фиброз кожи имеет тенденцию быстро ускоряться в первые пять лет клинического заболевания, и фиброз других органов обычно начинается в этом же окне. Имеются рентгенологические доказательства фиброза легких более чем у 90% пациентов с системным склерозом, и он становится клинически значимым у 25% пациентов. По сравнению с фиброзом кожи, где течение

обычно прекращается и улучшается после начального периода, фиброз легких при системном склерозе обычно прогрессирует.

Заключение

Диагностика склеродермии трудна: необходимо анализировать клинические симптомы, комбинировать результаты морфологического, инструментального, клинического и иммунологического исследований. Гистопатология может быть неотличима от образцов истинного морфеа или системного склероза, но диагноз ставится на основании клинического контекста. Системный склероз (SSc, склеродермия) является сложным мультисистемным заболеванием, характеризующимся аутоиммунитетом, васкулопатией и, прежде всего, фиброзом [11].

Несмотря на количество зарегистрированных ассоциаций, генетические биомаркеры, относящиеся к риску ILD у пациентов с SSc, еще не установлены с уверенностью. Многие отдельные исследования, сообщающие об ассоциациях генетических вариантов с SSc-ILD, были небольшими, а последующие исследования конкретных ассоциаций либо отсутствуют, либо содержат противоречивые данные. Поэтому необходимы согласованные усилия с участием большого числа пациентов разной этнической принадлежности для установления более определенных генетических факторов риска развития SSc-ILD и его прогрессирования. Факторы риска, связанные с прогрессирующим ILD среди пациентов с SSc, включают диффузный кожный SSc, мужской пол, афроамериканскую расу. Другие показатели тяжести SSc также были связаны с прогрессирующим заболеванием, включая степень заболевания при компьютерной томографии с высоким разрешением [12]. Аналогично, факторы риска смертности при SSc включают пожилой возраст, мужской пол, степень заболевания при визуализации HRCT. Биомаркеры сыворотки крови или бальной жидкости (BALF) могут быть полезны в диагностике SSc-ILD и в прогнозировании. Был идентифицирован ряд потенциальных биомаркеров, которые могут указывать на поражение легких у пациентов с SSc. Аутоантитела являются единственными маркерами крови, доступными в настоящее время в рутинной клинической практике. Наличие антител против Scl-70 и отсутствие антицентромных антител в SSc указывают на повышенную вероятность прогрессирования ILD. Ассоциации этих антител с основными антигенами комплекса гистосовместимости II поддерживают генетическую основу SSc-ILD [13].

Регуляторные Т-клетки человека (Tregs), экспрессирующие фактор транскрипции FoxP3, играют решающую роль в поддержании иммунологической толерантности и иммунного гомеостаза. Потеря доминирующей периферической толерантности, проявляемая Tregs, может привести к аутоиммунным заболеваниям, иммунопатологии, аллергии или метаболическим заболеваниям. Хотя патогенез SSc сложен и остается не полностью понятым, исследования в этой области подтвердили, что иммунная дисфункция является одним из важнейших компонентов патогенеза. Можно наблюдать врожденные и адаптивные иммунные нарушения, которые завершаются выработкой аутоантител и активацией клеточно-опосредованного аутоиммунитета. Кроме того, иммунные клетки могут вызывать сложные биохимические и молекулярные изменения, которые способствуют васкулопатии и фиброзу. Действительно, появляется все больше доказательств того, что иммунная активация является причиной, а не следствием васкулопатии и фиброза. Во-первых, гистологические исследования показывают, что воспалительный инфильтрат присутствует на очень ранних стадиях, предшествующих началу фиброза [14]. Эти клеточные инфильтраты состоят в основном из Т-клеток, которые преимущественно являются клетками CD4+. Во-вторых, фибробласты с повышенной экспрессией мРНК проколлагена I и III типов часто можно идентифицировать в областях, прилегающих к инфильтрирующим мононуклеарам. В-третьих, Т-клетки в коже и в периферической крови пациентов с SSc экспрессируют репертуар олигоклонных Т-клеточных рецепторов (TCR), что сильно указывает на пролиферацию и клональную экспансию этих клеток в ответ на специфический Ag(s). Кроме того, несколько исследований продемонстрировали ассоциацию конкретных аллелей HLA с SSc, который поддерживает концепцию Ag-управляемого Т-клеточного ответа в SSc. Поэтому среди этого aberrантного иммунного ответа Т-лимфоциты, по-видимому, имеют особое значение в патогенезе SSc. Эти клетки преимущественно представляют собой CD4+ клетки, демонстрирующие маркеры активации, с преобладающим Th2-цитокиновым профилем, характеризующимся высокими уровнями IL-4, IL-5 и IL-13 в коже, легких и периферической крови. Эта ключевая роль пролиферации Т-клеток и секреции цитокинов в SSc предполагает, что это состояние может быть связано с дефектным контролем активации Т-клеток. При изучении Treg-клеток при таких заболеваниях не-

обходимо учитывать разность потенциалов между Treg-клетками, полученными из периферической крови, и воспаленными органами (кожа, легкие) с точки зрения функции и частоты. В отличие от легких, резидентные в коже Tregs активно исследуются, вероятно, из-за относительной легкости доступа к образцам тканей [15].

Список литературы

1. Kopec-Medrek M. Adv Clin Exp Med. Systemic sclerosis sine scleroderma. Kucharz EJ 2017. No. 26 (5). P. 875–880. DOI: 10.17219/acem/64334.
2. Rongioletti F., Ferrelli C., Atzori L., Bottoni U., Soda G.G. Ital Dermatol Venereol. Scleroderma with an update about clinico-pathological correlation 2018. No. 153 (2). P. 208–215. DOI: 10.23736/S0392-0488.18.05922-9.
3. Cottin V., Brown K.K. Respir Res. Interstitial lung disease associated with systemic sclerosis (SSc-ILD) 2019. No. 20 (1). P. 13. DOI: 10.1186/s12931-019-0980-7.
4. Long Y., Chen W., Du Q., Zuo X., Zhu H. Front Immunol. Ubiquitination in Scleroderma Fibrosis and Its Treatment. 2018. No. 9. P. 2383. DOI: 10.3389/fimmu.2018.02383.
5. Distler O., Assassi S., Cottin V., Cutolo M., Danoff S.K., Denton C.P., Distler J.H.W., Hoffmann-Vold A.M., Johnson S.R., Müller-Ladner U., Smith V., Volkman E.R., Maher T.M. Eur Respir J. Predictors of progression in systemic sclerosis patients with interstitial lung disease. 2020.
6. Vona R., Giovannetti A., Gambardella L., Malorni W., Pietraforte D., Straface E.J. Cell Mol Med. Oxidative stress in the pathogenesis of systemic scleroderma: An overview. 2018. No. 22 (7). P. 3308–3314. DOI: 10.1111/jcmm.13630. Epub 2018 Apr 17.
7. Launay D., Sobanski V., Hachulla E., Humbert M. Eur Respir Rev. Pulmonary hypertension in systemic sclerosis: different phenotypes. 2017. No. 26 (145). P. 170056. DOI: 10.1183/16000617.0056-2017.
8. Шамитова Е.Н., Викторovich Н.Н. Изучение влияния дефицита витамина А на физиологическое состояние легких // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29001> (дата обращения: 15.06.2022).
9. Korman B. Evolving insights into the cellular and molecular pathogenesis of fibrosis in systemic sclerosis. Transl Res. 2019. No. 209. P. 77–89. DOI: 10.1016/j.trsl.2019.02.010.
10. Hesselvig J.H., Kofoed K., Wu J.J., Dreyer L., Gislason G., Ahlehoj O. Acta Derm Venereol. Localized Scleroderma, Systemic Sclerosis and Cardiovascular Risk: A Danish Nationwide Cohort Study. 2018. Vol. 13. No. 98 (3). P. 361–365. DOI: 10.2340/00015555-2842.
11. Журавлева Н.В., Шамитова Е.Н., Комелягина Н.А. Трудности диагностики системной склеродермии // Современная кардиология и вопросы междисциплинарного взаимодействия: материалы Республиканской научно-практической конференции / Под ред. Е.И. Бусалаевой. 2018. С. 154–158.
12. Khanna D., Tashkin D.P., Denton C.P., Renzoni E.A., Desai S.R., Varga J. Am J Respir Crit Care Med. Etiology, Risk Factors, and Biomarkers in Systemic Sclerosis with Interstitial Lung Disease. 2020. No. 201 (6). P. 650–660. DOI: 10.1164/rccm.201903-0563CI. PMID: 31841044 Free PMC article.
13. Frantz C., Auffray C., Avouac J., Allanore Y. Front Immunol. Regulatory T Cells in Systemic Sclerosis. 2018. No. 9. P. 2356.
14. Weatherald J., Montani D., Jevnikar M., Jaïs X., Savale L. Screening for pulmonary arterial hypertension in systemic sclerosis. 2019. Print 2019 Sep 30. PMID: 31366460.
15. Vera-Lastra O., Saucedo-Casas C.A., Domínguez M.D.P.C., Alvarez S.A.M., Sepulveda-Delgado J. Reumatol Clin (Engl Ed). Systemic Sclerosis Sine Scleroderma in Mexican Patients. Case Reports. 2018. No. 14 (4). P. 230–232. DOI: 10.1016/j.reuma.2016.11.004. Epub 2017 Jan3.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 571.27

**ИНТЕРФЕРОН-ЗАВИСИМЫЕ ГЕНЫ
В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ
ЗАБОЛЕВАНИЙ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ****Шамитова Е.Н., Дубинкина М.А., Хамидуллова Э.Р.***ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары,
e-mail: milena.dubinkina.02@mail.ru, hamidullova33@gmail.com*

Интерфероны типа 1 (ИФН1) являются ключевыми молекулами противовирусной защиты, а также мощными медиаторами воспаления. В 2003 г. было впервые установлено, что в клетках крови пациентов с системной красной волчанкой (СКВ) наблюдалась повышенная экспрессия целого ряда генов, индуцированных интерферонами типа 1. Данный феномен получил название интерфероновой сигнатуры (type 1 interferon signature) или интерференового профиля. В дальнейшем паттерны экспрессии, свидетельствующие о наличии ИФН1-профиля, были обнаружены при разнообразных аутоиммунных и аутовоспалительных состояниях, которые либо наследуются в соответствии с законами Менделя, либо относятся к многофакторным заболеваниям. Количественным показателем, позволяющим оценить степень гиперактивации ИФН1-пути, является так называемый интерфероновый индекс (interferon score). Несмотря на то, что сложно выявить уровень ИФН1 в крови, разработаны несколько методов, позволяющих решить данную проблему. Изначально применяется разновидность метода ELISA-SingleMolecularArray, в дальнейшем, после выделения наиболее информативных ИФН1-индуцированных генов, основными методами являются ПЦР в реальном времени и технология NanoString. В настоящем обзоре обсуждаются возможные причины изменения экспрессии интерферон-зависимых генов, клинико-лабораторные подходы к анализу интерференового индекса, а также практическое использование этого индикатора для диагностики различных заболеваний.

Ключевые слова: интерфероны типа 1, ИФН1, интерфероновый индекс, интерферопатии, аутоиммунные заболевания

**INTERFERON I SIGNATURE FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS
OF DISEASES OF THE IMMUNE SYSTEM****Shamitova E.N., Dubinkina M.A., Khamidullova E.R.***Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary,
e-mail: milena.dubinkina.02@mail.ru, hamidullova33@gmail.com*

Type 1 interferons (IFN1) are key antiviral defense molecules as well as potent inflammatory mediators. In 2003, for the first time, it was found that in the blood cells of patients with systemic lupus erythematosus (SLE), there is an increased expression of a number of genes induced by type 1 interferons. This phenomenon has been called the interferon signature (type 1 interferon signature) or interferon profile. Subsequently, expression patterns indicating the presence of an IFN1 profile have been found in various autoimmune and autoinflammatory conditions that are either inherited according to the laws of Mendel or are multifactorial diseases. A quantitative indicator that allows you to assess the degree of hyperactivation of the IFN1 pathway is the so-called, interferon index (interferon score). Although it is difficult to determine the level of IFN1 in the blood, several methods have been developed to solve this problem. Initially, a variation of the ELISA-SingleMolecularArray method is used; later, after the selection of the most informative IFN1-induced genes, the main methods are real-time PCR and NanoString technology. This review discusses the possible causes of changes in the expression of interferon-dependent genes, clinical and laboratory approaches to the analysis of the interferon index, as well as the practical use of this indicator for the diagnosis of various diseases.

Keywords: type I interferons, interferon score, interferonopathy, autoimmune disease

Интерфероны – набор биологически активных белков или гликопротеидов, синтезируемых клеткой в процессе защитной реакции на чужеродные агенты (вирусная инфекция, антигенное и митогенное воздействие). На сегодня выявлено свыше 300 различных эффектов интерферонов, среди которых подавление роста внутриклеточных и внеклеточных инфекционных агентов вирусной и невирусной природы; индукция противоопухолевого ответа; подавление или усиление продукции антител; стимуляция макрофагов; усиление фагоци-

тоза; активация цитотоксического действия сенсibilизированных лимфоцитов на клетки-мишени; усиление презентации по механизму МНС I и II классов; усиление или ингибирование активностей ряда клеточных ферментов; усиление цитотоксического действия двухнитевых РНК; подавление гиперчувствительности замедленного типа. Экспрессия генов интерферонов в основном не является конститутивной, а индуцируется в клетке в ответ на внедрение вирусов и бактерий (или их продуктов). Изучение уровней экспрессии генов, относящихся

к системе интерферонов, позволит, например, исследовать состоятельность иммунного ответа при инфицировании вирусами, оценить иммуногенность и реактогенность вакцинных препаратов, проследить формирование специфического клеточно-опосредованного ответа.

Цель исследования – проанализировать современные литературные данные изучения профилей экспрессии интерферон-зависимых генов для диагностики заболеваний иммунной системы.

Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования: зарубежные и российские научные источники по теме «Интерферон-зависимые гены в диагностике заболеваний иммунной системы».

Интерфероны типа 1 (ИФН1), наиболее известными представителями которых являются интерфероны α и β , относятся к семейству цитокинов с противовирусными и иммуномодулирующими свойствами. Основным биологическим свойством ИФН1 является способность подавлять синтез вирусных белков, воздействовать на другие этапы репродукции вирусных частиц, включая отпочковывание дочерних популяций. Рекомбинантные интерфероны используются для лечения гепатитов В и С, рассеянного склероза и некоторых опухолей [1]. Оценка влияния вариантов генов интерферона на предрасположенность к хронизации HCV-инфекции показала, что осуществляется взаимосвязь гепатита С с генотипами AA гена OAS1, CC гена OAS3, GG гена PKR, GG гена ИФН- α и TT гена ИФН- γ . Носители AA генотипа и аллеля A гена OAS1 наиболее подвержены риску заболевания.

Паттерн-распознающие рецепторы (PRR) усиливают секрецию интерферонов α и β преимущественно в ответ на распознавание вирусных нуклеиновых кислот (ДНК и РНК). К данным рецепторам можно отнести расположенные в эндосомах: TLR3, TLR7, TLR8, TLR9, а также цитозольные сенсоры нуклеиновых кислот RIG1, MDA5 и cGAS.

Помимо микробных патогенов, паттерн-распознающие рецепторы могут быть активированы за счет молекул из поврежденных тканей или апоптотических клеток; нарушение распознавания собственных нуклеиновых кислот играет важнейшую роль в развитии аутоиммунных и аутовоспалительных заболеваний [2].

Все ИФН1 связываются с гетеродимерным рецептором IFNAR, который имеется на поверхности клеток. Посредством активации нескольких сигнальных каска-

дов, в первую очередь канонического пути JAK/STAT, происходит усиление экспрессии ряда интерферонов и интерферон-индуцируемых генов (IFN-response genes, IRG) [3]. Точная функция многих из них пока не изучена, однако некоторые, такие как IRF5 и TLR7, стимулируют продукцию интерферона типа 1 [4]. При этом паттерны экспрессии IRG специфичны для определенных типов клеток. Лишь ограниченное число этих молекул гиперэкспрессируется повсеместно и стабильно вне зависимости от того, какой именно стимул вызвал активацию сигнального каскада.

В норме индукция, интенсивность и продолжительность интерферонового ответа строго регулируется. Избыточная активация ИФН1-каскада может приводить к крайне неблагоприятным для организма последствиям – таким как, развитию тромботической микроангиопатии [5]. Нарушение регуляции ИФН1-опосредованного пути лежит в основе патогенеза редких моногенных заболеваний, которые получили название интерферопатий типа 1. К ним относятся синдромы Айкарди – Гутьерес (прогрессирующая энцефалопатия с дебютом в раннем детском возрасте), Синглтон – Мертен (кардиоваскулярные заболевания с кальцификацией аорты, остеопоротические проявления, зубные и скелетные аномалии, псориазоподобное поражение кожи), хронический атипичный нейтрофильный дерматоз с липодистрофией и повышением температуры (CAN-DLE), STING-ассоциированная васкулопатия с началом в детском возрасте (SAVI) и т.д. Так же гиперактивация ИФН1-каскада обнаружена при целом ряде аутоиммунных заболеваний многофакторной этиологии, в частности при системной красной волчанке (СКВ), ювенильном дерматомиозите (ЮДМ), системной склеродермии и т.д. [6].

Причины гиперактивации ИФН1-пути. Увеличение секреции ИФН-1 в ответ на вирусную инфекцию зачастую происходит в плазматцитоидных дендритных клетках. Эта активация запускается и за счет эндогенных стимулов, например образования аутоантител и иммунных комплексов, содержащих РНК или ДНК [7]. Генерация аутоантител может быть, в частности, связана с процессом нетоза (NETosis) – разновидности программированной клеточной гибели нейтрофилов с высвобождением так называемых нейтрофильных внеклеточных ловушек (neutrophil extracellular traps, NET). Деконденсированный хроматин, имеющийся в составе нейтрофильных ловушек, может индуцировать продукцию альфа-интерферона дендритными клетками [8].

Компоненты комплемента в норме осуществляют удаление иммунных комплексов и апоптотических клеток, стимулируя их фагоцитоз моноцитами. При дефиците «ранних» компонентов этой системы иммунные комплексы связываются вместо моноцитов с плазмоцитонидными дендритными клетками, что приводит к активации продукции ИФН1 [9]. В случае моногенных интерферопатий одним из механизмов гиперактивации ИФН1-пути является повышенная чувствительность сенсоров нуклеиновых кислот – паттерн-распознающих рецепторов (MDA5, RIG-1, STING) – к собственным или чужеродным нуклеиновым кислотам. В частности, роль мутаций гена IFIH1, кодирующего белок-сенсор MDA5, выявляется при целом ряде заболеваний, включая синдром Айкарди – Гутьерес, Синглон – Мертен, моногенные формы СКВ и т.д. [10].

Кроме того, гиперактивация ИФН1 может наблюдаться при нарушении метаболизма нуклеиновых кислот, например дефекты активности нуклеаз TREX1, SAMHD1, ADAR1, RNASEH2A, RNASEH2B, DNASE1, DNASE1L3 и т.д. В конечном счёте в цитоплазме накапливаются иммуногенные фрагменты собственной ДНК или РНК, которые подвергаются утилизации [11].

В некоторых ситуациях гиперактивация ИФН1 происходит вследствие дефекта молекул, принимающих непосредственное участие в ИФН1-сигнальный путь.

Наконец, существует группа заболеваний, при которых точный механизм гиперактивации интерферонового пути неизвестен. К таким болезням относятся, в частности, синдромы COPA (COatmerProteincomplexsubunitAlpha) и PRAAS (proteasome-associated autoinflammatory syndrome) [12].

Методы детекции интерферонового профиля. Прямая детекция уровня ИФН1 в крови пациентов крайне затруднительна, поскольку его физиологические концентрации очень низки. В связи с этим применение традиционного иммуноферментного анализа (ELISA) невозможно. Показано, что эта проблема может быть преодолена путем использования ультравысокой разновидности метода ELISA – Single Molecular Array (Simoa), недавно предложенной компанией Quanterix. Simoa допускает выявление аттомолярной концентрации ИФН α , а также детектирование всех 13 типов ИФН α [13]. Этот метод успешно использовался для мониторинга уровня ИФН α у пациентов с СКВ и идиопатическими воспалительными миопатиями. Однако из-за необходимости приобретения специального оборудова-

ния и реагентов ограничивает применение Simoa, поэтому косвенные методы выявления гиперактивации интерферонового пути по-прежнему доминируют.

Впервые повышение экспрессии ряда интерферон-индуцируемых генов было выявлено у пациентов с СКВ с помощью метода РНК-микрочипов [14, 15]. Данный феномен получил название интерфероновой сигнатуры (IFN1 signature, ИФН1-сигнатура, ИФНС). В дальнейшем ряд исследований подтвердил устойчивое наличие характерного паттерна экспрессии ИФН1-зависимых генов у больных с СКВ, а также выявил его присутствие у пациентов с рядом других ревматологических заболеваний (дерматомиозит, системная склеродермия, ревматоидный артрит, синдром Шегрена, синдром Айкарди – Гутьерес [16, 17]. Несмотря на то, что профиль гиперэкспрессии ИФН1-зависимых генов обладает определенной специфичностью при различных заболеваниях, по-видимому, можно выделить несколько «универсальных» генов, стабильно отражающих наличие активации интерферонового сигнального каскада. После того, как удалось выделить наиболее информативные ИФН1-индуцированные гены, основными методами детекции ИФНС стали количественная ПЦР в реальном времени (с предварительной обратной транскрипцией РНК) и, в меньшей степени, технология NanoString [18]. В отличие от ПЦР в режиме реального времени, метод NanoString основан на прямой гибридизации молекул РНК со специфическими пробами, содержащими уникальные идентификаторы (баркоды); это позволяет снизить погрешности косвенного измерения транскриптов, возникающие на этапе обратной транскрипции. Сравнение ПЦР и NanoString продемонстрировало хорошую конкордантность двух методов; при этом преимуществом NanoString является большая степень автоматизации процесса [19]. В то же время ПЦР, в отличие от NanoString, не является «закрытой» системой и не требует специального оборудования, т.е. оценка ИФН1-сигнатуры может проводиться практически в любой современной молекулярно-генетической лаборатории.

Значительное повышение ИФН1-индекса выявлено при ряде редких интерферопатий – например, дефиците аденозин-деаминазы 2 (DADA2), синдромах CANDLE, SAVI [20, 21], системной волчанке [22] – соответственно, данный тест может оказать существенную помощь в диагностике этих состояний. Определение ИФН1-индекса в совокупности с изучением цитокинового профиля и секвенированием

нового поколения позволило выделить несколько неизвестных нозологических форм в группе пациентов с недифференцированными системными аутовоспалительными заболеваниями [23].

Некоторые исследователи используют менее универсальные сочетания транскриптов, выделяя индексы IFN-A и IFN-B [24] и добиваясь большей специфичности. Сравнение данных измерения ИФН1-индекса, полученных в разных лабораториях, представляется проблематичным, учитывая использование разных панелей генов, разных исследуемых состояний и разных контрольных групп. Недавнее методологическое исследование показало, что проблему нормализации данных можно решить за счет использования стандартного набора пулированных образцов здоровых индивидов, верифицированных методом РНК-секвенирования [25].

На результат также могут повлиять и особенности преаналитического этапа. Для обеспечения сохранности РНК кровь исследуемых помещается в специальные пробирки. По данным некоторых авторов, использование разных преаналитических систем может приводить к различиям в результатах измерения экспрессии [26], в том числе и при оценке экспрессии ИФН-индуцированных генов IFI44L и IFIT1 [27]. В то же время исследование базовой и интерферон-индуцированной экспрессии в цельной крови здоровых доноров свидетельствует о хорошей корреляции между образцами, хранившимися в разных пробирках [28].

Прогностическое значение интерфероновой профиля. Исследования транскриптома свидетельствуют, что пациенты с низким и высоким ИФН1-индексом могут различаться в активности течения различных ревматических заболеваний [29]. По всей видимости, развитие ИФН1-сигнатуры является ранним событием в патогенезе СКВ и других аутоиммунных состояний, поэтому величина ИФН1-индекса может иметь прогностическое значение. В частности, из 118 пациентов с повышенным уровнем антинуклеарного фактора (АНФ) и наличием максимум одного симптома СКВ у 14 больных в течение года развилась СКВ и у 5 – первичный синдром Шегрена (аутоиммунное системное поражение соединительной ткани, проявляющееся вовлечением в патологический процесс желез внешней секреции, главным образом слюнных и слезных, и хроническим прогрессирующим течением). У всех пациентов, развивших аутоиммунное заболевание, уровни IFN-score A и, в более значительной степени,

IFN-score B оказались выше по сравнению с теми, у кого заболевание не прогрессировало [30]. В то же время в другом исследовании у бессимптомных субъектов, позитивных в отношении наличия антинуклеарных антител, ИФН1-профиль коррелировал с титром антител, но не являлся предиктором развития системного аутоиммунного заболевания [31]. Повышение индекса было значимо ассоциировано с низким уровнем компонентов комплемента C3 и C4, наличием специфических антител и повышенным уровнем IgG, что свидетельствует о более высоком риске прогрессирования заболевания. У пациентов с СКВ повышенный уровень ИФН1-индекса коррелировал с поражением кожи, алопецией и более высокими значениями индекса клинической активности SLEDAI [32, 33].

Связь с активностью ревматических заболеваний. Результаты свидетельствуют, что связь между ИФН1-индексом и клиническими параметрами активности СКВ, системной склеродермии и синдрома Шегрена зависит от уровня экспрессии гена BAFF (B-cell activating factor) [34]. Во многих работах была выявлена связь между активностью кожного поражения при дерматомиозите и наличием ИФН1-сигнатуры [35, 36].

Информация, полученная отечественными ревматологами, свидетельствует о наличии позитивного соотношения между величиной ИФН1-индекса, уровнем экспрессии ИФН1-стимулированного гена EPST11 и длительностью терапии метотрексатом у пациентов с ревматоидным артритом [37].

Подходы к патогенетической терапии. Укоренение важнейшей роли гиперактивации ИФН1-пути в развитии аутоиммунных заболеваний привело к попыткам фармакологического подавления ИФН-сигнатуры. Достаточно успешным оказалось блокирование ИФН1-сигнального каскада с помощью ингибиторов янус-киназ (барицитиниб, тофацитиниб) [38]; мощная иммуносупрессия приводит к развитию оппортунистических инфекций у некоторых пациентов с интерферопатиями. Применение человеческих моноклональных антител к ИФН-α продемонстрировало неплохие результаты в отношении снижения ИФН1-индекса и снижения показателей активности СКВ и дерматомиозита [39, 40]. Перспективным подходом является непосредственное воздействие на главные продуценты ИФН1 – плазматические дендритные клетки посредством блокирования лектина BDCA2 (Blood dendritic cell antigen 2), экспрессируемого на их поверхности.

Закключение

Исследование ИФН1-сигнатур является перспективным направлением современной ревматологии. Определение ИФН1-индекса может эффективно использоваться для мониторинга активности как многофакторных аутоиммунных заболеваний, так и редких моногенных интерферопатий и аутовоспалительных синдромов. С технической точки зрения оценка этого показателя с помощью ПЦР в режиме реального времени обладает хорошей воспроизводимостью и может быть внедрена в любой лаборатории, обладающей соответствующим оборудованием.

Список литературы

1. Rizza P., Moretti F., Belardelli F. Recent advances on the immuno-modulatory effects of IFN- α : Implications for cancer immunotherapy and autoimmunity. *Autoimmunity*. 2010. Vol. 43. No. 3. P. 204–209.
2. Barrat F.J., Crow M.K., Ivashkiv L.B. Interferon target-gene expression and epigenomic signature in health and disease. *Nat. Immunol.* 2019. No. 20. P. 1574–1583.
3. Hertzog P., Forster S., Samarajiwa S. Systems biology of interferon responses. *J. Interferon Cytokine Res.* 2011. Vol. 31. No. 1. P. 5–11.
4. Forster S. Interferon signatures in immune disorders and disease. *Immunol. Cell Biol.* 2012. No. 90. P. 520–27.
5. Kavanagh D., McGlasson S., Jury A., Williams J., Scolding N., Bellamy C. et al. Type I interferon causes thrombotic microangiopathy by a dose-dependent toxic effect on the microvasculature. *Blood*. 2016. Vol. 128. No. 24. P. 2824–2833.
6. Demirkaya E., Sahin S., Romano M., Zhou Q., Aksentijevich I. New Horizons in the Genetic Etiology of Systemic Lupus Erythematosus and Lupus-Like Disease: Monogenic Lupus and Beyond. *J. Clin. Med.* 2020. Vol. 9. No. 3. P. 712.
7. Rönnblom L. The type I interferon system in the etiology of autoimmune diseases. *Ups. J. Med. Sci.* 2011. No. 18. P. 227–237.
8. Hakkin A., Füllrohr B.G., Amann K., Laube B., Abed U.A., Brinkmann V. et al. Impairment of neutrophil extracellular trap degradation is associated with lupus nephritis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2010. Vol. 107. No. 21. P. 9813–9818.
9. Hagberg N., Rönnblom L. Systemic Lupus Erythematosus – A Disease with A Dysregulated Type I Interferon System. *Scand. J. Immunol.* 2015. No. 82. P. 199–207.
10. Rice G.I., Del Toro Duany Y., Jenkinson E.M., Forte G.M.A., Anderson B.H., Ariando G. et al. Gain-of-function mutations in IFIH1 cause a spectrum of human disease phenotypes associated with upregulated type I interferon signaling. *Nat. Genet.* 2014. Vol. 46. No. 5. P. 503–509.
11. Demirkaya E., Sahin S., Romano M., Zhou Q., Aksentijevich I. New Horizons in the Genetic Etiology of Systemic Lupus Erythematosus and Lupus-Like Disease: Monogenic Lupus and Beyond. *J. Clin. Med.* 2020. Vol. 9. No. 3. P. 712.
12. Davidson S., Steiner A., Harapas C.R., Masters S.L. An Update on Autoinflammatory Diseases: Interferonopathies. *Curr. Rheumatol. Rep.* 2018. Vol. 20. No. 7. P. 38.
13. Rodero M.P., Decalf J., Bondet V., Hunt D., Rice G.I., Werneke S. et al. Detection of interferon alpha protein reveals differential levels and cellular sources in disease. *J. Exp. Med.* 2017. Vol. 214. No. 5. P. 1547–1555.
14. Bennett L., Palucka A.K., Arce E., Cantrell V., Borvak J., Banchereau J. et al. Interferon and granulopoiesis signatures in systemic lupus erythematosus blood. *J. Exp. Med.* 2003. Vol. 197. No. 6. P. 711–723.
15. Liu M., Liu J., Hao S., Wu P., Zhang X., Xiao Y. et al. Higher activation of the interferon-gamma signaling pathway in systemic lupus erythematosus patients with a high type I IFN score: relation to disease activity. *Clin. Rheumatol.* 2018. Vol. 37. No. 10. P. 2675–2684.
16. Psarras A., Emery P., Vital E.M. Type I interferon-mediated autoimmune diseases: Pathogenesis, diagnosis and targeted therapy. *Rheumatology (United Kingdom)*. 2017. No. 56. P. 1662–1675.
17. Bodewes I.L.A., Versnel M.A. Interferon activation in primary Sjögren's syndrome: recent insights and future perspective as novel treatment target. *Expert Rev. Clin. Immunol.* 2018. Vol. 14. No. 10. P. 817–829.
18. Lamot L., Niemietz I., Brown K.L. Methods for type I interferon detection and their relevance for clinical utility and improved understanding of rheumatic diseases. *Clin. Exp. Rheumatol.* 2019. Vol. 37. No. 6. P. 1077–1083.
19. Pescarmona R., Belot A., Villard M., Besson L., Lopez J., Mosnier I. et al. Comparison of RT-qPCR and Nanostring in the measurement of blood interferon response for the diagnosis of type I interferonopathies. *Cytokine*. 2019. No. 113. P. 446–452.
20. Kim H., De Jesus A.A., Brooks S.R., Liu Y., Huang Y., Vantres R. et al. Development of a Validated Interferon Score Using NanoString Technology. *J. Interf. Cytokine Res.* 2018. Vol. 38. No. 4. P. 171–185.
21. Skrabl-Baumgartner A., Plecko B., Schmidt W.M., König N., Herzig M., Gruber-Sedlmayr U. et al. Autoimmune phenotype with type I interferon signature in two brothers with ADA2 deficiency carrying a novel CECR1 mutation. *Pediatr. Rheumatol.* 2017. Vol. 15. No. 1.
22. König N., Fiehn C., Wolf C., Schuster M., Cura Costa E., Tüngler V. et al. Familial chilblain lupus due to a gain-of-function mutation in STING. *Ann. Rheum. Dis.* 2017. Vol. 76. No. 2. P. 468–472.
23. De Jesus A.A., Hou Y., Brooks S., Malle L., Biancotto A., Huang Y. et al. Distinct interferon signatures and cytokine patterns define additional systemic autoinflammatory diseases. *J. Clin. Invest.* 2020. Vol. 130. No. 4. P. 1669–1682.
24. El-Sherbiny Y.M., Psarras A., Yusof M.Y.M., Hensor E.M.A., Tooze R., Doody G. et al. A novel two-score system for interferon status segregates autoimmune diseases and correlates with clinical features. *SciRep.* 2018. Vol. 8. No. 1.
25. Pin A., Monasta L., Taddio A., Piscianz E., Tommasini A., Tesser A. et al. An Easy and Reliable Strategy for Making Type I Interferon Signature Analysis Comparable among Research Centers. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2019. Vol. 9. No. 3.
26. Yip L., Fuhlbrigge R., Atkinson M.A., Fathman C.G. Impact of blood collection and processing on peripheral blood gene expression profiling in type 1 diabetes. *BMC Genomics* 2017. Vol. 18. No. 1. P. 1–16.
27. Skogholt A.H., Ryeng E., Erlandsen S.E., Skorpen F., Schöenberg S.A., Sætrum P. Gene expression differences between PAX gene and Tempus blood RNA tubes are highly reproducible between independent samples and biobanks. *BMC Res. Notes*. 2017. Vol. 10. No. 1. P. 136.
28. Lamot L., Niemietz I., Brown K.L. Comparable type I interferon score determination from PAX gene and Tempus whole blood RNA collection and isolation systems. *BMC Res. Notes*. 2019. Vol. 12. No. 1.
29. Brohawn P.Z., Streicher K., Higgs B.W., Morehouse C., Liu H., Illei G. et al. Type I interferon gene signature test—low and high patients with systemic lupus erythematosus have distinct gene expression signatures. *Lupus* 2019. Vol. 28. No. 13. P. 1524–1533.
30. Md Yusof M.Y., Psarras A., El-Sherbiny Y.M., Hensor E.M.A., Dutton K., Ul-Hassan S. et al. Prediction of autoimmune connective tissue disease in an at-risk cohort: Prognostic value of a novel two-score system for interferon status. *Ann. Rheum. Dis.* 2018. Vol. 77. No. 10.
31. Wither J., Johnson S.R., Liu T., Noamani B., Bonilla D., Lisnevskaja L. et al. Presence of an interferon signature in indi-

viduals who are antinuclear antibody positive lacking a systemic autoimmune rheumatic disease diagnosis. *ArthritisRes. Ther.* 2017. Vol. 19. No. 1.

32. Lambers W.M., De Leeuw K., Doornbos-Van Der Meer B., Diercks G.F.H., Bootsma H., Westra J. Interferon score is increased in incomplete systemic lupus erythematosus and correlates with myxovirus-resistance protein A in blood and skin. *ArthritisRes. Ther.* 2019. Vol. 21. No. 1.

33. Rigolet M., Hou C., Baba Amer Y., Aouizerate J., Periou B., Gherardi R.K. et al. Distinct interferon signatures stratify inflammatory and dysimmune myopathies. *RMD Open* 2019. Vol. 5. No. 1.

34. Brkic Z., Maria N.I., Van Helden-Meeuwsen C.G., Van De Merwe J.P., Van Daele P.L., Dalm V.A. et al. Prevalence of interferon type I signature in CD14 monocytes of patients with Sjögren's syndrome and association with disease activity and BAFF gene expression. *Ann. Rheum. Dis.* 2013. Vol. 72. No. 5. P. 728–35.

35. Reed A.M., Peterson E., Bilgic H., Ytterberg S.R., Amin S., Hein. M.S. et al. Changes in novel biomarkers of disease activity in juvenile and adult dermatomyositis are sensitive biomarkers of disease course. *Arthritis Rheum.* 2012. Vol. 64. No. 12. P. 4078–4086.

36. Kim H., Gunter-Rahman F., McGrath J.A., Lee E., De Jesus A.A., Targoff I.N. et al. Expression of interferon-

regulated genes in juvenile dermatomyositis versus Mendelian autoinflammatory interferonopathies. *Arthritis ResTher.* 2020. Vol. 22. No. 1.

37. Авдеева А.С., Четина Е.В., Черкасова М.В., Маркова Г.А., Артюхов А.С., Дашининаев Э.Б., Насонов Е.Л. Экспрессия интерферон-стимулированных генов (интерфероновый «автограф») у пациентов с ревматоидным артритом: предварительные результаты. *Научно-практическая ревматология.* 2020. № 58 (6). С. 673–677.

38. Насонов Е.Л., Авдеева А.С., Лиля А.М. Эффективность и безопасность тофацитиниба при иммуновоспалительных ревматических заболеваниях (часть I). *Научно-практическая ревматология.* 2020. № 58 (1). С. 62–69.

39. Khamashta M., Merrill J.T., Werth V.P., Furie R., Kalunian K., Illei G.G. et al. Sifalimumab, an anti-interferon- α monoclonal antibody, in moderate to severe systemic lupus erythematosus: A randomised, double-blind, placebo-controlled study. *Ann.Rheum.Dis.* 2016. Vol. 75. No. 1. P. 1909–1916.

40. Higgs B.W., Zhu W., Morehouse C., White W.I., Brohawn P., GuoX. et al. A phase 1b clinical trial evaluating sifalimumab, an anti-IFN- α monoclonal antibody, shows target neutralization of a type I IFN signature in blood of dermatomyositis and polymyositis patients. *Ann. Rheum. Dis.* 2014. Vol. 73. No. 1. P. 256–362.

СТАТЬИ

УДК 579.22

**ОТБОР ШТАММОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД****¹Аюпова А.Ж., ¹Хасенова Э.Ж., ^{1,2}Сарсенова А.С., ¹Молдагулова Н.Б.,
²Уланкызы А., ¹Кусайын А.Б., ²Тунгышпаева З.Б., ¹Курманбаев А.А.**¹ТОО «Экостандарт.kz», Нур-Султан, e-mail: a.ibraeva@mail.ru;²ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии»,
Нур-Султан

Из иловых осадков сточных вод канализационно-очистных сооружений (г. Нур-Султан, Рудный, Форт-Шевченко), почвы и свежескошенной травы, отобранной на дачном участке (г. Нур-Султан), выделено 60 культур микроорганизмов. Для отбора активных штаммов, способных перерабатывать осадки сточных вод, все микроорганизмы, выделенные в чистую культуру, были протестированы на ферментативную активность – липолитическую, протеолитическую, целлюлолитическую, амилалитическую. По результатам исследований отобрано 15 изолятов с разными фенотипическими признаками, обладающих наиболее высокой ферментативной активностью. Изучены культурально-морфологические свойства отобранных изолятов, способность к спорообразованию и к росту при различных температурах. Из отобранных культур 3 изолята способны к росту при температуре выше 45 °С. Для остальных культур оптимальным для роста является диапазон температур 28–37 °С. Идентификация отобранных микроорганизмов выявила принадлежность выбранных штаммов к роду *Rhodococcus rhodochrous*, *Cryseobacterium arachidis*, *Pseudoxanthomonas sp.*, *Bacillus megaterium*, *Pediococcus acidilactici*, *Paenibacillus residui*, *Brevibacillus invocatus*, *Bacillus licheniformis*, 2 штамма отнесены к *Bacillus cereus*, 3 к *Enterobacter cloacae* и 2 к *Ochrobactrum intermedium*. Отобранные штаммы микроорганизмов с наибольшей ферментативной активностью могут стать претендентами на создание на их основе эффективного биопрепарата для переработки иловых осадков сточных вод канализационно-очистных сооружений городов.

Ключевые слова: микроорганизмы, ферментативная активность, иловые осадки, компостирование, канализационно-очистные сооружения

**SELECTION OF STRAINS PROMISING
FOR THE PROCESSING OF SEWAGE SLUDGE****¹Ayupova A.Zh., ¹Khasenova E.Zh., ^{1,2}Sarsenova A.S., ¹Moldagulova N.B.,
²Ulankeyzy A., ¹Kusayyn A.B., ²Tungyshpaeva Z.B., ¹Kurmanbaev A.A.**¹Ecostandart.kz LLP, Nur-Sultan, e-mail: a.ibraeva@mail.ru;²LLP «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology», Nur-Sultan

60 cultures of microorganisms were isolated from sludge from sewage treatment plants (cities Nur-Sultan, Rudny, Fort Shevchenko), soil, and freshly cut grass selected from the suburban area of Nur-Sultan. All microorganisms isolated in pure culture were tested for enzymatic activity – lipolytic, proteolytic, cellulolytic, and amylolytic in order to select the active strains of bacteria capable of sewage sludge processing. According to the results of the studies, 15 isolates with different phenotypic characteristics with the highest enzymatic activity were selected. The cultural and morphological properties of the selected isolates were studied. The spore-forming ability and optimal temperature growth of selected bacteria were determined. According to the results, three isolates grew at temperatures above 45 °C. The optimal growth temperature for other cultures was 28–37 °C. Identification of the selected microorganisms revealed that strains belong to the following genus: *Rhodococcus rhodochrous*, *Cryseobacterium arachidis*, *Pseudoxanthomonas sp.*, *Bacillus megaterium*, *Pediococcus acidilactici*, *Paenibacillus residui*, *Brevibacillus invocatus*, *Bacillus licheniformis*, two *Bacillus cereus*, *Enterobacter cloacae*, *Ochrobactrum intermedium*. The selected strains of microorganisms with the highest enzymatic activity can become candidates for biological preparation development for the processing of sewage sludge plants in cities.

Keywords: microorganisms, enzymatic activity, sludge sediments, composting, sewage treatment plants

Огромные количества осадков сточных вод, накапливающиеся в городах и промышленных центрах, представляют серьезную экологическую проблему [1]. Чтобы справиться со всем объемом образующихся отходов, нужна промышленная безотходная, экологически чистая технология. Анализ современного состояния почвенного покрова Республики Казахстан, в том числе его плодородия, показал, что в результате экстенсивного использования земельных ресурсов произошли существенные измене-

ния в сторону снижения содержания гумуса в почве и интенсивной деградации и опустынивания земель [2].

Однако несомненным достоинством осадков сточных вод является высокое содержание в них органического вещества, которое может варьировать в пределах 40–75 %, и широкий набор микроэлементов [3]. В связи с чем использование осадков сточных вод в земледелии рассматривается как одно из перспективных направлений их утилизации [1].

С использованием технологии биологического компостирования возможна безопасная и экологически чистая переработка осадка сточных вод в органическое удобрение. Ключевым фактором успешного компостирования является выбор штамма при приготовлении эффективных комплексных микробных препаратов [4]. Широкий спектр микроорганизмов способен расщеплять и окислять макромолекулы. Ведущую роль в превращении органических веществ играют гидролитические ферменты [5]. При компостировании микроорганизмы используют как внеклеточные, так и внутриклеточные ферменты для гидролиза органических веществ и превращения сложных соединений в простые молекулы, которые могут быть ассимилированы и, наконец, минерализованы [6]. Поиск новых штаммов, которые позволили бы сократить продолжительность биологической переработки отходов и в то же время обеспечить получение полноценного конечного продукта (например, компоста) или отходов, отвечающих требованиям законодательства (например, стабилизированных отходов), в настоящее время является одной из актуальных задач.

Целью данной работы является изучение, выделение и отбор штаммов, перспективных для переработки осадков сточных вод.

Материалы и методы исследования

Выделение чистых культур микроорганизмов проводили поэтапно: получение накопительной культуры; выделение чистой культуры; определение чистоты и определение ферментативной (протеолитической, липолитической, амилазной и уреазной, целлюлолитической) активности [7].

Штаммы бактерий идентифицировали методом MALDI-TOF масс-спектрометрией при идентификации микроорганизмов на масс-спектрометре Microflex LT («Bruker Daltonics», Германия). Использовалась коммерческая база данных (MALDI Biotyper 4.0, Bruker Daltonics) согласно инструкции производителя.

Результаты исследования и их обсуждение

Производство осадка сточных вод в Казахстане составляет около 5 млн т в год, и этот объем постоянно увеличивается с увеличением населения страны. Поскольку осадок сточных вод может содержать вредные компоненты, такие как патогенные организмы, органические соединения, избыток фосфора и азота, неправильное обращение с ним может иметь много неблагоприятных последствий для окружающей среды. Одним из методов биоконверсии органических отходов в экологически чистое удобрение является компостирование. В ускорении процесса компостирования органических отходов существенную роль играют микроорганизмы, продуцирующие гидролитические ферменты (амилаза, протеаза, целлюлаза, липаза, уреаза), ответственные за разложение органических соединений [8]. В статье представлены данные по характеристике ферментативного потенциала бактерий, выделенных из осадка сточных вод канализационно-очистных сооружений г. Нур-Султан, Рудный, Форт-Шевченко, дачной почвы и свежескошенной травы с дачного участка (г. Нур-Султан), для переработки органических отходов и выявления активных штаммов.

Выделение микроорганизмов проводили методом накопительных культур на жидких питательных средах с последующим высевом на плотные среды для изолирования отдельных колоний (рис. 1).

Чистые культуры аэробных микроорганизмов пересевали на плотные питательные среды: СПА, МРС-4, трехсахарный агар, Гетчинсона, Macconkey, Hottinger, Pseudomonas методом истощающего штриха по Гоулду. Чистоту выделенных культур микроорганизмов оценивали микроскопическим контролем по Граму. В результате проведенных экспериментов выделено 60 микроорганизмов (рис. 2), из которых 3 были термофильными (DS1, DS2 и DS3).



Рис. 1. Накопительная культура

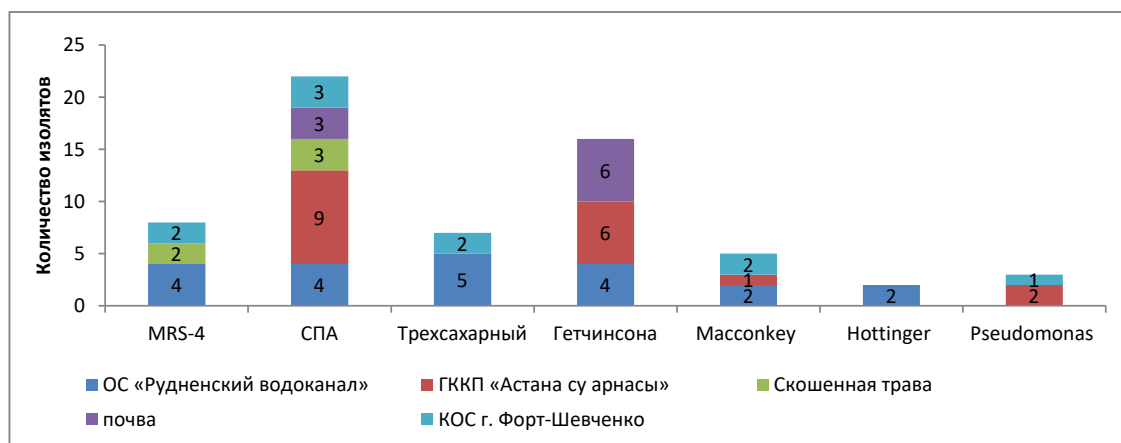


Рис. 2. Количество изолятов, выделенных из разных источников

Наибольшее количество изолятов выделено из иловых осадков и сточных вод г. Рудный ОС «Рудненский водоканал» и г. Нур-Султана ГККП «Астана су арнасы», 21 и 18 культур соответственно. Из сточных вод КОС г. Форт-Шевченко выделено 7 изолятов. Наименьшее количество изолятов отобрано из дачной почвы г. Нур-Султана и свежескошенной травы – 9 и 5 соответственно.

Для выбора перспективных микроорганизмов для переработки ОСВ выделенные штаммы бактерий были протестированы

на ферментативные свойства (табл. 1) – липолитическую, протеолитическую, амилазную, целлюлолитическую, уреолитическую и нефтеокисляющую активность.

По результатам экспериментов гидролиз крахмала (амилолитическая активность) обнаружен у 2 изолятов – СВ2/2, СВ2/1, по наибольшей способности расщеплять казеин отобраны 3 культуры – СВ2, СВ2/1, СВ1/1. Из 60 культур максимальной способностью расщеплять жиры обладали 3 культуры – СВ3, СВГ1/1, ИЛ3. Данные изоляты были отобраны для дальнейшей работы.

Таблица 1

Ферментативная активность изолятов

Изолят	Ферментативная активность (d, mm)					
	Амилаза	Протеаза	Липаза	Целлюлаза	Уреаза	Углеводород окисляющая
1	2	3	4	5	6	7
СВ2	0	11,9±0,17	0	0	+	–
СВ3	0	0	14,23±0,25	0	–	+
СВ1/1	5,93±0,12	12,03±0,45	0	0	–	–
СВ2/2	11,93±0,12	7,00±0,20	0	5,73±0,25	+	–
СВГ1/1	0	0	12,97±0,25	0	–	–
СВ2/1	8,03±0,25	10,03±0,25	0	0	+	–
ДС1	0	0	0	16,10±0,17	–	–
ДС2	0	0	0	17,97±0,06	–	–
ДС3	0	0	0	5,93±0,12	–	–
ИЛ3	0	0	12,27±0,25	20,60±0,53	+	–
ИЛ5	0	4,07±0,31	0	18,07±0,12	–	–
П1	0	8,13±0,15	0	7,93±0,21	–	–
П2	0	0	0	16,03±0,06	–	–
П5	0	0	0	20,33±0,58	+	–
П3	0	0	0	19,93±0,40	+	–

В результате скрининга отобраны 7 штаммов активных, обладающих целлюлозолитической активностью (DS1, DS2, ИЛ3, ИЛ5, П2, П5, П3).

Способностью к быстрому разложению мочевины обладали 6 культур. Изолят П1 отобран по средней способности расщеплять казеин и целлюлозу. Изолят DS3 является термофильным и облада-

ет целлюлозолитической активностью, поэтому также отобран для дальнейших исследований.

Таким образом, на основе проведенных исследований было отобрано 15 изолятов – CB2, CB3, CB1/1, CB2/2, CBГ1/1, CB2/1, DS1, DS2, DS3, ИЛ3, ИЛ5, П1, П2, П5, П3.

В табл. 2 и 3 представлены культуральные свойства отобранных микроорганизмов.

Таблица 2

Макро- и микроскопия отобранных изолятов

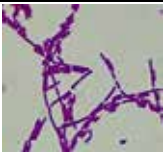
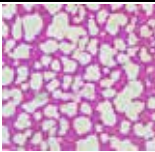
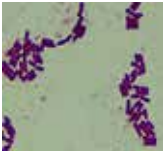
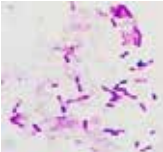
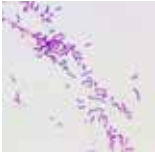
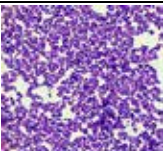
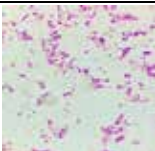
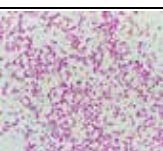
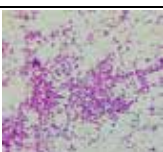
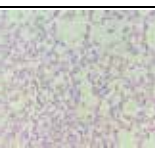
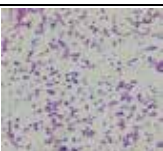
Изоляты	Колонии	Микроскопия	Изоляты	Колонии	Микроскопия
CB 1/1			CB 2/2		
CB 2/1			CBГ1/1		
CB2			CB 3		
DS 1			DS 2		
DS 3			Ил 3		
Ил 5			П-1		
П-3			П-5		
П-2					

Таблица 3

Культуральные свойства изолятов

№	Изолят	Размер, мм	Форма	Поверхн.	Профиль	Край	Цвет	Текстура (консистенция)
1	CB 2	2,5–3	круглая	гладкая	плоский	неровный	серо-бежевый	мягкая
2	CB 3	1,5–2	круглая	гладкая	выпуклый	ровный	оранжевый	мягкая
3	CB 1/1	3–5	круглая	матовая	плоский	неровный	светло-бежевый	однородная
4	CB 2/2	1–3	неправильная	глянцевая	выпуклый	неровный	желтый	однородная
5	CBГ 1/1	1–1,5	круглая	гладкая	плоский	ровный	светло-оранжевый	мягкая
6	CB 2/1	3–5	круглая	глянцевая	выпуклый	неровный	молочный	однородная
7	DS1	0,2	круглая	глянцевая	выпуклый	ровный	белые	однородная, мягкая
8	DS2	3–4	неправильная	блестящая	выпуклый	неровные	бежевые	слизистая
9	DS3	3–5	неправильная	глянцевая	выпуклый	неровный	белые	неоднородная, слизистая
10	ИЛ3	0,5–1	круглая	глянцевая	выпуклый	ровный	белые	однородная, мягкая
11	ИЛ5	0,5–1	круглая	глянцевая	выпуклый	ровный	бежевый	однородная
12	П1	3–5	круглая	матовая	выпуклый	неровный	бежевый	прозрачная, мягкая
13	П2	0,5–1	круглая	глянцевая	плоский	ровные	бежевые	однородная, мягкая
14	П5	0,5–1	круглая	глянцевая	плоский	ровные	бежевый	однородная, мягкая
15	П3	0,5–3	круглая	глянцевая	плоский	ровные	белые	однородная, мягкая

Таблица 4

Идентификация штаммов по Maldi-TOF

Штамм	Maldi-TOF	
	Микроорганизм (наибольшее соответствие)	Диапазон идентификации
CB 2	<i>Bacillus cereus</i>	1,732
CB 3	<i>Rhodococcus rhodochrous</i>	2,072
CB 1/1	<i>Bacillus cereus</i>	2,3
CB 2/2	<i>Cryseobacterium arachidis</i>	1,849
CBГ 1/1	<i>Pseudoxanthomonas sp.</i>	2,14
CB 2/1	<i>Bacillus megaterium</i>	2,108
DS1	<i>Pediococcus acidilactici</i>	2,181
DS2	<i>Paenibacillus residui</i>	2,238
DS3	<i>Brevibacillus invocatus</i>	1,838
ИЛ3	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,126
ИЛ5	<i>Ochrobactrum intermedium</i>	2,101
П1	<i>Bacillus licheniformis</i>	1,932
П2	<i>Ochrobactrum intermedium</i>	1,852
П5	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,007
П3	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,048

Примечание: диапазон идентификации: 2,300–3,000 и более – высокая степень идентификации, 2,000–2,299 – вероятная идентификация вида, 1,700–1,999 – вероятная идентификация рода, 0,000–1,699 – идентификация невозможна

Большая часть отобранных изолятов грамположительные, 4 изолята – грамотрицательные. СВГ1/1 и DS1 имели кокообразную форму клеток, все остальные изоляты имели палочковидную форму клеток. Рост всех изолятов на плотных питательных средах отличается по размеру, форме колоний, цвету, текстуре, профилю, поверхности и краю колоний.

Спорообразование наблюдалось у 6 изолятов: СВ1/1, СВ2, СВ2/1, DS2, DS3, П1. Из отобранных культур 3 изолята способны к росту при температуре выше 45 °С, при 28 °С рост клеток останавливался. Для остальных культур оптимальным для роста является диапазон температур 28–37 °С.

Идентификация (табл. 4) отобранных микроорганизмов на масс-спектрометре (Maldi-TOF) выявила принадлежность выбранных штаммов к роду *Rhodococcus rhodochrous* – СВ 3, 2 штамма – СВ2, СВ1/1 – *Bacillus cereus*, СВ 2/2 – *Cryseobacterium arachidis*, СВГ 1/1 – *Pseudoxanthomonas* sp., СВ2/1 – *Bacillus megaterium*, DS1 – *Pediococcus acidilactici*, DS2 – *Paenibacillus residui*, DS3 – *Brevibacillus invocatus*, 3 штамма ИЛ3, П5, П3 – *Enterobacter cloacae*, 2 штамма ИЛ5, П2 – *Ochrobactrum intermedium*, П1 – *Bacillus licheniformis*.

Среди отобранных бактерий рода *Bacillus* представлен видами *Bacillus cereus*, *B. megaterium*, *B. licheniformis*. Члены этого рода образуют эндоспores, устойчивые к высоким температурам, коррозии и пагубным параметрам окружающей среды, они могут расти и размножаться даже при 80 °С и являются важными микроорганизмами в процессе компостирования [9].

Практически все представители отобранных видов микроорганизмов известны как активные разрушители органических веществ. Данные бактерии являются перспективными для дальнейшей переработки осадков сточных вод в органическое удобрение.

Заключение

Таким образом, из сточных вод КОС г. Нур-Султан, Рудный, Форт-Шевченко, дачной почвы и свежескошенной травы с дачного участка (г. Нур-Султан) выделено 60 изолятов. В процессе скрининга было отобрано 15 активных изолятов, установлена их видовая принадлежность. Отобранные штаммы будут использованы при создании эффективного биопрепарата для компостирования иловых осадков сточных вод.

Список литературы

1. Куликова А.Х., Захаров Н.Г., Вандышев И.А., Шайкин С.В. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2007. № 1 (4). С. 8–18.
2. Сапаров А.С., Елешев Р.Е., Сулейменов Б.У. Современные проблемы почвенно-агрохимической науки Казахстана и пути их решения // Казахский НИИ почвоведения и агрохимии. Новости НАН РК, серия аграрных наук. Алматы. 2016. № 1. С. 91–101.
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.И. Нетрадиционные мелиорирующие средства и органические удобрения // Почвоведение. 1996. № 4. С. 517–523.
4. Agyeman F.O., Tao W. Anaerobic co-digestion of food waste and dairy manure: effects of food waste particle size and organic loading rate. J Environ Manage. 2014. № 133. P. 268–274.
5. He Y., Xie K., Xu P., Huang X., Gu W., Zhang F., Tang S. Evolution of microbial community diversity and enzymatic activity during composting. Res. Microbiol. 2013. № 164. P. 189–198.
6. Robledo-Mahón T., Calvo C., Aranda E. Enzymatic Potential of Bacteria and Fungi Isolates from the Sewage Sludge Composting Process Tatiana. Appl. Sci. 2020. № 10. P. 7763. DOI:10.3390/app10217763.
7. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Н.С. Егорова. М.: Московский университет, 1995. 220 с.
8. Moldagulova N., Ayupova A., Sembayeva D., Duambekov M., Khassenova E., Nagyzbekkyzy E., Danlybayeva G., Sarsenova A. Data on the isolation and identification of thermotolerant microorganisms from cow manure promising for organic waste processing, Data in Brief. 2020. № 31.
9. Zhao K., Xu R., Zhang Y., Tang H., Zhou Ch., Cao A., Zhao G., Guo H. Development of a novel compound microbial agent for degradation of kitchen waste. Brazilian Journal of Microbiology. 2017. Vol. 48. Issue 3. P. 442–450.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В ЛИСТЬЯХ ДЕКОРАТИВНОГО ДЕРЕВА *PAULOWNIA TOMENTOSA*, ИНТРОДУЦИРОВАННОГО ДЛЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДА ТАШКЕНТА

^{1,2}Мухамедова С.Н., ^{1,2}Ахмедова С.О., ²Левицкая Ю.В., ¹Абдуллаева М.М.

¹Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент;

²Центр передовых технологий при Министерстве инновационного развития
Республики Узбекистан, Ташкент, e-mail: shoxoldarova@gmail.com

В настоящее время одной из фундаментальных проблем является изучение клеточных и молекулярных механизмов приспособления растений к неблагоприятным условиям среды. Формирование адаптивного ответа на абиотические стрессоры в растительном организме происходит в результате многих метаболических изменений. Известно, что все живые организмы обладают способностью приспосабливаться к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды и защищаться от неблагоприятных условий. В статье приведены сведения о состоянии антиоксидантной системы павловнии, декоративного растения, произрастающего в Ташкенте, с июня по сентябрь. Исследования проводились в течение трех лет, изучалась активность в листьях павловнии антиоксидантных ферментов – каталазы и СОД, а также количество свободного пролина и малонового диальдегида. Помимо воздействия экологических факторов изучалось и антропогенное воздействие в виде дополнительных автомобильных дорог. В июле в листьях *Paulownia tomentosa*, растущих в ботаническом саду, наблюдалось резкое снижение содержания малонового диальдегида, в это время наблюдалась активация каталазы, а к августу также активация СОД. В связи с активацией перекисного окисления липидов в магистрали видно, что количество пролина также имеет высокие значения в течение сезона, что в свою очередь контролирует образование активных форм кислорода.

Ключевые слова: антиоксидантная система, стрессоустойчивость растений, супероксиддисмутаза, каталаза, перекисное окисление липидов, пролин, коэффициент повреждения мембран

SEASONAL CHANGES IN THE STATE OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE LEAVES OF THE DECORATIVE TREE *PAULOWNIA TOMENTOSA*, INTRODUCED FOR THE IMPROVEMENT OF THE CITY OF TASHKENT

^{1,2}Mukhamedova S.N., ^{1,2}Akhmedova S.O., ²Levitskaya Yu.V., ¹Abdullaeva M.M.

¹National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek, Tashkent;

²Center for Advanced Technologies under the Ministry of Innovative Development
of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, e-mail: shoxoldarova@gmail.com

Currently, one of the fundamental problems is the study of cellular and molecular mechanisms of plant adaptation to adverse environmental conditions. Formation of adaptive response to abiotic stressors in plant organism occurs as a result of many metabolic changes. It is known that all living organisms have the ability to adapt to biotic and abiotic factors of environment and protect themselves from adverse conditions. The article provides information on the state of antioxidant system of Paulownia, an ornamental plant growing in Tashkent, from June to September. The research was conducted for 3 years and the activity of antioxidant enzymes in Paulownia leaves, such as catalase and SOD, as well as the amount of free proline and malonic dialdehyde were studied. In addition to the impact of environmental factors, anthropogenic impact in the form of additional roads was also studied. In July, a sharp decrease in malonic dialdehyde content was observed in the leaves of Paulownia tomentosa growing in the Botanical Garden; at this time, catalase activation was observed, and by August, SOD activation was also observed. Due to the activation of lipid peroxidation in the mainline, we can see that the amount of proline also has high values during the season, which in turn controls the formation of reactive oxygen species.

Keywords: antioxidant system, plant stress tolerance, superoxide dismutase, catalase, lipid peroxidation, proline, membrane damage factor

Изучение механизмов, лежащих в основе устойчивости растений к стрессовым факторам, позволяет максимально эффективно использовать эти ресурсы для создания благоприятных условий жизни человека, особенно в условиях глобальной урбанизации. В условиях крупных городов большинство декоративных деревьев претерпевают изменения из-за влияния дополнительного стресса в виде оживленных

автомагистралей и загрязнения воздуха выхлопными газами. Одним из часто используемых в благоустройстве городских территорий деревьев является павловния войлочная (*Paulownia tomentosa*) – дерево до 25 м высоты с широкой яйцевидной кроной, быстрорастущее и живущее до 100 лет. Родиной этого дерева считаются Южная и Юго-Восточная Азия. *Paulownia tomentosa* может расти на засоленных почвах, кроме

того, она засухоустойчива, теневынослива, что в совокупности делает ее предпочтительным объектом для благоустройства и озеленения в условиях Узбекистана.

Условия урбанизированной среды негативно сказываются на состоянии, росте и развитии растений, а также на их функциональной активности [1]. Реакции у растений на различные факторы, в том числе антропогенные воздействия, можно отслеживать по изменению активности антиоксидантных ферментов – СОД и каталазы [2].

В связи с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду актуально изучение воздействия факторов внешней среды на живые организмы, особенно на растения. Негативные факторы внешней среды оказывают постоянное или периодическое влияние на жизнь растений [3].

В связи с усилением антропогенной нагрузки на окружающую среду актуальным является изучение воздействия факторов внешней среды на живые организмы, в частности на растения. Степень устойчивости индивидуальна, она также варьирует в зависимости от вида растения, влияния других факторов условий проживания. Даже разные клетки, ткани и органы растения могут различаться по степени выносливости.

В условиях биотического и абиотического стресса в растениях образуются активные формы кислорода (АФК), вызывающие окислительный стресс. В то же время АФК выполняют дополнительные сигнальные роли в адаптации растений к стрессу. Изучение механизмов этого процесса позволяет разработать новые способы защиты организмов, в частности сельскохозяйственных растений, от негативного стрессового воздействия.

Целью нашей работы явилось проведение сравнительного анализа уровня развития оксидативного стресса в листьях *Paulownia tomentosa* в зависимости от условий произрастания – вдоль оживленной крупной автомагистрали или в ботаническом саду Национального университета Узбекистана, что позволит оценить степень адаптации *Paulownia tomentosa* к условиям урбанизации г. Ташкента. Важно отметить, что окислительный стресс является вполне нормальным физиологическим процессом для растений, который также запускает процессы адаптации.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в период с 2019 по 2021 г. В работе использовались листья растений вида павловния войлочная (*Paulownia tomentosa*), произрастающих

в районе ботанического сада и зеленых насаждений Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека (группа «Ботанический сад») и листья растений, произрастающих в районе оживленного перекрестка центральной магистрали в районе площади Амира Тимура г. Ташкента (группа «Магистраль»). Листья собирались в утренние часы (7–9 часов утра). Для исследования использовались деревья примерно одного возраста [4]. Все измерения проводились в летний период, в одном и том же разрезе времени (июнь, июль, август). При этом самые высокие температуры воздуха наблюдались в июле и августе (39–42 °С).

Для определения количества МДА как конечного продукта ПОЛ была использована методика определения ТБК-реакционных продуктов. Активность фермента супероксиддисмутазы определяли по ингибированию супероксидрадикала в реакции аутоокисления адреналина в щелочной среде *in vitro* при длине волны 347 нм. Активность каталазы изучали спектрофотометрическим методом, основанным на способности пероксида водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный. Нингидриновую реакцию использовали для определения количества свободного пролина [4]. Коэффициент повреждения мембраны определялся методом кондуктометрия (кондуктометр Oakton PC2700) [5]. Статистическую обработку данных производили с использованием программы Excel 2016 (Microsoft, США). Каждое из наших исследований было выполнено не менее пяти раз. Статистическую обработку данных проводили на программе Excel 2016 (Microsoft, США), среднее отклонение считали методом т-Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Количественное накопление МДА в листьях растений может быть использовано как информационный показатель для фитоиндикации и оценки их состояния в условиях загрязнения окружающей среды. Уровень МДА в листьях растений ботанического сада НУУз составлял почти 3,5 мкм/г сырой массы в июне, а в июле резко снижался практически до нулевых значений (рис. 1).

В это же время отмечалась активация каталазы в среднем в 2,3 раза (рис. 2). К концу летнего сезона наблюдалось повышение количества МДА до 5,6 мкм/г сырой массы, что в 1,6 раза выше по сравнению с данными, полученными в июне. Вероятно, рост количества МДА связан со снижением активности каталазы в 1,2 раза.

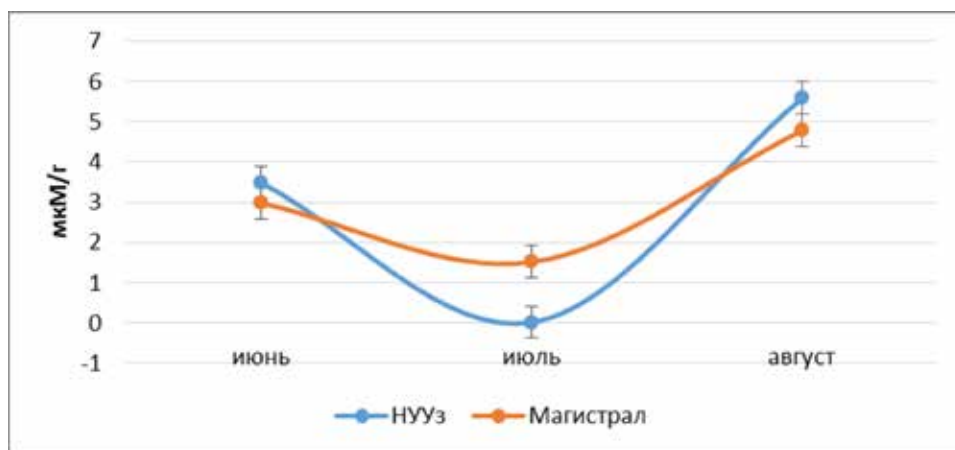


Рис. 1. Сезонная динамика изменения количества МДА в листьях *Paulownia tomentosa* ($n = 20$, $p < 0,05$)

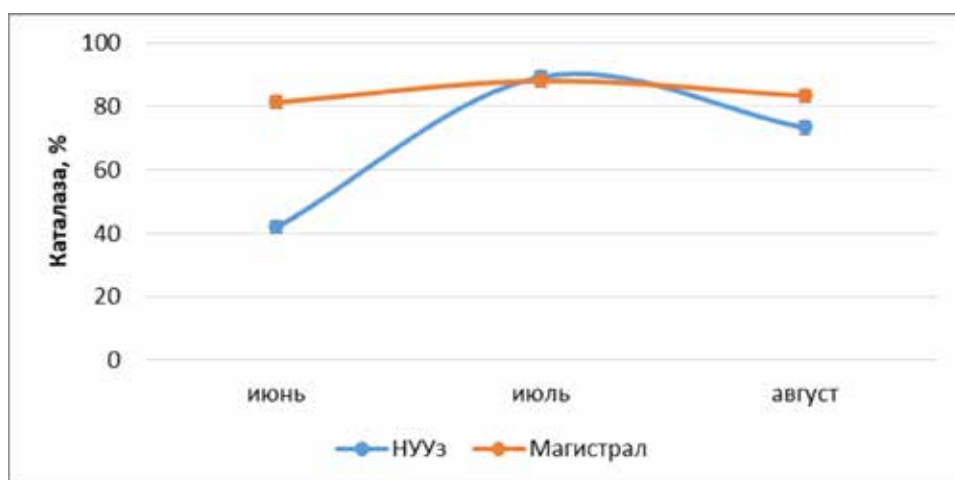


Рис. 2. Ферментативная активность каталазы в листьях *Paulownia tomentosa* ($n = 20$, $p < 0,05$)



Рис. 3. Ферментативная активность СОД в листьях *Paulownia tomentosa* ($n = 20$, $p < 0,05$)

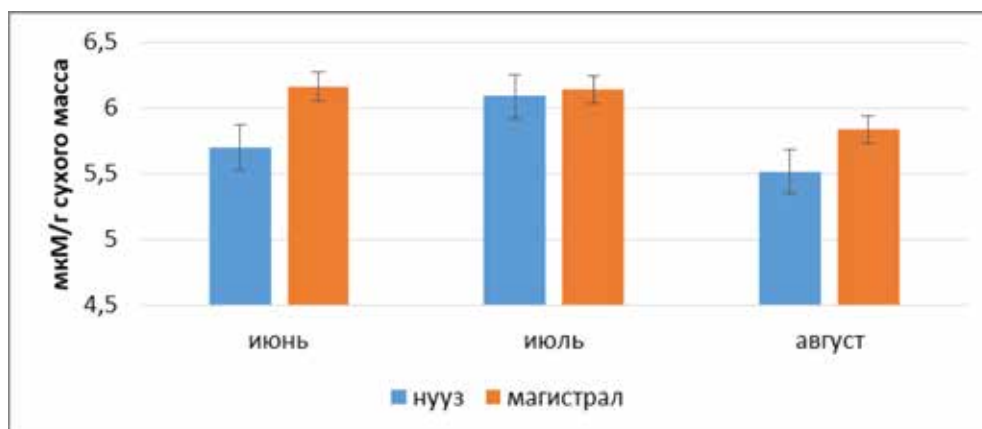


Рис. 4. Динамика накопления свободного пролина в листьях павловнии ($n = 20$, $p < 0,05$)

Активность СОД увеличивалась монотонно и к концу периода наблюдения достигала максимальных значений (в среднем активность фермента увеличивалась в 3,6 раза по сравнению со значениями в июне) (рис. 3).

В случае *Paulownia tomentosa*, произрастающих вдоль автотрассы и оживленного перекрестка, основным работающим ферментом АОС являлась СОД – уже в начале лета (июнь) ее активность было на 30% выше, чем аналогичный показатель у деревьев ботанического сада НУУз. Это позволяет удерживать значения МДА на относительно низком уровне (на 17% ниже по сравнению с растениями ботанического сада НУУз). В июле благодаря увеличению активности СОД в 2,2 раза отмечается снижение количества МДА в 2 раза по сравнению с начальными значениями. Однако в августе отмечается резкое снижение активности СОД в 2,6 раза, сопровождаемое повышением уровня МДА в 3 раза, что может быть объяснено накопительным эффектом воздействия неблагоприятных факторов и угнетением активности АОС. При этом уровень активности каталазы в листьях этих деревьев не претерпевал серьезных изменений.

Таким образом, в предотвращении драматического развития оксидативного стресса в листьях растений участвуют как минимум два фермента АОС, однако выбор лидирующего фермента в реализации адаптивных процессов зависит от условий произрастания и комплекса действующих внешних факторов (как абиотической, так и антропогенной природы).

В ответ на неблагоприятные условия в клетках возрастает содержание углеводов, пролина (аминокислота), которые

участвуют в защитных реакциях, стабилизируя цитоплазму. При водном дефиците и засолении у ряда растений концентрация пролина в цитоплазме возрастает в 100 раз и более. Благодаря своим гидрофильным группам пролин может образовывать агрегаты, которые ведут себя как гидрофильные коллоиды. Этим объясняется высокая растворимость пролина, а также способность его связываться с поверхностными гидрофильными остатками белков. Необычный характер взаимодействия агрегатов пролина с белками повышает растворимость белков и защищает их от денатурации [6].

В частности, участие пролина в адаптации растений к засухе как осморегулятора общеизвестно. Его накопление приводит к увеличению клеточной осмолярности, что вызывает приток воды в клетки или снижает ее отток, обеспечивая при этом водный потенциал, необходимый для поддержания тургора в условиях недостатка воды [7].

У *Paulownia tomentosa* значения пролина были с начала сезона достаточно высокими и оставались постоянными весь сезон вне зависимости от места произрастания. Так, например, в ботаническом саду динамика была равномерной: в июне количество свободного пролина составляло около 5,69 мкМ/г сухого вещества, в июле – 6,08 мкМ/г сухого вещества, к августу наблюдалось незначительное снижение уровня пролина на 1,2% (рис. 4).

Вокруг автотрасс уже начальные значения были немного выше, чем в ботаническом саду: в июне – 6,16 мкМ/г сухого вещества, в июле меняется очень незначительно (6,14 мкМ/г сухого вещества), здесь тоже в конце сезона немного падает количество пролина – 5,83 мкМ/г.

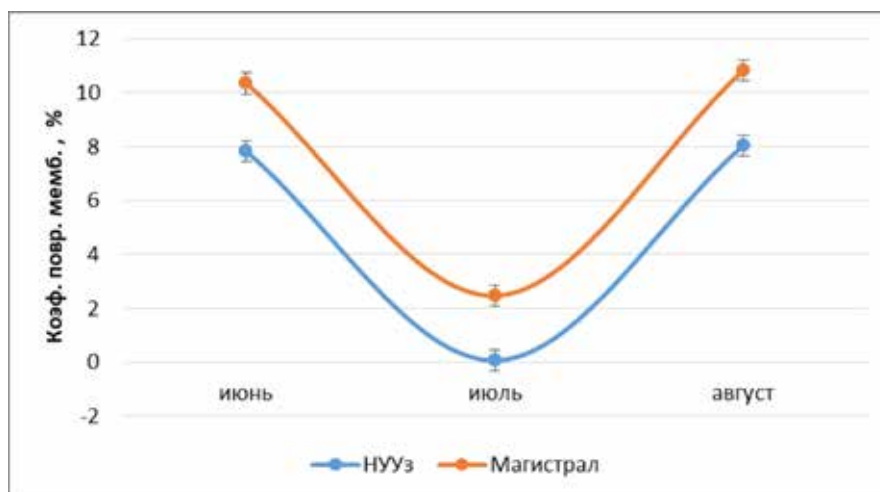


Рис. 5. Коэффициент повреждения мембран в листьях *Paulownia tomentosa* ($n = 20$, $p < 0,05$)

Условия урбанизированной среды негативно влияют на состояние растений, на их рост и развитие, а также на их функциональную активность [1], в частности на проницаемость и целостность мембраны клеток. Самые высокие температуры наблюдались в июле и августе (средняя температура не опускалась ниже показателей 40–42 °C). В начале сезона в листьях павловнии, произрастающей в ботаническом саду, коэффициент повреждения мембран составлял 7,8%. В июле наблюдалось значительное, в 130 раз, снижение коэффициента повреждения (в среднем значение не превышало 0,06%). К концу сезона коэффициент повреждения мембран вновь повышается практически до начальных значений и составляет в среднем 8,04%. Эти значения были приняты нами как контрольные (рис. 5).

Антропогенный стресс в виде магистрали оказался достаточно критическим для растений [4]. Общая картина не менялась – отмечалось понижение коэффициента повреждения в середине жаркого периода и возвращение к начальным значениям к концу сезона. Однако в целом значения были выше, чем у растений, произрастающих в ботаническом саду. Так, в июне коэффициент повреждения мембран превышал контрольные значения этого периода в среднем на 33% и составлял 10,35%. В июле, так же как и в условиях ботанического сада, отмечалось снижение коэффициента повреждения до 2,46%, но снижение было менее заметным и было только в 4,2 раза меньше начального. К концу сезона коэффициент повреждения вновь увеличивался

и составлял 10,8%, что не превышает начальных значений более чем на 5% (рис. 5).

Заключение

Таким образом, снижение количества МДА в листьях павловнии, произрастающих в условиях ботанического сада, связано с активацией в течение сезона ферментов антиоксидантной системы – СОД, каталазы. В то же время в листьях растений, растущих в условиях автомагистралей, наблюдалась активация всех ферментов антиоксидантной системы, а к августу наблюдалось снижение активности СОД. (по сравнению со значениями в июле она была снижена в среднем в 2,7 раза). В связи с активацией перекисного окисления липидов в магистрали видно, что количество пролина также имеет высокие значения в течение сезона, что в свою очередь контролирует образование активных форм кислорода.

На основании полученных нами данных можно предположить, что под влиянием стрессовых факторов декоративные растения активируют систему антиоксидантной защиты, активируя одну или несколько антиоксидантных реакций. Изменение свойств антиоксидантных ферментов позволяет декоративным растениям выдерживать различные условия произрастания, а также неблагоприятные условия внешней среды природы.

Список литературы

1. Симонова З.А., Тихомирова Е.И., Шайденко И.С. Роль железосодержащих оксидаз в адаптации древесных растений к факторам городской среды (на примере города Саратова) // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. № 2–3. С. 101–105.

2. Симонова З.А., Чемаркин Д.А. Активность пероксидазы *Betula pendula* как индикатор качества городской среды (на примере г. Саратова) // Фундаментальные исследования. 2013. № 8–5. С. 1097–1101.
3. Theocharis A., Clement Ch., Barka E.A. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperature. *Planta*. 2012. Vol. 235. P. 1091–1105.
4. Рахматуллина Н.Ш., Мухамедова С.Н., Рахмедова М.Т., Чарышникова О.С., Абдуллаева М.М., Левицкая Ю.В. Сезонные изменения состояния антиоксидантной системы в листьях Катарпы бигониевидной в условиях городской среды семиаридной зоны // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн.* 2020. 11 (77). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/10870> (дата обращения: 16.06.2022).
5. Sairam R.K., Saxena D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: Possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop. Sci.* 184. P. 55–61.
6. Чудинова Л.А., Орлова Н.В. Физиология устойчивости растений: учебное пособие к спецкурсу. Пермь: Пермский университет, 2006. 124 с.
7. Joseph E.A., Radhakrishnan V.V., Mohanan K.V. A study on the accumulation of proline – an osmoprotectant amino acid under salt stress in some native rice cultivars of North Kerala, India. *Univ. J. Agr. Res.*, 3. P. 15–22. DOI: 10.13189/ujar.2015.030104.

УДК 631.48:631.452

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ

Турдалиев А.Т., Аскарров К.А., Мамажонов Г.Г.У.

Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: avazbek1002@mail.ru

В статье приведены агрохимические и экологические характеристики и их влияние на агроэкологическое состояние орошаемых луговых сазовых, лугово-такырных почв Центральной Ферганы. Определено, что в результате антропогенного воздействия произошел ряд изменений в морфологических и других характеристиках почв разного уровня орошения, они переведены в другие категории и трансформированы в другие почвы. Определено, что содержание гумуса в староорошаемых луговых сазовых, лугово-такырных почвах выше, чем в новоосвоенных и новоорошаемых почвенных разрезах, они относятся к группе умеренно обеспеченных. По количеству подвижных элементов питания эти почвы относятся к низкообеспеченной группе. Установлено, что орошаемые лугово-такырные, луговые сазовые почвы имеют низкий уровень экологической опасности по содержанию никеля, мышьяка, кобальта и цинка, то есть в орошаемых лугово-такырных почвах самый высокий показатель у мышьяка (5,88), за ним следуют никель (1,53), кобальт (1,48) и цинк (1,23) соответственно. Это состояние сохраняется с относительно высокими показателями для луговых сазовых почв. По элементу сурьма оба вида почвы относятся к группе экологически безопасных, т.е. их значения равны 0,33 и 0,29 соответственно.

Ключевые слова: агрохимическое, экологическое, агроэкологическое состояние, орошаемые лугово-такырные, луговые сазовые почвы, антропогенное воздействие

AGROECOLOGICAL STATE OF HYDROMORPHIC SOILS OF CENTRAL FERGANA

Turdaliev A.T., Askarov K.A., Mamazhonov G.G.U.

Fergana State University, Fergana, e-mail: avazbek1002@mail.ru

The article presents agrochemical and ecological characteristics and their influence on the agroecological state of irrigated meadow saz, meadow-takyr soils of Central Fergana. It was determined that as a result of anthropogenic impact, a number of changes occurred in the morphological and other characteristics of soils of different levels of irrigation, they were transferred to other categories and transformed into other soils. The humus content of old-irrigated meadow saz, meadow-takyr soils is higher than in newly developed and newly irrigated soil profiles, and they belong to the group of moderately supplied soils. By the number of mobile nutrients, these soils belong to the low-supplied group. The environmental hazards of irrigated meadow-takyr, meadow saz soils have been established and they have a low level of environmental hazard in terms of the content of nickel, arsenic, cobalt and zinc, that is, in irrigated meadow-takyr soils, arsenic has the highest index (5.88), followed by nickel (1.53), cobalt (1.48) and zinc (1.23), respectively. This state is maintained with relatively high rates for meadow saz soils. According to the antimony element, both soils belong to the group of ecologically safe ones, i.e. their values are equal to 0.33 and 0.29, respectively.

Keywords: agrochemical, ecological, agroecological state, irrigated meadow-takyr, meadow saz soils, anthropogenic impact

В мире за последние годы экологическое состояние почвы, которая является неотъемлемой частью биосферы мира, ухудшилось и в некоторых регионах приближается к оврагу. Проводится ряд исследований по определению формирования и развития почв при долгосрочном использовании в сельском хозяйстве, изменений агроэкологического состояния и свойств, морфогенетической структуры, качественной оценки и уровни плодородия предотвращения негативных процессов, влияющих на ее плодородие. Также особое внимание уделяется исследованиям, направленным на решение комплексных агроэкологических задач повышения урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых гидроморфных почвах в результате возрастающей из года в год водной, ветровой эрозии, засоления, загрязнения тяжелыми металлами, токсичными веществами и других процессов.

Для решения этих задач важно определить агроэкологическое, мелиоративное состояние и почвенные свойства орошаемых земель Центральной Ферганы, проанализировать факторы, влияющие на снижение продуктивности почв, и повысить их плодородие.

Некоторые агро-мелиоративные характеристики и другие особенности гидроморфных почв и их изменения, происходящие под влиянием земледелия агрохимические, физико-химические и мелиоративные изменения, качественной оценки и эффективного использования были проведены такими учеными, как Б.В. Горбунов, Н.В. Кимберг [1], О.К. Камилов [2], Г. Юлдашев [3], А.Т. Турдалиев [4], В.Ю. Исаков, У.Б. Мирзаев, М.А. Юсупова [5], З.А. Жаббаров, Б.Т. Жоббаров [6, 7], К.А. Давронов [8], О.Н. Сулаймонов, Х.Х. Аскарров [9], Ш.Я. Эшпулатов [10], К.А. Аскарров [11], М.М. Хайдаров [12] и др.

Целью исследования является определение агрохимического, агроэкологического состояния орошаемых гидроморфных почв Центральной Ферганы и их изменений под влиянием орошаемого земледелия.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены по стандартным методам, общепринятым в почвоведении в полевых, лабораторных и камеральных условиях, в исследованиях использовались морфологический, педогеохимический, сравнительно-исторический, химико-аналитический и профильные методы, в том числе химический анализ по прописи «Руководство по химическому анализу почв» Е.В. Аринушкиной [13], элементный анализ почвы проведен нейтронно-активационным методом, полевые опыты на основе пособия «Методика полевых опытов с хлопчатником в условиях орошения».

Объектом исследования являются новоосвоенные, ново- и староорошаемые луговые сазовые, лугово-такырные почвы, сформировавшиеся на аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложениях Центральной Ферганы грунтовые воды, пшеница и литературные, фондовые материалы. Исследования проводились на основе методов и приемов, принятых в почвоведении, в полевых, камеральных и лабораторных условиях, образцы почвы взяты распределенные в Куштепинском, Алтыарикском, Язёванском районах Ферганской области (24 разреза), в Мингбулакском районе Наманганской области и в Бозском и Улугнарском районах Андижанской области (12 участков) в новоосвоенных, ново- и староорошаемых луговых сазовых, лугово-такырных почвах в соответствии с генетическими горизонтами для агрохимических, химических исследований, а также из пахотных и подпахотных горизонтов вокруг основных разрезов. На некоторых участках также были отобраны отдельные образцы из гипсовых горизонтов и проведены соответствующие анализы.

Результаты исследования и их обсуждение

В Центральной Фергане под влиянием минерализованных грунтовых вод формировались засоленные в разной степени луговые сазовые, лугово-такырные почвы, и их материнская порода состоит из аллювиально-пролювиальных отложений. Они относятся в основном к легко- и среднесуглинистым, а иногда тяжелосуглинистым почвам [3, 4].

Отмечено, что новоосвоенные луговые сазовые почвы на территории фермерского

хозяйства «Фар-Исабойота» Язёванского района Ферганской области в настоящее время превратились в новоорошаемые луговые сазовые почвы, что можно объяснить тем, что пахотные горизонты этих почв увеличены до 30–35 см. В то же время количество гумуса и элементов питания в пахотных и подпахотных горизонтах изученных орошаемых почв низкое, что связано с ослаблением жизнедеятельности живых организмов и микробиологической активности в почве в результате избыточного и хронического применения пестицидов и минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

По почвенным картам института «Узгипрозем» 1972 и 1984 гг. почвы, распределенные в зоне разреза 20^A, относятся к новоосвоенным, а почвы, распределенные в зоне разрезов 24^A и 35^A, — к новоорошаемым. На основании полевых исследований, изменений морфологических характеристик почв и правил, принятых в почвоведении, можно отметить, что изменился уровень их окультуренности, т.е. к настоящему времени почвы разреза 20^A превратились в новоорошаемые луговые сазовые почвы. Новоорошаемые почвы разрезов 24^A и 35^A переведены в категорию староорошаемых луговых сазовых и лугово-такыровых почв.

В результате антропогенного воздействия произошел ряд изменений в морфологических характеристиках почв разного уровня орошения. К настоящему времени установлено, что новоосвоенные почвы переведены в категории → новоорошаемых почв, новоорошаемые луговые сазовые, лугово-такырные почвы → староорошаемые луговые сазовые, лугово-такырные почвы. Староорошаемые лугово-такырные почвы трансформированы в → староорошаемые луговые сазовые почвы.

Гранулометрический состав орошаемых луговых сазовых, лугово-такырных почв средне- и легкосуглинистый, в зависимости от почвообразующей породы, иногда наблюдается на тяжелосуглинистых горизонтах, которые являются результатом длительного орошения. По мере утяжеления гранулометрического состава в лучшую сторону изменяются и общие физические свойства, и агрохимический состав почв.

Количество гумуса в пахотных горизонтах участков староорошаемых почв составляет около 1,140–1,405%, в то время как в пахотных горизонтах участков новоорошаемых почв оно колеблется в пределах 0,820–0,960%. Видно, что содержание гумуса в староорошаемых почвах выше, чем в новоосвоенных и новоорошаемых почвах. Соотношение C:N в горизонтах почвы находится в пределах 5,7–6,7.

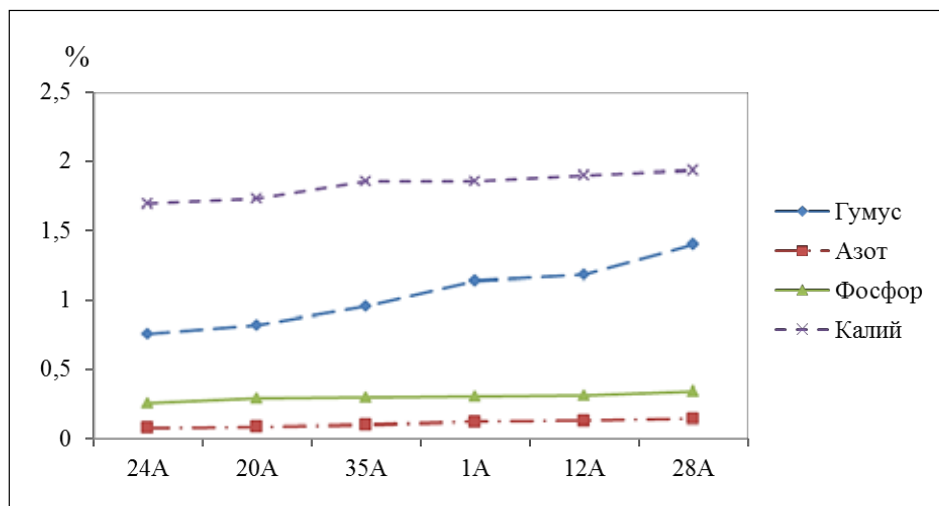


Рис. 1. Динамика изменения гумуса, валового азота, фосфора и калия в пахотных слоях

Гумус коррелирует с валовым содержанием азота, и закон изменения содержания азота в исследованных орошаемых луговых почвах распространяется почти параллельно с содержанием гумуса. Уровни валового фосфора колеблются в пределах 0,210–0,345% во всех изученных почвенных разрезах, в то время как валовое содержание калия колеблется в пределах 1,61–1,94%.

Исследуемые почвы по количеству подвижных элементов питания относятся к группе, менее обеспеченной этими элементами [14].

В исследованных новоосвоенных, новоорошаемых почвах наблюдается низкий уровень общего азота, фосфора и калия, а также гумуса. Однако в более староорошаемых почвах уровни общего азота, фосфора и калия выше, чем в вышеупомянутых горизонтах почвы (рис. 1) [15].

Также на орошаемых луговых сазовых и лугово-такрырных почвах среднеквадратичные отклонения составляют $\pm 9,17$ при средних значениях гипса и сульфата магния 0,241 и 0,329, средняя ошибка составляет 2,16 при коэффициенте вариации $\pm 37,9$, а коэффициент корреляции 0,9, ошибка коэффициента корреляции $\pm 3,01$. Это означает, что, если в почве много гипса, количество соли сульфата магния также будет увеличиваться, и эта ситуация была подтверждена в вышеупомянутых почвах.

В связи со специфическими почвенно-климатическими условиями Центральной Ферганы эти почвы являются гипсирован-

ными и карбонатными, а также типом хлоридно-сульфатного засоления, сухой остаток после промывок относительно высок, сухой остаток в изучаемых луговых сазовых, лугово-такрырных почвах колеблется около 0,505–0,926%, как и ожидалось, наивысший показатель соответствует гипсу.

Сульфат магния стоит на втором месте после гипса, и положительная корреляция между ними составляет 0,9, в процессе промывания наблюдается вымывание хлористых солей до пределов нормы.

Согласно полученным данным, содержание Na^+ и Mg^{+2} в генетических горизонтах староорошаемых и новоорошаемых лугово-такрырных, луговых сазовых почв колеблется в пределах 0,42–2,57%. Их содержание в пахотных горизонтах составляет 0,71–0,92%. Практически одинаково расположены количества натрия и магния в генетических горизонтах староорошаемых почв, но в общем порядке количество Mg^{+2} больше, чем Na^+ .

Другие элементы в горизонтах лугово-такрырных, луговых сазовых почв, наибольшее количество приходится на Ca, за ним следуют Fe и K. Ba и Rb дифференцируются при наименьших значениях.

В целом количество элементов Ca, Mg и Sr почти во всех горизонтах разрезов лугово-такрырных, луговых сазовых почв в несколько раз больше, чем в кларке литосферы.

Изученные элементы являются фоном для этих горизонтов почв и образуют следующий ряд:

$$\text{Ca}_{10,43} > \text{K}_{1,89} > \text{Fe}_{1,87} > \text{Mg}_{1,07} > \text{Na}_{0,92} > \text{Sr}_{0,10} > \text{Ba}_{0,06} > \text{Rb}_{0,007}$$

Тяжелые металлы – это самые распространенные поллютанты. Ими особенно сильно загрязнены почвы в старых городах с длительной промышленной историей. Тяжелые металлы, распространяемые аэральным путем, рассеиваются на большие расстояния вокруг металлургических заводов, тепловых станций, сжигающих уголь, и других предприятий, оседают на ближайших сельскохозяйственных угодьях. В сельскохозяйственные земли тяжелые металлы попадают из органических и минеральных

удобрений, мелиорантов, средств защиты растений.

Формы, аккумуляция и миграция тяжелых металлов и металлоидов, лантаноидов в почве в составе лугово-такрырных, луговых сазовых почв зависят от различных факторов. На основании данных, полученных по результатам анализа, были разработаны фоновые количества и выражены в виде геохимических спектров изучаемых элементов для орошаемых лугово-такрырных, луговых сазовых почв.

Фоновые количества лантаноидов и радионуклидов лугово-такрырных почв, $10^{-4}\%$:

$$\frac{\text{Ce}}{45,9} > \frac{\text{La}}{26,0} > \frac{\text{Nd}}{18,0} > \frac{\text{Th}}{8,3} > \frac{\text{U}}{5,6} > \frac{\text{Sm}}{2,8} > \frac{\text{Yb}}{1,49} > \frac{\text{Eu}}{0,68} > \frac{\text{Tb}}{0,43} > \frac{\text{Lu}}{0,15} ;$$

Фоновые количества лантаноидов и радионуклидов луговых сазовых почв, $10^{-4}\%$:

$$\frac{\text{Ce}}{41,4} > \frac{\text{La}}{23,2} > \frac{\text{Nd}}{16,8} > \frac{\text{Th}}{7,61} > \frac{\text{U}}{4,5} > \frac{\text{Sm}}{2,9} > \frac{\text{Yb}}{1,6} > \frac{\text{Eu}}{0,70} > \frac{\text{Tb}}{0,45} > \frac{\text{Lu}}{0,16} .$$

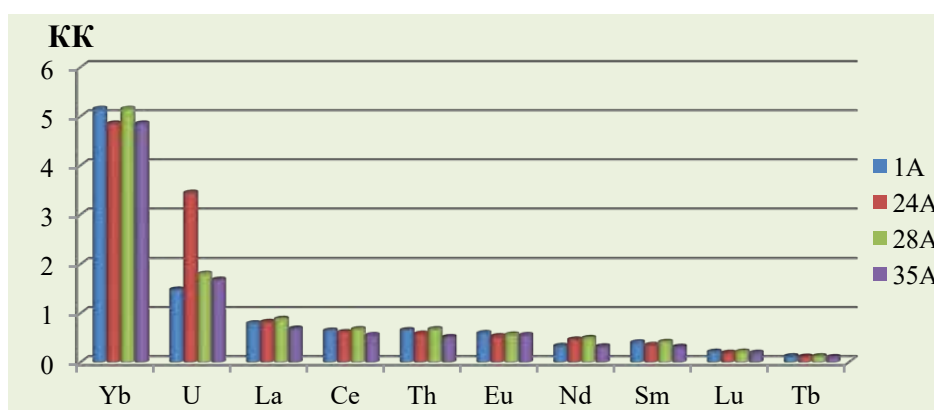


Рис. 2. Количества КК элементов в пахотных горизонтах

На диаграмме (рис. 2) представлены количества КК микроэлементов в пахотных горизонтах лугово-такрырных, луговых сазовых почв разной окультуренности.

Результаты лабораторных анализов о количестве химических элементов в почве обработаны по предельно допустимой концентрации элементов (ПДК) и уровням опасности. Исследуемые лугово-такрырные, луговые сазовые почвы подвергнуты экологической оценке и представлены в таблице (таблица).

На основании данных таблицы можно отметить, что уровень экологической опасности орошаемых луговых почв низкий по элементам никеля, мышьяка, кобальта и цинка, т.е. уровень экологической опасно-

сти орошаемых лугово-такрырных почв высокий, по мышьяку, что составляет 5,88, затем уменьшается содержание никеля (1,53), кобальта (1,48) и цинка (1,23).

Уровень экологической опасности в луговых сазовых почвах по мышьяку (5,04), за ним следуют никель (3,41), кобальт (1,57) и цинк (1,27). По элементу сурьма обе почвы относятся к группе экологически безопасных, т.е. ее значения равны 0,33 и 0,29 соответственно.

Опасность тяжелых металлов и мышьяка в орошаемых лугово-такрырных почвах занимают ряд $\text{Sb} < \text{Zn} < \text{Co} < \text{Ni} < \text{As}$, оцениваются как слабые, в орошаемых луговых сазовых почвах наблюдается такая же закономерность, но опасность снижается.

Экологическая оценка орошаемых лугово-такрырных и луговых сазовых почв

Элементы	ПДК общее количество, мг/кг	Орошаемые лугово-такрырные		Орошаемые луговые сазовые	
		Количество, мг/кг	Уровень экологической опасности	Количество, мг/кг	Уровень экологической опасности
Сурьма	4,5	1,48	0,33	1,29	0,29
Никель	20	30,5	1,53	68,1	3,41
Мышьяк	2	11,75	5,88	10,07	5,04
Кобальт	5	7,42	1,48	7,84	1,57
Цинк	55	67,8	1,23	70,0	1,27

Заключение

В результате антропогенного воздействия произошел ряд изменений в морфологических и других характеристиках почв разного уровня орошения. К настоящему времени установлено, что новоосвоенные почвы переведены в категории → новоорошаемых почв, новоорошаемые луговые сазовые, лугово-такрырные почвы → староорошаемые луговые сазовые, лугово-такрырные почвы. Староорошаемые лугово-такрырные почвы трансформированы в → староорошаемые луговые сазовые почвы.

Количество гумуса в пахотных горизонтах почвенных разрезов староорошаемых луговых сазовых, лугово-такрырных почв составляет около 1,140–1,405%, а в почвенных разрезах новоорошаемых почв колеблется в пределах 0,820–0,960%. По содержанию гумуса староорошаемые луговые сазовые, лугово-такрырные почвы выше, чем в новоосвоенных и новоорошаемых почвенных разрезах, и относятся к группе умеренно обеспеченных. Валовое содержание фосфора в почвенных разрезах колеблется в пределах 0,210–0,345%, валовое содержание калия колеблется в пределах 1,61–1,94%. По количеству подвижных элементов питания эти почвы относятся к низкообеспеченной группе.

Орошаемые лугово-такрырные и луговые сазовые почвы имеют низкий уровень экологической опасности по содержанию никеля, мышьяка, кобальта и цинка, то есть в орошаемых лугово-такрырных почвах самый высокий показатель у мышьяка (5,88), за ним следует никель (1,53), кобальт (1,48) и цинк (1,23) соответственно. Это состояние сохраняется с относительно высокими показателями для луговых сазовых почв. По элементу сурьма оба почвы относятся к группе экологически безопасных, т.е. их значения равны 0,33 и 0,29 соответственно.

Список литературы

1. Горбунов Б.В., Кимберг Н.В. Классификация почв // Почвы Узбекистана: сборник научных трудов. Ташкент, 1975. 161 с.
2. Камилов О.К., Исаков В.Ю. Генезис и свойства окисленно-загипсованных почв Центральной Ферганы. Ташкент, 1992. 127 с.
3. Турдалиев А.Т., Юлдашев Г. Геохимия педолитных почв: монография. Ташкент, 2015. С. 200.
4. Turdaliev A., Yuldashev G., Askarov K. and Abakumov E. (2021) Chemical and Biogeochemical Features of Desert Soils of the Central Fergana. Agriculture (Pol'nohospodarstvo). Vol. 67. Iss. 1. P. 16–28. DOI: 10.2478/agri-2021-0002.
5. Исаков В.Ю., Мирзаев У.Б., Юсупова М.А. Особенности характеристики почв песчаных массивов Ферганской долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 1. С. 15–19.
6. Jabbarov Z., Jobborov B., Fakhrutdinova M., Iskhokova Sh., Abdurakhmonov N., Zakirova S., Makhammadiev S. Remediation of the Technogenic Soils. Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021. P. 4503–4510.
7. Jabbarov Z.A., Jobborov B.T., Xalillaev Sh.A., Sherimbetov V.Kh. Oil Contaminated Soils And Their Biological Recultivation. European Journal of Molecular & Clinical Medicine. 2020. Vol. 07. Issue 06. P. 2797–2810.
8. Davronov Q.A., Saminov A.A.O' and Xusanboyev O'. The importance of fungicides and stimulants in preparing seed grains. Asian journal of multidimensional research. 2021. No. 10.4. P. 415–419.
9. Сулаймонов О.Н., Аскарлов Х.Х. Влияние газодетонационных волн на мелиоративные свойства засоленных почв // Аграрная наука – сельскому хозяйству. 2016. С. 245–246.
10. Эшпулатов Ш., Тешабоев Н., Мамадалиев М. Introduction, properties and cultivation of the medicinal plant stevia in the conditions of the Ferghana Valley. Eurasian Union Scientists. 2021. T. 2. № 2 (83). С. 37–41.
11. Askarov K., Musaev I. Geochemical barriers in irrigated soils and the impact of them on plants. European Journal of Molecular & Clinical Medicine. 2020. No. 7. P. 3082–3089.
12. Хайдаров М.М. Основы применения гуминовых веществ в светлых сероземах. Scientific Bulletin of Namangan State University. 2020. No. 2 (8). P. 87–93.
13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 487 с.
14. Турдалиев А.Т., Аскарлов К.А., Мирзаев Ф.А.У. Морфологические особенности орошаемых почв Центральной Ферганы // Почвы и окружающая среда. 2019. Т. 2. № 3. С. 56–61.
15. Turdaliev A.T., Askarov K.A., Khodzhibolaeva N.M. Effective use of irrigated hydromorphic soils. Scientific Bulletin of Namangan State University. 2021. No. 7. P. 140–145.