

*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*

Импакт-фактор РИНЦ = 0,303

*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 29.03.2021
Дата выхода номера 29.04.2021
Формат 60×90 1/8*

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

**Signed in print 29.03.2021
Release date 29.04.2021
Format 60×90 8.1**

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

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2021/1
© 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

2021 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. (Омск), 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 (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

СТАТЬЯ

- ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ
ЗАРАФШАНСКОЙ РЕКИ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ
(НА ПРИМЕРЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАТТАКУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)
Абдуллаев С., Жаббаров З.А., Турсункулова А.Б. 5

СТАТЬЯ

- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕСС-САЛАТА КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА
Кубрина Л.В., Супиниченко Е.А. 11

СТАТЬЯ

- БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПЛОДОВ БАРБАРИСА, ШИПОВНИКА,
РЯБИНЫ В ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ РАЙОНАХ
ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ КЫРГЫЗСТАНА
Шалпыков К.Т., Рогова Н.А., Долотбаков А.К., Кайыркулова А.К. 16

СТАТЬЯ

- ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИЕ БАКТЕРИИ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
БИОУДОБРЕНИЯ ПОД КОРМОБОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ
Смирнова И.Э., Саданов А.К. 22

СТАТЬЯ

- БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕННОСТИ
Ходжимуродова Н.Р., Хакимова Н.Х., Тагаева М.В., Камилов Б.С. 27

ОБЗОР

- О БИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ ЛЕПТИНА
Чаулин А.М., Григорьева Ю.В. 32

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

ARTICLE

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF SOILS IN THE MIDDLE PART
OF THE ZARAFSHAN RIVER AND THEIR MANAGEMENT
(ON THE EXAMPLE OF THE IMPACT OF THE KATTAKURGAN RESERVOIR)

Abdullaev C., Zhabbarov Z.A., Tursunkulova A.B. 5

ARTICLE

USING WATERCRESS AS A TEST OBJECT FOR ASSESSING SNOW POLLUTION

Kubrina L.V., Supinichenko E.A. 11

ARTICLE

BIOLOGICAL RESOURCES OF FRUITS OF BARBARIS, ROSE, ROWAN IN THE FOOTHILL
AND MOUNTAIN AREAS OF THE ISSYK-KUL AREA IN KYRGYZSTAN

Shalpykov K.T., Rogova N.A., Dolotbakov A.K., Kayyrkulova A.K. 16

ARTICLE

CELLULOLYTIC BACTERIA PROMISING FOR CREATING BIOFERTILIZERS
FOR FORAGE LEGUMES CROPS

Smirnova I.E., Sadanov A.K. 22

ARTICLE

BIOLOGICAL ACTIVITY OF IRRIGATED MEADOW-ALLUVIAL SOILS
DEPENDING ON THE DEGREE OF SALINATION

Khodzhimurodova N.R., Khakimova N.Kh., Tagaeva M.V., Kamilov B.S. 27

REVIEW

ON THE BIOLOGICAL ROLE OF LEPTIN

Chaulin A.M., Grigoreva Yu.V. 32

СТАТЬЯ

УДК 631.481./452

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ
ЗАРАФШАНСКОЙ РЕКИ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ (НА ПРИМЕРЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ КАТТАКУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)**¹Абдуллаев С., ¹Жаббаров З.А., ²Турсункулова А.Б.¹Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Ташкент, e-mail: zafarjonjabbarov@gmail.com;²Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, e-mail: adiba.tursukulova@mail.ru

В связи с развитием ирригации и расширением посевных площадей в Республике Узбекистан, эффективное использование орошаемых вод и постоянный мониторинг за поступающими элементами и элементами выноса является важной задачей. Вместе с этим обсуждены нормы поливных вод, использованных для орошения в Жамбайском, Иштиханском, Каттакурганском и Нарпайском районах Самаркандской области, приведены нормы привносимых с водами элементов – ионов Cl и сухого остатка, по степени минерализации, их аккумуляции в почвенных горизонтах, по данным баланса их потребления, процессы изменения по годам, кроме того раскрыта динамика изменения уровня минерализации грунтовых вод на орошаемых территориях. Также в данной статье были обсуждены процессы аккумуляции и миграции токсичных солей в составе минеральной части вод Зарафшана, используемых в орошении, в коллекторно-дренажной сети и в почвенном профиле. Изменение физико-механических свойств и мелиоративного состояния почв изучено на примере территорий, подверженных влиянию Каттакурганского водохранилища, при этом исследованы степень слитизации, плотность орошаемых земель, динамика уровня грунтовых вод по годам, мелиоративное состояние и расположение солей по слоям. По результатам исследований установлено, что площади почв с неудовлетворительным мелиоративным состоянием увеличились с 4,22% до 5,58%. Обосновано, что уровень минерализации грунтовых вод находится между показателями от 0–1 до 1–3 г/л.

Ключевые слова: почва, водный раствор, подземные воды, анион, катион, минерализация, борозды, грунтовые воды

**HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF SOILS IN THE MIDDLE
PART OF THE ZARAFSHAN RIVER AND THEIR MANAGEMENT
(ON THE EXAMPLE OF THE IMPACT OF THE KATTAKURGAN RESERVOIR)**¹Abdullaev C., ¹Zhabbarov Z.A., ²Tursunkulova A.B.¹National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent,
e-mail: zafarjonjabbarov@gmail.com;²Tashkent State Agrarian University, Tashkent, e-mail: adiba.tursukulova@mail.ru

The connection with the development of irrigation and the expansion of sown areas in the Republic of Uzbekistan, the effective use of irrigated water, and constant monitoring of incoming and removal elements is an important task. Along with this, the norms of irrigation water used for irrigation in the Zhambaysky, Ishtikhan, Kattakurgan and Narpaysky districts of the Samarkand region were discussed, the norms introduced with the irrigated waters of elements – Cl ions and dry residue, by degree of mineralization, their accumulation in soil horizons, by According to the balance of their consumption, the processes of change over the years, in addition, the dynamics of changes in the level of salinity of groundwater in irrigated areas is disclosed. Also in this article, the processes of accumulation and migration of toxic salts in the mineral part of Zarafshan waters used in irrigation, in the collector-drainage network and in the soil profile were discussed. Change of physical and mechanical properties and reclamation state soils were studied using the example of territories affected by the Kattakurgan reservoir, while the degree of leaching, density of irrigated lands, dynamics of the groundwater level by years, reclamation state, and salt distribution by layers were studied. According to the results of studies, it was found that the area of soils with an unsatisfactory reclamation state increased from 4.22% to 5.58%. It is proved that the level of groundwater salinity is between indicators from 0-1 to 1-3 g / l.

Keywords: soil, water solution, groundwater, anion, cation, mineralization, furrows, groundwater

Самаркандская область расположена в центральной части республики в верхней части Зеравшанской долины. Основными направлениями деятельности являются хлопководство, зерноводство и садоводство. Более 370 000 га земель в регионе орошаются, и его климат значительно различается в геологических, геоморфологических и гидрологических условиях. В разных странах мира было собрано много сведений о свой-

ствах почв, которые были изменены и в положительную, и в отрицательную стороны под воздействием водохранилищ, рек и канал. Такие предки, как аль-Хорезми, Ахмед Фаргони, Беруни, Носир Хисрав, Махмуд Кошгори, Замахшари, Мухаммад Нажиб Бакрон, внесли большой вклад не только в развитие таких наук, как математика, геология, география, астрономия и язык, но также развили науки о почве и воде в IX–XIII вв.

В 1950-х гг. орошаемое земледелие развивалось беспрецедентными темпами и тысячи гектаров земли были усвоены. В то же время были построены крупные промышленные центры, а площадь орошаемого земледелия была расширена. В результате спрос на воду увеличился. Однако несоблюдение правил и норм полива, недостаточное внимание к коллекторным сетям во многих обрабатываемых районах привело к повышению уровня грунтовых вод, засолению почвы, заболачиванию и эрозии. Орошаемая плодородная почва стала уступать засоленным почвам из-за неполных методов разработки и реализации мер против них. Неадекватное рассмотрение естественных законов и несоблюдение научно обоснованных рекомендаций привело к вышеуказанным негативным процессам в результате орошения, выщелачивания, удобрения, агротехники и так далее и даже сегодня в некоторых областях этот негативный процесс продолжается.

Целью исследования является изучение гидрогеологического состояния почв средней части реки Зарафшан и ее управление.

Самаркандская область также играет важную роль в развитии сельского хозяйства в Республике Узбекистан. В 1907–1912 гг. была разработана отдельная программа по рекультивации засоленных почв в различных районах Мирзачульской и Зеравшанской долин, и по этой программе необходимо было изучить работы по строительству борозд на разных глубинах и расстояниях, распространению засоленных почв и борьбе с ними, и на основе этих решений было проведено и проводится много научных исследований.

Материалы и методы исследования

Полевые и лабораторные опыты проведены методическими руководствами на основе «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований на хлопковых почвах», «Руководство по химическому анализу почв», «Методические указания по химическим и агрофизическим методам почвенно-го анализа».

Р.К. Кузиев на основании исследований, проведенных в Самаркандской области, пришел к выводу, что профили светлых и типичных серозёмов, развитых как серозёмно-оазисные почвы, очень близки по составу и содержанию солей, а разница между ними минимальна [1]. Ученые занимаются гидрогеологическими условиями и рельефом средней части

реки Зарафшан с 1920-х гг. Например, в 1924 г. первая экспедиция была организована под руководством А.М. Кульчицкого в составе: А. Кадыров, Н.В. Гусева, Ю.А. Отакулова [2, 3]; было проведено научное исследование, и они пришли к выводу, что низменный район Зарафшана состоит из аллювиальных равнин с небольшим накоплением водорастворимых солей или его отсутствием из-за хороших гидрологических и геоморфологических условий подземных вод. Однако по мере удаления от реки поток подземных вод замедлялся, а образование углеводородных отложений в почве и грунтовых водах приводило к карбонатно-магниевому засолению. Информативным индикатором состояния донных отложений является количество фосфора в них, где он связан с органическими веществами и накапливается сопряженно с оксидами металлов. Его количество в водохранилище «Gargalheiras» в Бразилии составляло от 5 мг / кг-1 до 349 мг / кг-1, а в водохранилище «Cruzeta» – от 12 мг / кг-1 до 371 мг / кг-1 [4]. Определение качественного состава отложений в водных источниках имеет большое значение в управлении водными ресурсами [5].

Результаты исследования и их обсуждение

В этой ситуации Самаркандская низменность долгое время была оазисом орошаемого земледелия и в то же время речные и прилегающие источники также использовались в сельском хозяйстве, что привело к снижению засоленности. Тем не менее грунтовые воды начинают приближаться к поверхности.

Интерпретация этого процесса может быть замечена в некоторых областях региона по количеству поливной воды и количеству солей, принесенных с ними (табл. 1). Например, Каттакурганский район получает воду в среднем 365–370 млн/м³ год на орошение с общим содержанием соли 0,39%, из которых ион хлора составляет 0,02–0,03% и ежегодно в почву поступает от 10 до 11 тыс. т соли, а сброс составляет 5–8 тыс. т. Это означает, что в слоях почвы ежегодно остается около 2–5 т соли, основной причиной этого процесса является низкий уровень течения подземных вод, который составляет 107–109 млн/м³, а количество поливной воды в 3–4 раза больше. Значит, включая процессы физического испарения почвы, при увеличении с накоплением влаги в слоях почвы, также количество солей увеличивается и процесс засоленности почвы увеличивается.

Таблица 1

Водно-солевой баланс Самаркандского оазиса

№	Районы	Годы	Часть прибытия		Прибытие соли м.т	Расходная часть			Утечка солей м. т.		Изменение количества соли		
			Получено для орошения, млн м ³	Минерализация орошаемых вод		Поток грунтовых вод, млн. м ³	Минеральный уровень поливной воды		Плотный остаток	хлор	Плотный остаток	хлор	
				Плотный остаток			хлор	Плотный остаток					хлор
1	Джамбайский	2017	198,15	0,40	0,02	3,96	173,56	0,50	0,03	86,78	5,20	-7,52	-1,24
		2018	222,88	0,39	0,02	4,45	205,03	0,52	0,03	106,61	6,15	-19,69	-1,70
2	Иштиханский	2017	227,01	0,39	0,03	6,81	103,03	0,57	0,04	58,72	4,12	29,81	2,69
		2018	284,58	0,39	0,02	5,69	115,15	0,52	0,03	60,11	3,46	50,87	2,23
3	Каттакурганский	2017	365,26	0,38	0,03	10,95	107,45	0,62	0,05	66,62	5,37	72,18	5,58
		2018	370,03	0,39	0,03	11,10	109,44	0,66	0,08	72,23	8,75	72,08	2,35
4	Нарпайский	2017	305,73	0,45	0,03	9,17	77,14	1,24	0,13	95,65	10,03	41,93	-0,86
		2018	318,19	0,44	0,03	9,54	92,04	1,21	0,13	111,37	11,96	28,63	-2,44

Помимо образования подземных вод, а также склонов и оврагов, вытекающих из горных хребтов Зеравшан и Туркестан, ирригационные системы в каналах и их проникновение в почву являются дополнительными факторами. Почти во всех орошаемых районах в Самаркандской области подземные воды приближаются к поверхности с сильным накоплением подземных вод, особенно в орошаемых районах Каттакурганского района. В восточной части Каттакурганского водохранилища, где проводились научные исследования, водохранилище играет важную роль в формировании подземных вод, которое является третьим по величине и объему в республике и по воздействию на окружающую среду в 3–4 раза сильнее, чем другие водохранилища. Это водохранилище было построено и введено в эксплуатацию в 1941–1952 гг. с целью повышения эффективности сельского хозяйства, водоснабжения и улучшения орошаемых земель в оазисе Зарафшан. В то время она была заполнена водой Кара-Дарья и дополнительная вода подавалась из специальных ирригационных устройств с левого берега реки Зарафшан. Благодаря строительству этого источника было улучшено водоснабжение на 390 000 га и 65 000 га земли были усвоены.

Текущая мощность Каттакурганского водохранилища составляет 818,23 млн/м³, из которых 2,90 м³/с используется для орошения, однако в настоящее время используется 4,20 м³/с воды из этой емкости. Увеличение потребления воды оказывает негативное влияние на водно-солевой режим окружающей почвы.

Кроме того, почвообразующие породы вокруг водохранилища подвержены засолению из-за лёссовых и лёссовидных отложений. Из-за широкого использования сельскохозяйственных угодий в этом районе, несоблюдения правил и норм орошения уровень грунтовых вод увеличился из-за водохранилища, серозёмная почва превратилась в серозёмно-луговые, луговые и лугово-болотные почвы и образовались в различной степени засоленные почвы, даже происходят оползни возле водохранилища. В настоящее время увеличение емкости и уровня водохранилищ в течение многих лет затрагивало тысячи гектаров земли, оказывая влияние на воду и изменяя окружающую среду и почвенный покров. В частности, в результате негативного влияния Каттакурганского водохранилища на агрохимические, агрофизические и на мелиоративное состояние окружающей почвы, также на водный и солевой режим,

в почвенном покрове увеличивается избыточная влажность и снижается уровень ее плодородия. В связи с этим одним из наиболее актуальных вопросов современности является глубокое изучение изменений в почве местности под воздействием водохранилища, анализ его особенностей и предотвращение негативных изменений почвенного покрова.

В Самаркандской области земельный фонд для сельскохозяйственных угодий составляет 1505 300 га или 7,38% от общего земельного фонда. Из них 309,5 тыс. га используются в интенсивном сельском хозяйстве, площадь орошаемых и богарных земель составляет 182,9 тыс. га.

С некоторыми положительными изменениями в слоях почвы в результате правильной ирригации и при внесении удобрений, проводимых для развития сельского хозяйства на этих почвах, также происходят и негативные процессы, такие как снижение плодородия почв за счет образования подземных вод, их близости к поверхности почвы, засоления, эрозии и уплотнения почв. Это связано с тем, что под влиянием только одного водохранилища повышается уровень грунтовых вод до Карасу. Например, подземные воды колеблются в пределах 1–1,5 м вокруг водохранилища, что само по себе указывает на то, что поток подземных вод практически отсутствует (табл. 2).

Из таблицы видно, что в 2017 г. только в Каттакурганском районе уровень грунтовых вод 0–1 метра составлял 0,438 га, а в 2018 г. этот показатель составлял 0,470 га. Однако глубина грунтовых вод на глубине 1–1,5 м упала с 1374 до 0,380 га. Это означает, что в среднем 1000 га в год подвергаются воздействию подземных вод до 0,5 м (табл. 2).

Такие показатели очень низкие в Джамбайском, Иштиханском и Нарпайском районах. Причиной такого повышения уровня воды в Каттакурганском районе является то, что его можно рассматривать только как водохранилище. В диапазоне от 50 м до 2 км к западу от водохранилища уровень подземных вод не превышает вышеуказанного. Это, в свою очередь, влияет на их уровень минерализации.

Если мы проанализируем химизм грунтовых вод этой области, уровень минерализации коллекторно-дренажных и водохранилищных вод расположенный в этой зоне, состав и баланс грунтовых вод, образующихся в слоях почвы, выглядит следующим образом: соли карбоната магния осаждаются в относительно верхних слоях, так как они хорошо растворимы в воде.

Таблица 2

Динамика изменения уровня грунтовых вод орошаемых земель Зарафшанской средней полосы

№	Районы	Года	В том числе глубина (га)			Средняя	
			0–1 м	1–1,5 м	1,5–2 м	0–1 м	1–1,5 м
1	Джамбай	2017 г.	0,370	0,680	2,790	0,367	0,668
2	Иштихан		0,34	0,630	2,950	0,357	0,600
3	Каттакурган		0,438	1,347	3,960	0,431	1,311
4	Нарпай		0,168	0,627	2,257	0,155	0,604
5	Джамбай	2018 г.	0,320	0,740	2,650	0,272	0,628
6	Иштихан		0,160	0,380	2,890	0,126	0,423
7	Каттакурган		0,470	1,470	3,590	0,458	1,408
8	Нарпай		0,137	0,404	2,389	0,127	0,409

Наши исследования также показывают, что, за исключением района Каттакурганского водохранилища, минерализация подземных вод не очень высока в большинстве районов и представляет собой в основном засоление гидрокарбонатного типа. Содержание грунтовых вод в серозёмных почвах, распространяющихся вокруг третьей террасы реки Зарафшан, составляет 0,678–0,836 г/л и не засолено. В западной части региона, в основном в районах со светлыми серозёмными почвами, подземные воды слабо минерализованы, 1,22–3,95 г/л (по сухому остатку), образуя сульфатное засоление.

Подземные воды в наших районах исследований варьировались от 0,4 м до 3–3,5 м. Такая непосредственная близость подземных вод в основном обусловлена поглощением воды из Каттакурганского водохранилища, как упоминалось выше, и их добавлением к потоку подземных вод, а режим подземных вод нарушается под воздействием водохранилища.

Уровень минерализации р. Зарафшан колеблется в пределах 0,87–1,25 г/л в течение года, в среднем 1,2 г/л, но это количество воды поступает в почву, а утечка солей через дренажи составляет около 3,8 г/л. Этот показатель даже достигает 4,7 г/л в подземных водах. Эта ситуация одинакова как для ионов хлора, так и для сульфат-ионов по всему оазису, т.е. почти в три раза уровень минерализации воды, поступающей в оазис, высвобождается через коллектор-дренаж. Таким образом, известно, что роль почвообразующих пород, внутренних выветриваний и особенно орошаемой воды в накоплении солей в почве очень велика. Поэтому при оценке мелиоративного состояния почв, даже не засоленных почв, деятельность коллекторно-дренажных сетей напрямую связана с управлением этими процессами.

Попадание солей через поливную воду является одной из причин засоления почвы. Засоление происходит не только через минерализованную воду (1–3 г/л), но и из обычной (0,5–1 г/л) поливной воды. Иригационная вода, естественно, также приносит большое количество растворенных солей в ее направлении. Химический состав солёной воды в основном хлоридно-сульфатный, в некоторых местах сульфатный. Вода из коллекторно-дренажных сетей слабо засолена. Ежегодное накопление соли в водоеме в среднем составляет 109 т/га. 33–35 % водорастворимых солей выбрасывается с территории через коллекторно-дренажные сети. Их количество в среднем составляет 35–37 т/га. Этот годовой объем составляет 71–73 т/га и в основном выводится промывкой почв. В целом в объектах исследований, в оазисных геосистемах наблюдается накопление солей в почвах. Для проверки гидрохимического состава воды, поступающей в водохранилище с разных направлений, и воды, собранной в водохранилище, были взяты отборы проб воды от Зарафшана до водохранилища (станция 1) на высоте 300 м над платиной, от западной части (станция 4) до юго-восточного потока (станция 5), и во время исследования воды было установлено, что количество водорастворимых солей и питательных веществ варьировалось в разной степени.

Воды Каттакурганского водохранилища в основном представляют собой гидрокарбонат кальция с уровнем минерализации 340–350 мг/л.

В результате воздействия этого водохранилища на окружающие почвы, их подавления со всех сторон, в результате поглощения воды в русле реки и под землей и сильного испарения на поверхности почвы накапливаются относительно сильные минерализованные воды, достигающие

360 мг/л, особенно в июле, только весной и скорость их минерализации несколько уменьшается под влиянием атмосферных осадков. Следует также отметить, что из-за относительно сильной минерализации подпочвенной влаги, впитываемой в почвы вокруг водохранилища, засоление почв является высоким и происходит быстро.

Например, в марте-апреле уровень минерализации в большинстве частей водохранилища практически одинаков, то есть у поверхности и дна водохранилища этот показатель частично повышен с июля по ноябрь. Это означает, что состав водохранилища увеличивает минерализацию, особенно в периоды сильного испарения влаги в водохранилище, сильных ветров, в результате которых они влияют на почвенный покров вокруг водохранилища. Этот процесс также можно наблюдать по изменению количества катионов и анионов в водохранилище в течение года.

Заключение

В заключение следует отметить, что основной причиной изменения гидрогеологи-

ческих условий оазиса Зарафшан является: деятельность р. Зарафшан и ее химический и минералогический состав, также из-за воздействия поливной воды на существующие водохранилища в регионе, движение подземных вод значительно ближе к поверхности, вызывая накопление вредных для растений солей в слоях почвы.

Список литературы

1. Кульчицкий Д.М. О карбонатном соленакоплении в почвах Узбекистана: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 1954. 19 с.
2. Гусева Н.В., Отакулова Ю.А. Геохимия подземных вод при Ташкентском артезианском бассейне (Республика Узбекистан) // Известия Томского политехнического университета. Томск, 2014. Т. 325. № 1. С. 127–136.
3. Кузиев Р.К., Сектименко В.Е., Исмонов А. Атлас почвенного покрова Республики Узбекистан. Ташкент, 2010. 48 с.
4. Abhijit M. Zende, Rahul A. Patil, Gopal M. Bhosale Sediment Yield Estimation and Soil Conservation Measures for Agrani River Basin Using Geospatial Techniques. Materials Today: Proceedings. 2018. № 5. P. 550–556.
5. Cavalcante H., Araújo F., Noyma N.P., Becker V. Phosphorus fractionation in sediments of tropical semiarid reservoirs. Science of the Total Environment. 2018. № 619–620. P. 1022–1029. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.204.

СТАТЬЯ

УДК 504.064.36:574.24

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕСС-САЛАТА КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА****Кубрина Л.В., Супиниченко Е.А.***ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», Омск,
e-mail: kubrina-lyudmila@mail.ru*

В снежном покрове, как правило, сосредоточивается больше загрязняющих веществ, чем в атмосфере. В связи с этим снег можно рассматривать как оригинальный индикатор загрязнения окружающей среды. Достаточно эффективный и доступный метод оценки среды – биоиндикация – в большинстве случаев используется и применяется в данных целях. Нами был проведен эксперимент по оценке загрязнения снежного покрова с помощью биоиндикаторов. В марте 2020 г. были отобраны пробы снежного покрова в различных участках г. Омска. В результате исследований определили, что при сравнении токсичности снеговых проб с контрольным вариантом (94,0%) было установлено, что наименьшая энергия прорастания зарегистрирована в пробе № 2 – пос. Кордный (88%). Наибольшая всхожесть наблюдалась также в контрольной пробе (78,8%). Талая вода в пробе № 2 (пос. Кордный) показала наименьшую всхожесть по сравнению с контролем (60%). Таким образом, основываясь на теоретических данных и данных нашего исследования, сделан вывод о том, что кресс-салат, в зависимости от времени развития биоиндикационных реакций, можно отнести к первому типу чувствительности, то есть биоиндикатор кресс-салат дает спустя определенное время, в течение которого он никак не отвечал на воздействие, сильную однократную реакцию и тут же теряет чувствительность.

Ключевые слова: биотоксичность, токсический эффект, снежный покров**USING WATERCRESS AS A TEST OBJECT FOR ASSESSING SNOW POLLUTION****Kubrina L.V., Supinichenko E.A.***Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: kubrina-lyudmila@mail.ru*

The snow cover, as a rule, concentrates a large amount of pollutants than in the atmosphere. In this regard, snow can be considered as an original indicator of environmental pollution. A fairly effective and accessible method for assessing the environment – bioindication – in most cases is used and applied for these purposes. We carried out an experiment to assess the pollution of the snow cover using bioindicators. In March 2020, samples of snow cover were taken in various parts of the city of Omsk. As a result of the research, it was determined that when comparing the toxicity of snow samples with the control option (94.0%), it was found that the lowest germination energy was recorded in sample No. 2 – settlement. Kordny (88%). The highest germination was also observed in the control sample (78.8%). Melt water in sample No. 2 – pos. Kordny showed the lowest germination rate compared to the control (60%). Thus, based on theoretical data and data from our study, it was concluded that watercress, depending on the time of development of bioindication reactions, can be attributed to the first type of sensitivity, that is, the bioindicator watercress gives, after a certain time, in during which he did not respond in any way to the impact, a strong one-time reaction and immediately loses sensitivity.

Keywords: biotoxicity, toxic effect, snow cover

Важным компонентом биогеоценоза считаются растения, обеспечивающие жизненный процесс других биотических компонентов. Изменения растительности под воздействием различных факторов внешней среды оказывают влияние на состояние биогеоценоза в целом и, вследствие этого, могут использоваться в качестве диагностических признаков [1, 2]. В качестве объектов для биоиндикации используют различные организмы – бактерии, млекопитающие, высшие растения, водоросли, беспозвоночные животные [3, 4].

Возможность быстро получить интегральную оценку токсичности дает биотестирование, вследствие этого его используют при скрининговых исследовательских работах. Тест-объекты для биотестирования, как правило, избирают между более чувствительными к загрязняющим ком-

понентам видами, в то время как одним из ведущих требований к биоиндикаторам является толерантность [5]. Одним из весомых требований биотестирования является то, что воздействие на тест-объект токсиканта должно вызывать ответную реакцию, эту же или же близкую к реакциям в лабораторных экспериментах [5–7]. Для исследования почв в агроценозах в основном используются семена растений. Всхожесть, энергия прорастания, скорость прорастания, а также характеристики интенсивности исходного роста семян (длина корней, длина зеленых проростков, множество корней, масса зеленых проростков) считаются тест-параметрами и работают показателями прорастания.

Методические указания рекомендуют для биотестирования воды, снега использовать небольшие семена (кресс-салат, редис,

горчица, пшеница и др.), которые имеют маленький запас калорийных веществ, вследствие чего они больше подвержены воздействию внешних факторов. Таким образом, методы биотестирования и биоиндикации позволяют диагностировать состояние экосистемы по откликам на стрессовое воздействие извне отдельных компонентов биоты.

Цель работы: исследование загрязнения снежного покрова в г. Омске и Омской области методом биотестирования с помощью кресс-салата (*Lepidium sativum* L.).

Объект исследования: пробы снежного покрова.

Предмет исследования: биоиндикаторы – кресс-салат (*Lepidium sativum* L.).

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в 2020 г. в лаборатории ОмГПУ кафедры биологии и биологического образования аудитории № 305. В качестве биотеста использовали растения кресс-салата (*Lepidium sativum* L.). Кресс-салат – однолетнее скорплодное травянистое растение, высота которого составляет 20–50 см. Листья перисто-рассеченные, верхние – прямолинейные. Растение имеет тонкий стержневой корень.

Опыт проводился в лабораторных условиях при естественном освещении, при температуре +22 – +24 °С. Наше исследование направлено на изучение влияния снеговых талых вод, взятых в разных точках г. Омска и его окрестностях, на всхожесть семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) сорта «Весенний сюрприз».

Пробы снега были взяты на четырех участках г. Омска и Омской области:

Проба № 1 – пос. Левобережный (ост. Поворотная).

Проба № 2 – пос. Кордный.

Проба № 3 – ул. наб. Тухачевского, 14.

Проба № 4 – пос. Русская Поляна – Омская область.

В качестве контроля была использована водопроводная вода.

Семена кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) помещали в 5 чашек Петри с трехкратной повторностью по 30 семян в каждую, с учётом количества проб снеговой талой воды. Закладывались и снимались семена одновременно. На протяжении 6 дней поливали семена кресс-салата талой снеговой водой с разных участков сбора. В опыте учитывалось следующее:

– энергия прорастания определялась спустя 3 дня после посева;

– всхожесть семян подсчитывали спустя 6 дней после посева.

– расчет энергии прорастания и всхожести вели следующим образом:

– количество высеванных семян – 100 % и проросших – X %, следовательно, $X = \text{проросшие} \cdot 100 \% / \text{высеянные}$.

Данные обрабатывались статистически.

Результаты исследования и их обсуждение

Визуальный осмотр талой воды показал, что все без исключения собранные пробы снежного покрова в своем составе содержали различные взвешенные вещества. Более загрязненными пробами считаются пробы, взятые вблизи дорог. На данных участках основным источником загрязнения снежного покрова является автотранспорт. Наиболее грязной оказалась талая вода, собранная на участке вблизи автодороги (пос. Левобережный).

Проба № 2 с участка пос. Кордный от проезжей части автотрассы выглядит более чистой, но загрязнение присутствует. В пробе № 3 (ул. наб. Тухачевского, 14) присутствует небольшое количество примесей, а пробу № 4 (пос. Русская Поляна) можно считать прозрачной. Талая вода всех проб не имеет цвета, помимо проб № 1 и № 2, тон которых серый. Талая снеговая вода, которую мы получили при таянии всех проб снега, имеет pH = 6, что говорит о слабокислотной реакции воды. Слабокислый характер среды объясняется оседанием оксидов серы и иных компонентов, которые получают при сгорании топлива на поверхности снежного покрова. Из химических загрязнителей мы выявили ионы хлора и свинца в пробах № 1 и № 2. Ионы хлора содержатся в противогололедном средстве, используется соль натрия с песком, а свинец присутствует в выхлопных газах автомобилей.

Мы исследовали проростки семян на данных образцах талой воды. Уже на второй день эксперимента семена стали давать всходы. Мы также измерили длину проростков и корней растений и сравнили их в сводной таблице.

Исходя из данной зависимости, с учётом наших наблюдений результаты следующие:

– в пробе № 4 всхожесть составила 90 % – загрязнение отсутствует. Проростки ровные, мощные;

– в пробе № 3 всхожесть составила 69–89 % – слабое загрязнение;

– в пробах № 1 и № 2 наименьший процент всхожести семян, в пос. Левобережный и в пос. Кордный средний уровень загрязнения. Проростки кривые, короткие.

В табл. 1 и рис. 1 приведены данные по влиянию токсичности снежного покрова на энергию прорастания семян кресс-салата сорта «Весенний сюрприз».

Таблица 1

Энергия прорастания семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) сорта «Весенний сюрприз»

Место сбора проб	Энергия прорастания, %	
	3 день	6 день
Контроль (водопроводная вода)	35,0	94,0
Проба № 1, пос. Левобережный	31,3 ± 0,38	91,5 ± 0,16
Проба № 2, пос. Кордный	25,5 ± 0,07	88,0 ± 0,18
Проба № 3, ул. наб. Тухачевского, 14	25,6 ± 0,09	92,0 ± 0,14
Проба № 4, пос. Русская Поляна	27,6 ± 0,67	90,0 ± 0,63

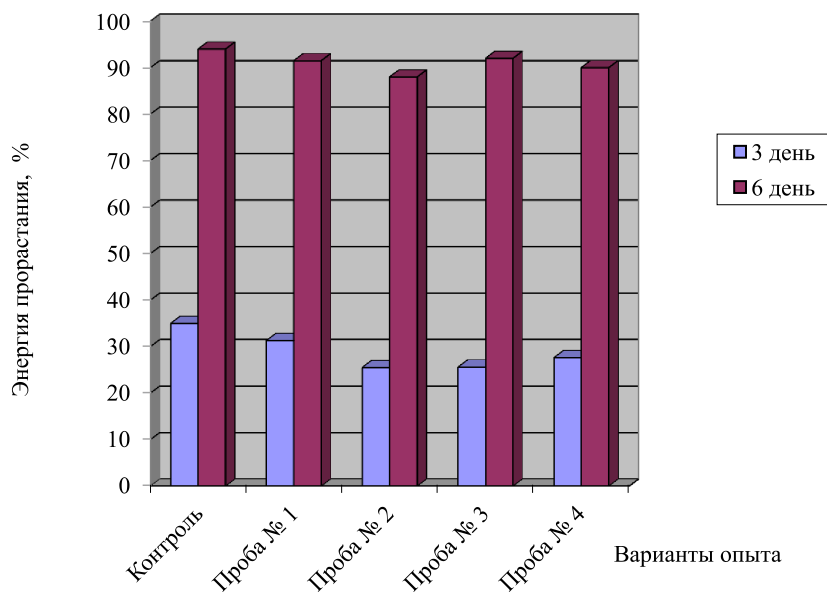


Рис. 1. Энергия прорастания семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) сорта «Весенний сюрприз»

Энергию прорастания определяли на третьи и шестые сутки после замачивания семян в чашках Петри. Энергия прорастания на 3-й день в контрольном варианте составила 35%.

В точке отбора пос. Левобережный наблюдалась наибольшая энергия прорастания семян, наименьшая энергия прорастания наблюдалась в точке отбора пос. Кордный.

Анализируя энергию прорастания семян кресс-салата на 3-й день, можно заметить следующее: в пробе № 3 – ул. наб. Тухачевского энергия прорастания снижается на 2% по сравнению с контролем. Та же динамика прослеживается и на 6-й день. Еще больше снизилась энергия прорастания в пробе № 1 – пос. Левобережный на 2,5%, что является вполне доступным. В пробе № 4 пос. Русская Поляна энергию прорастания по сравнению с предыдущим вариантом снизилась на 1,5%. Значительное снижение отмечено в пробе № 2 – пос. Кордный – здесь энергия прорастания ниже на 8%

по сравнению с контрольным вариантом. Достоверность различий между контролем и точками отбора проб подтверждается критерием Стьюдента. Подводя итоги, по энергии прорастания можно сделать вывод, что наибольшая энергия прорастания семян кресс-салата была отмечена в контрольной пробе, а наименьшая зарегистрирована в пробе № 2 – пос. Кордный.

В наших опытах исследовались также всхожесть семян, данные представлены в табл. 2 и на рис. 2.

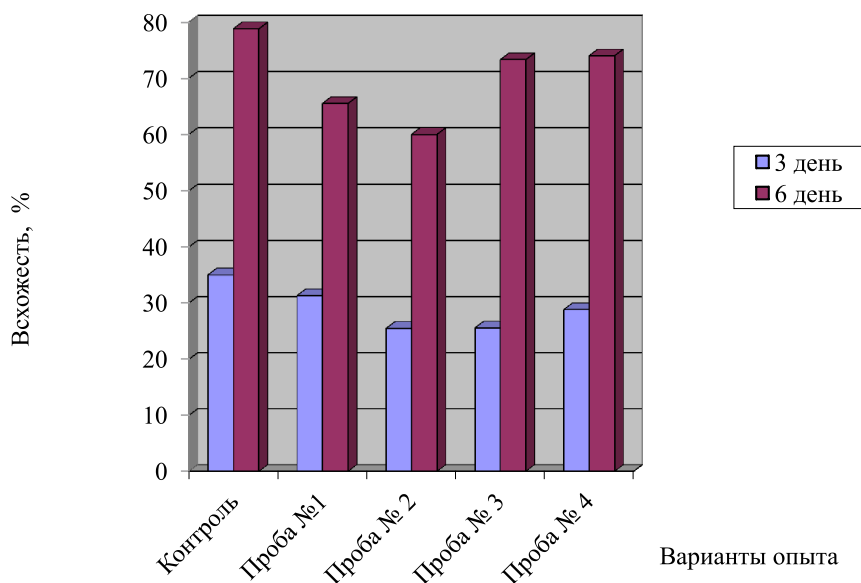
При определении всхожести семян кресс-салата были установлены следующие закономерности. Можно отметить, что все пробы привели к снижению всхожести по сравнению с контролем.

Анализируя данные шестого дня по контрольной пробе, можно отметить, что процент всхожести семян кресс-салата равен 78,8%. При рассмотрении пробы № 4 – пос. Русская Поляна прослеживается уменьшение всхожести семян на 4,8%.

Таблица 2

Всхожесть семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) сорта «Весенний сюрприз»

Место сбора проб	Всхожесть, %	
	3 день	6 день
Контроль (водопроводная вода)	35	78,8
Проба № 1 – пос. Левобережный	$31,3 \pm 0,75$	$65,5 \pm 0,57$
Проба № 2 – пос. Кордный	$25,5 \pm 0,64$	$60 \pm 0,63$
Проба № 3 – ул. наб. Тухачевского, 14	$25,6 \pm 0,04$	$73,3 \pm 0,73$
Проба № 4 – пос. Русская Поляна	$28,8 \pm 0,33$	$74,0 \pm 0,15$

Рис. 2. Всхожесть семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) сорта «Весенний сюрприз»

В пробе № 3 – пос. Левобережный – наблюдается незначительное уменьшение всхожести семян по сравнению с предыдущей пробой на 0,7%. Наименьшая всхожесть наблюдалась в пробе № 2 – пос. Кордный – на 18,8% по сравнению с контрольной пробой. Достоверность различий между контролем и точками отбора проб подтверждаются критерием Стьюдента.

Таким образом, наибольшая всхожесть наблюдалась также в контрольной пробе (78,8%). Талая вода с пос. Кордный показала наименьшую всхожесть по сравнению с контролем (60%).

Закключение

Для выявления уровня загрязнения окружающей среды используется огромное количество экологических методов, но наиболее часто встречающимся из них является метод биоиндикации, представляющий собой оценку биотических и абиотических факторов местообитания при помощи био-

логических систем. При оценке качества состояния среды используются биоиндикаторы – это биологические объекты, которые имеют различия по уровню организации (от молекул и клеток, до экосистем и биосферы). Биоиндикация обнаруживает и определяет экологически важные антропогенные и природные нагрузки, делая упор на реакции живых организмов напрямую в среде их обитания.

Токсичность снегового покрова оказывает угнетающее влияние на интенсивность энергии прорастания и всхожести семян: при максимальной концентрации происходит снижение по сравнению с контрольным вариантом. При сравнении токсичности снеговых проб с контрольным вариантом (94,0%) было установлено, что наименьшая энергия прорастания зарегистрирована в пробе № 2 – пос. Кордный (88%). Наибольшая всхожесть наблюдалась также в контрольной пробе (78,8%). Талая вода в пробе № 2 – пос. Кордный показала наи-

меньшую всхожесть по сравнению с контролем (60%).

Список литературы

1. Кубрина Л.В. Биологический мониторинг малых рек // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 4. С. 68–72.
2. Дереча Н.Н., Чернышева С.И. Кресс-салат «весенний» как биоиндикатор загрязнения снежного покрова // Современное научное знание, идеи и концепции: сб. науч. тр. По материалам I Международного научно-практического форума молодых ученых. 2017. С. 263–269.
3. Мазный К.М., Овчинникова Н.А. Влияние внешних факторов на рост растений (на примере выращивания кресс-салата) // Юный ученый. 2018. № 11 (15). С. 55–57.
4. Ботвич А.С. Биоиндикация и биотестирование как методы контроля и оценки состояния окружающей сре-

ды: материалы II Межрегиональной научно-практической конференции. Отв. ред. Начева Любовь Васильевна. Кемерово, 2019. С. 17–22.

5. Мосягина С.Н., Уливанова Г.В. Анализ тест-способностей кресс-салата при оценке степени загрязнённости почвы, воды и снега // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2016. № 1 (2). С. 44–49.

6. Тюменцева Е.Ю., Штабнова В.Л. Контроль качества водохозяйственного комплекса как вклад в обеспечение экологической безопасности г. Омска // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 2 (22). С. 79–95.

7. Кубрина Л.В. Особенности цитогенетического мониторинга техногенных территорий на примере г. Омска. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2017. С. 61–65.

СТАТЬЯ

УДК 581.9(575.2)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПЛОДОВ БАРБАРИСА, ШИПОВНИКА, РЯБИНЫ В ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ РАЙОНАХ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ КЫРГЫЗСТАНА

¹Шалпыков К.Т., ¹Рогова Н.А., ¹Долотбаков А.К., ²Кайыркулова А.К.

¹*Институт химии и фитотехнологий Национальной академии наук*

Кыргызской республики, Бишкек, e-mail: alhor6464@mail.ru;

²*Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева,*

Бишкек, e-mail: tanzania_91@mail.ru

В данной статье представлены материалы экспедиционных исследований по определению биологических ресурсов барбариса, шиповника и рябины в предгорных и горных районах Иссyk-Кульской котловины Кыргызстана. Исследования показали, что наибольшую площадь занимает барбарис круглоплодный – 2189 га, в 2 раза меньшую – 1004,3 га – шиповник Альберта и всего 165 га – рябина тьянь-шаньская. Биологический запас плодов барбариса составляет 93,27 т, эксплуатационный – на треть меньше – 61,54 т. В ущелье Каракол установлена наибольшая площадь барбариса – 384 га с биологическим запасом всего 6,49 т, в то время как в ущ. Чон Ак-Суу на площади 300 га биологический запас плодов составляет 30 т. Эксплуатационный запас в этом местообитании – 19,8 т. Продуктивность местообитаний от 13,6 до 100 кг/га. Биологический запас шиповника Альберта на всех изученных участках составляет 26,02 т, а эксплуатационный – 17,26 т. Максимальный биологический запас (18,9 т) нами отмечен в лесничестве Жууку в Жети-Огузском лесном хозяйстве на площади 570 га. Эксплуатационный запас – 12,47 т. Выявленный запас плодов рябины тьянь-шаньской на площади 165 га обеспечивает общий биологический запас плодов 36,84 т и эксплуатационный 24,31 т. Таким образом, в предгорных и горных районах Иссyk-Кульской котловины Кыргызстана нами обнаружены промышленно значимые объемы плодов барбариса, шиповника и рябины. Этими данными могут воспользоваться заготовительные учреждения и организации, также перерабатывающие фармацевтические и промышленные предприятия Кыргызстана.

Ключевые слова: биологический запас, эксплуатационный запас, барбарис, шиповник, рябина

BIOLOGICAL RESOURCES OF FRUITS OF BARBARIS, ROSE, ROWAN IN THE FOOTHILL AND MOUNTAIN AREAS OF THE ISSYK-KUL AREA IN KYRGYZSTAN

¹Shalpykov K.T., ¹Rogova N.A., ¹Dolotbakov A.K., ²Kayyrkulova A.K.

¹*Institute of Chemistry and Phytotechnology, National Academy of Sciences*

of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: alhor6464@mail.ru;

²*Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev, Bishkek, e-mail: tanzania_91@mail.ru*

This article presents the materials of expeditionary studies to determine the biological resources of barberry, wild rose and mountain rowan in the foothill and mountainous regions of the Issyk-Kul basin of Kyrgyzstan. Studies have shown that the largest area is occupied by the round barberry – 2189 hectares, 2 times less – 1004.3 hectares – Albert's rose hips and only 165 hectares – Tien Shan mountain rowan. The biological reserve of barberry fruits is 93.27 tons, the operational one is less by a third – 61.54 tons. The largest area of barberry is established in the Karakol gorge – 384 hectares with a biological reserve of only 6.49 tons, while in the gorge of Chon Ak-Suu on an area of 300 hectares biological stock of fruits is – 30 tons. The operational stock in this habitat is 19.8 tons. The productivity of habitats is about 13.6 to 100 kg / ha. The biological stock of Albert's rose hips in all the studied plots is 26.02 tons, and the operational one is 17.26 tons. The maximum biological stock we have noted is 18.9 tons in the Zhuuku forestry in the Jety-Oguz forestry on an area of 570 hectares. The operational reserve is 12.47 tons. The revealed reserve of Tyanshanskaya mountain rowan tree on an area of 165 hectares provides a total biological reserve of fruits of 36.84 tons and an operational reserve of 24.31 tons. Thus, in the foothill and mountainous regions of the Issyk-Kul depression of Kyrgyzstan, we have found significant volumes of fruits of barberry, rose hips and mountain rowan. These data can be used by procurement institutions and organizations that also process pharmaceutical and industrial enterprises in Kyrgyzstan.

Keywords: biological resources, operational reserve, barberry, rose, rowan

В Кыргызстане произрастает значительное количество древесно-кустарниковых видов, плоды которых активно заготавливают для использования с лекарственной и пищевой целью. К таким видам относят, прежде всего, различные виды барбариса, шиповника и рябины. Плоды

их содержат определенное количество витаминов, микроэлементов, органических кислот и других полезных составляющих. Используют плоды в свежем, высушенном, замороженном и переработанном виде как лекарственное средство и для употребления в пищу.

Потребность в лекарственном и особенно в пищевом сырье неуклонно возрастает. Постоянно расширяется ассортимент продуктов, получаемых из дикорастущих плодов. Незначительная часть их используется местным населением.

В связи с бессистемной заготовкой постепенно уменьшается количество дикорастущего плодового сырья. Исходя из этого, возникает необходимость в регулировании заготовки дикорастущих плодов, определении их биологического и эксплуатационного запасов.

Барбарис – кустарник из семейства Барбарисовые *Berberidaceae*. В Прииссыккулье произрастает один вид – барбарис круглоплодный *Berberis sphaerocarpa* Kar.et Kir. [1], который распространен по горным долинам и каменистым склонам гор. Цветет в мае-июне, плодоносит в августе-сентябре [2].

Плоды барбариса содержат сахара, органические кислоты (яблочную, винную, лимонную), пектин, дубильные и красящие вещества, витамин С. В народной медицине плоды барбариса используют как жаропонижающее и жаждоутоляющее средство, а также как приправу к пище.

Шиповник – кустарник из семейства Розоцветные *Rosaceae*. В ущельях, спускающихся к котловине оз. Иссык-Куль, произрастает 6 видов шиповника, из которых для заготовки используется преимущественно один вид – шиповник Альберта (*Rosa alberti* Regel), который распространен в лесах и на их опушках, среди зарослей кустарников по склонам гор и в поймах рек. Плоды шиповника содержат витамины С, Е, Р, каротин, органические кислоты, пектины, дубильные вещества, в семенах содержится жирное масло [3]. Плоды широко используются в народной и научной медицине как поливитаминное средство. Препараты на их основе применяются при авитаминозе (особенно при недостатке витамина С), масле из орешков – при кожных заболеваниях и в косметологии [4].

Ранее А.К. Кудайбергеновой [5] в данном регионе отобраны формы шиповника с перспективными признаками: повышенной урожайностью кустов, размером гипантиев, краткостью вегетации, малошиповатостью побегов, повышенной устойчивостью к болезням и вредителям, устойчивостью к засухе и низкой температуре, высокому содержанию аскорбиновой кислоты.

Рябина. В Прииссыккулье произрастает один вид рябины – рябина тянь-шанская (*Sorbus tianschanica* Rupr.) из семейства розоцветные *Rosaceae*. Цветет в мае-июле, плодоносит в августе-сентябре [2]. Она рас-

пространена до верхних пределов произрастания древесно-кустарниковой растительности на высоте от 1953 до 2359 м н. у. м. Рябина тянь-шанская – дерево высотой 3–5 м. Сырьем для заготовки являются плоды, которые содержат витамины С и А, каротин, органические кислоты, дубильные вещества. Они применяются как витаминное средство, особенно при недостатке каротина, и при заболеваниях печени.

Целью исследования является выявление промышленно значимых территорий дикорастущих плодов барбариса, шиповника и рябины в предгорных и горных районах Иссык-Кульской котловины Кыргызстана.

Материалы и методы исследования

В 2017 и в 2019 гг. нами были обследованы ущелья северного склона Терской Ала-Тоо и южного склона Кунгей Ала-Тоо, спускающиеся к котловине оз. Иссык-Куль. Определены местообитания барбариса, шиповника и рябины, территория их распространения, установлены урожайность, биологический и эксплуатационный запасы плодов.

При проведении исследований использовалась методика М.К. Крыловой и А.И. Шретера (1986) [6], в частности метод модельных экземпляров.

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее нами были обследованы запасы лекарственного сырья термописа туркестанского (*Thermopsis turkestanica* Gand.) и гармалы обыкновенной (*Peganum harmala* L.) в Иссык-Кульской котловине [7]. В данной статье представлены данные по древесно-кустарниковым растениям Иссык-Кульской котловины. В результате наших экспедиционных исследований выявлены 13 местообитаний барбариса круглоплодного площадью от 3 до 384 га каждый. Ширина массивов от 100 до 600 м, длина от 1 до 14 км. Также отмечено 9 местообитаний шиповника Альберта площадью от 3 до 300 га. Барбарис и шиповник почти во всех местообитаниях произрастают совместно на высоте от 1630 до 2673 м н. у. м. Ниже приводится краткая характеристика местообитаний, урожайность и запасы сухих плодов изучаемых видов.

1. Бассейн реки Тосор. Барбарис и шиповник произрастают на высоте 2033 м н. у. м. в караганово-шиповниково-барбарисовой ассоциации. Проективное покрытие кустарниками составляет 90%. Растительность состоит из четырех явно выраженных ярусов. 1 ярус – барбарис круглоплодный (*Berberis sphaerocarpa* Kar.

et Kir.), шиповник Альберта (*Rosa alberti* Regel), шиповник Беггера (*Rosa beggeriana* Schrenk), виды караган (*Caragana* sp.). 2 ярус – чий раскидистый (*Achnatherum caragana* Roshev). 3 ярус – полынь эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.), ломонос джунгарский (*Clematis songarica* Bunge), полыни (*Artemisia* sp.), василистник простой (*Thalictrum simplex* L.), крапива жгучая (*Urtica urens* L.). 4 ярус – осоки (*Carex* sp.), овсяница валлиская (*Festuca valesiaca* Gaudin), лапчатки (*Potentilla* sp.). На 100 м² приходится 1 куст барбариса и 0,8 куста шиповника. Общая площадь барбариса – 7,8 га, шиповника – 3,3 га. Биологический урожай плодов 0,73 т и 0,1 т соответственно (таблица).

2. *Ущелье Барскоон*. Барбарис распространен на высоте от 2066 до 2673 м н. у. м. Это максимальная высота произрастания данного вида. Ассоциация спирейно-барбарисово-шиповниковая. Проектное покрытие кустарниками – 90%. Первый ярус занимает барбарис круглоплодный (*Berberis sphaerocarpa* Kar.et Kir.), высота которого достигает 3 м. Второй ярус высотой до 2,5 м занимают таволга зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), шиповники (*Rosa* sp.), караганы (*Caragana* sp.). Третий ярус – можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), кизильники (*Cotoneaster* sp.). Четвертый ярус – разнотравье: осоки (*Carex* sp.), ковыль волосатик (*Stipa capillata* L.), овсяница валлиская (*Festuca valesiaca* Gaudin), тимьян уменьшенный (*Thymus diminutus* Klok.), фломоидес горный (*Phlomis oreophila* (Kar.et Kir.) Adylov et al.), герань холмовая (*Geranium collinum* Steph. Ex Wild), володушка тянь-шанская (*Bupleurum tianschanicum* Egreyn.), подорожник большой (*Plantago major* L.). На 100 м² произрастает в среднем один куст барбариса с урожайностью 341 г сухих плодов. Общая площадь – 288 га, биологический запас плодов – 9,82 т. На этом же участке, на площади 72 га, произрастает шиповник Альберта. На 1 га в среднем 50 кустов высотой до 2,5 м. Средний урожай плодов с 1 куста – 432 г, биологический запас – 1,56 т.

3. *Бассейн р. Чон-Жаргылчак*. Здесь, на высоте 1630 м н. у. м. отмечен участок площадью 3 га с совместным произрастанием барбариса круглоплодного и шиповника Альберта. Биологический запас плодов 0,11 и 0,08 т соответственно (таблица).

4. *В ущ. Чон Кызыл-Суу* барбарис круглоплодный и шиповник Альберта произрастают на протяжении 10 км по ущелью начиная с 2251 до верхней границы на высоте 2342 м н. у. м. Ассоциация барбарисово-жимолостно-шиповниковая. Проектное покрытие кустарниками 80%. 1 ярус – бар-

барис круглоплодный. 2 ярус – жимолость (*Lonicera* sp.), шиповник Альберта. 3 ярус – разнотравье: аконит белоустый (*Aconitum leucostomum* Worosch.), мята полевая (*Mentha arvensis* L.), манжетка отклоненно-волосистая (*Alchemilla retropilosa* Juz), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.). Плотность расположения кустов барбариса круглоплодного в среднем 1 растение на 100 м². Он занимает площадь 104 га по пойме и склонам гор. Урожайность кустов в среднем 340 г, биологический запас сухих плодов – 3,2 т (таблица).

Шиповник Альберта в данном местообитании встречается преимущественно по дну ущелья узкой полосой и занимает 10,4 га. Продуктивность его – 20 кг/га, биологический запас плодов – 0,21 т (таблица).

5. *Бассейн р. Жети Огуз*. Барбарис распространен в барбарисово-жимолостно-шиповниковой ассоциации на высоте от 1953 до 2144 м н. у. м.

Проектное покрытие кустарниками 85%. Первый ярус занимает ель Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch.et C.A. Mey). Во втором ярусе произрастает рябина тянь-шанская (*Sorbus tianschanica* Rupr.). Третий ярус – кустарники: барбарис круглоплодный (*Berberis sphaerocarpa* Kar.et Kir.), жимолость (*Lonicera* sp.), шиповники (*Rosa* sp.). Четвертый ярус – разнотравье: аконит белоустый (*Aconitum leucostomum* Worosch.), шавель кислый (*Rumex acetosa* L.), мята полевая (*Mentha arvensis* L.), манжетка отклоненно-волосистая (*Alchemilla retropilosa* Juz.), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.). На 100 м² в среднем один куст барбариса. Продуктивность местообитания – 21,3 кг/га. Площадь данного участка 152 га, биологический запас воздушно-сухих плодов – 3,24 т. Шиповник Альберта на этом участке встречается на площади 15,2 га. Биологический запас его плодов незначительный и составляет 0,24 т (таблица).

6. *Жети-Огузское лесное хозяйство, лесничество Жуку*. В 2019 г. выявлен новый участок с обильным произрастанием барбариса на высоте 2238–2279 м н. у. м. на площади 220 га. Ярусность и видовой состав растительности одинаковый с предыдущим участком. Проектное покрытие кустарниками 90%. Плотность кустов барбариса здесь в 3 раза выше, чем на других участках, высота их достигает 3 м. Продуктивность массива – 108 кг/га, биологический запас плодов в воздушно-сухом виде составляет 23,76 т (таблица).

7. *Урочище Арашан, Аксуйский лесхоз*. Барбарис здесь отмечен на высоте от 1894 до 1964 м н. у. м. в шиповниково-барбарисовой ассоциации. Проект-

ное покрытие кустарниками 90%. Первый ярус составляет рябина тянь-шанская (*Sorbus tianschanica* Rupr.). Второй ярус занимают шиповник Альберта (*Rosa alberti* Regel), шиповник Беггера (*Rosa beggeriana* Schrenk), и барбарис круглоплодный (*Berberis sphaerocarpa* Kar.et Kir.). Третий ярус – разнотравье: ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), морковь обыкновенная (*Daucus carota* L.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), фломоидес горный (*Phlomis oreophylla* (Kar.et Kir.) Adylov et

al.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), котовник венгерский (*Nepeeta pannonica* L.), полынь эстрагон (*Artemisia dracuncululus* L.), осоки (*Carex* sp.), клевер земляничный (*Trifolium fragiferum* L.). На 100 м² отмечен 1, реже 2 куста барбариса высотой 2,5–3 м. Средний урожай сухих плодов с одного куста – 910 г. Продуктивность массива с 1 га в среднем, 136,5 кг/га плодов, площадь барбариса – 180 га, биологический запас плодов – 24,57 т (таблица).

Запасы воздушно-сухого сырья плодов барбариса, шиповника и рябины в Иссык-Кульской котловине

№ п/п	Местность	Площадь, га	Продуктивность, кг/га	Биологический запас, т	Эксплуатационный запас, т
Барбарис					
1	Бассейн р. Тосор	7,8	93,8	0,73	0,48
2	Ущ. Барскоон	288	34,1	9,82	6,48
3	Бас. р. Чон-Жаргылчак	3	36,0	0,11	0,07
4	Ущ. Чон Кызыл-Суу	104	30,0	3,12	2,06
5	Бас. р. Жети-Огуз	152	21,3	3,24	2,14
6	Жети-Огузское лесное хозяйство. Жууку	220	108	23,76	15,68
7	Ур. Арашан, Ак-Суйский лесхоз	180	13,6	2,46	1,62
8	Ущ. Каракол	384	16,9	6,49	4,28
9	Бас. р. Ак-Суу	110	21,3	2,34	1,54
10	С. Боз-Учук, северный берег оз. Иссык-Куль	100	16	1,60	1,06
11	Бас. р. Жергалан	60	20	1,20	0,79
12	Ущ. Чон Ак-Суу, Григорьевское лесничество	300	100	30,00	19,80
13	Семеновское ущ., начало	280	30	8,40	5,54
	Итого:	2189		93,27	61,54
Шиповник					
1	Бас. р. Тосор, пойма	3,3	30	0,10	0,07
2	Ущ. Барскоон	72	21,6	1,56	1,11
3	Бас. р. Чон-Жаргылчак	3	25,2	0,08	0,05
4	Ущ. Чон Кызыл-Суу	10,4	20,0	0,21	0,14
5	Жети-Огузское лесное хозяйство. Жууку	570	86,4	18,90	12,47
6	Бас. р. Жети-Огуз	15,2	15,6	0,24	0,16
7	Ущ. Каракол	38,4	21,6	0,83	0,55
8	Ущ. Чон Ак-Суу, Григорьевское лесничество	300	12,0	3,60	2,38
9	Семеновское ущ., начало	28	18	0,50	0,33
	Итого:	1040,3		26,02	17,26
Рябина					
1	Бас. р. Жети-Огуз	4	8,2	0,03	0,02
2	Семеновское ущ. верх	3	810	2,40	1,68
3	Верхнее течение р. Каркыра	22	15,0	0,33	0,22
4	Ущ. Жылуу-Суу, верховье	134	272	36,40	24,02
	Итого:	165		36,84	24,31

8. *Ущ. Каракол.* Барбарис и шиповник произрастают на высоте от 1935 до 2172 м н. у. м. Ассоциация и растительность идентичны ущелю Арашан. На 100 м² барбариса 2 куста, шиповника – в 4 раза меньше. Барбарис занимает 384 га, шиповник – в 10 раз меньше. Продуктивность участка барбариса – 16,9 кг/га, шиповника – 21,6 кг/га, биологический запас плодов – 6,49 и 0,83 т соответственно (таблица).

9. *Бассейн р. Аксуу.* Барбарис встречается на высоте от 1881 до 2033 м н. у. м. на площади 110 га в шиповниково-барбарисовой ассоциации. Проектное покрытие кустарниками 80%. Первый ярус – рябина тянь-шанская. Второй ярус занимает шиповник Беггера и барбарис круглоплодный. Третий ярус – разнотравье: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) совместно с крапивой жгучей (*Urtica urens* L.), полынь эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.). Продуктивность участка – 21,25 кг/га, биологический запас сухих плодов – 2,34 т.

10. *Местность выше с. Боз-Учук, северный берег оз. Иссык-Куль.* Барбарис произрастает на высоте 1899–2192 м н. у. м. на площади 100 га. Ассоциация шиповниково-жимолостно-барбарисовая. Проектное покрытие кустарниками 80%. 1 ярус – кустарники: шиповник Беггера, барбарис круглоплодный, жимолость узкоцветковая (*Lonicera stenantha* Pojark.) и мелколистная (*L. Microphilla* Willd. T. Schult.), смородина Мейера (*Ribes meyeri* Maxim). 3 ярус – разнотравье: крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), аконит белоустый (*Aconitum leucostomum* Worosch.), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), полынь эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinalis* L.). На 1 га приходится в среднем 80 кустов барбариса круглоплодного с урожайностью 200 г сухих плодов. Биологический запас плодов – 1,6 т (таблица).

11. *Бассейн р. Жергалан.* Продуктивный массив барбариса круглоплодного расположен на высоте от 1977 до 2149 м н. у. м. по обе стороны реки на площади 60 га. Совместно с барбарисом произрастает незначительное количество шиповника Альберта. Проектное покрытие кустарниками 75%. Разнотравье состоит в основном из лекарственных растений: аконита белоустого, чемерицы Лобеля, крапивы двудомной, душицы обыкновенной. На 1 га до 80 кустов барбариса, продуктивность 20 кг/га плодов, биологический запас – 1,2 т (таблица).

12. *Ущ. Чон-Ак-Суу.* Участок барбариса и шиповника, пригодный для заготовки, занимает площадь 300 га по всему ущелю по обе стороны реки на протяжении 10 км. Растительность в этом ущелье по ботаническому составу похожа на растительность предыдущих ущелий. Проектное покрытие кустарниками 90%. Кусты барбариса расположены довольно компактно – на 100 м² 5–6 экземпляров. Шиповник встречается реже – 1 куст на 100 м². Продуктивность барбариса 100 кг/га сухих плодов, шиповника – значительно ниже – 12 кг/га. Биологический запас, соответственно 30 и 3,6 т (таблица).

13. *Семеновское ущелье.* Ареал распространения барбариса и шиповника находится в пределах 1850–2359 м н. у. м. на протяжении 14 км по ущелю. Растительность идентична предыдущим местообитаниям. Барбарис занимает площадь 280 га. Шиповник Альберта встречается единичными экземплярами или куртинами по 4–5 штук на площади 28 га и растет совместно с шиповником Беггера и шиповником широкошипом, плоды которых не используются для заготовки. Продуктивность барбариса – 30 кг/га, шиповника – 18 кг/га, биологический запас сухих плодов 8,4 и 0,5 т соответственно (таблица).

Нами выявлено 4 продуктивных местообитания рябины тяньшанской (таблица).

Бассейн р. Жети Огуз. Рябина произрастает на высоте 2144 м н. у. м. совместно с барбарисом круглоплодным и шиповником. На 1 га в среднем 80 деревьев, урожай сухих плодов с 1 дерева 102 г. Площадь наиболее компактного произрастания рябины – 4 га. Биологический запас плодов на данном участке – 32,7 кг.

Семеновское ущелье. Рябина растет компактной группой в верховье ущелья на высоте 2359 м н. у. м. на площади 3 га. Древесно-кустарниковая растительность представлена: 1 ярус – ель Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. et C.A. Mey.), 2 ярус – рябина тяньшанская, 3 ярус – барбарис круглоплодный, шиповник, жимолость. 4 ярус – разнотравье: аконит белоустый, аконит джунгарский, крапива двудомная, клевер ползучий, подорожник большой, манжетка отклоненно-волосистая. На 100 м² отмечено в среднем 5 (3–8) деревьев. На отдельных деревьях обильное плодоношение. Урожай с одного дерева в среднем 1620 г. Биологический урожай – 2,4 т плодов в воздушно-сухом весе.

Верхнее течение р. Каркыра. Рябина встречается по обе стороны дороги на протяжении 11 км на высоте от 2215 до 2570 м н. у. м. На склоне, спуска-

ющемся к реке, рябина часто растет в труднодоступных местах. Общая площадь местообитания – 22 га. На 100 м² приходится 1 дерево с урожайностью в среднем 150 г сухих плодов, биологический запас – 0,33 т.

Ущ. Жылуу-Суу. В верхней части ущелья, на высоте 2317 м н. у. м., рябина растет среди кустарниковой растительности – барбариса круглоплодного, шиповника Альберта, смородины Мейера. На 100 м² отмечено 1 дерево, средняя урожайность 2728 г. Площадь местообитания – 134 га, биологический урожай – 36,4 т.

Также единичные экземпляры рябины тянь-шанской встречаются в поймах рек в ущельях Арашан, Ак-Суу, Чон Ак-Суу.

Полученные результаты по запасам дикорастущих плодов барбариса, шиповника и рябины представлены в таблице.

Как видно из таблицы, наибольшую площадь занимает барбарис круглоплодный – 2189 га, в 2 раза меньшую – 1004,3 га – шиповник Альберта и всего 165 га – рябина тянь-шанская.

Биологический запас плодов барбариса составляет 93,27 т, эксплуатационный на треть меньше – 61,54 т. В ущелье Каракол установлена наибольшая площадь барбариса – 384 га с биологическим запасом всего 6,49 т, в то время как в ущ. Чон Ак-Суу на площади 300 га биологический запас плодов составляет 30 т. Эксплуатационный запас в этом местообитании – 19,8 т. Продуктивность местообитаний от 13,6 до 100 кг/га.

Биологический запас шиповника Альберта на всех изученных участках составляет 26,02 т, а эксплуатационный – 17,26 т. Максимальный биологический запас (18,9 т) нами отмечен в лесничестве Жууку в Же-

ти-Огузском лесном хозяйстве на площади 570 га. Эксплуатационный запас – 12,47 т.

Выявленный запас плодов рябины тянь-шанской на площади 165 га обеспечивает общий биологический запас плодов 36,84 т и эксплуатационный – 24,31 т.

Заключение

Таким образом, в предгорных и горных районах Иссык-Кульской котловины Кыргызстана нами обнаружены промышленно значимые объемы плодов барбариса, шиповника и рябины. Этими данными могут воспользоваться заготовительные учреждения и организации, также перерабатывающие фармацевтические и промышленные предприятия Кыргызстана.

Список литературы

1. Лазыков Г.А., Султанова Б.А. Кадастр флоры Кыргызстана. Сосудистые растения. Бишкек, 2014. 125 с.
2. Лазыков Г.А. Древесные растения Кыргызстана. Бишкек, 2017. 336 с.
3. Ходжиматов М. Дикорастущие лекарственные растения Таджикистана. Душанбе: Гл. научная редакция Таджикской Советской энциклопедии, 1989. 368 с.
4. Айзенман С., Зауров Д.Э., Шалпыков К.Т., Струве Л. Лекарственные растения Средней Азии: Узбекистан и Кыргызстан. Бишкек: Изд-во «Имак-Офсет», 2014. 431 с.
5. Кудайбергенова А.К. Биологические особенности *Rosa acicularis* Lindl. в условиях Иссык-Кульской области Кыргызстана: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Бишкек, 2012. 23 с.
6. Крылова М.К., Шретер А.И. Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений. М.: ВИЛР, 1986.
7. Шалпыков К.Т., Рогова Н.А., Долотбаков А.К. Запасы лекарственного сырья термопсиса туркестанского (*Thermopsis turkestanica* Gand.) и гармалы обыкновенной (*Peganum harmala* L.) в Иссык-Кульской котловине Кыргызстана // Инновационное развитие экономики: материалы Второго Крымского инновационного форума. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. С. 137–142.

СТАТЬЯ

УДК 579.64

**ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИЕ БАКТЕРИИ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОУДОБРЕНИЯ ПОД КОРМОБОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ****Смирнова И.Э., Саданов А.К.***ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии»,
Алматы, e-mail: iesmirnova@mail.ru*

Проведен сбор образцов почв и целлюлозосодержащих природных субстратов из ризосферы здоровых растений донника и люцерны в Алматинской области Казахстана. В общей сложности было собрано 84 образца, из них 46 образцов почвы и 38 образцов растительных остатков (разложившиеся листья, стебли и корешки растений). В лабораторных условиях проведено выделение целлюлолитических бактерий. Установлена высокая численность этой группы бактерий в почвах на полях донника и люцерны, которая колебалась от 10^4 до 10^5 КОЕ/г почвы в зависимости от района сбора почв. Чистые культуры бактерий были получены путем длительных пересевов культур на агаризованную среду Гетчинсона с целлюлозой, взятой в качестве единственного источника углерода и энергии, и последующего выделения бактерий из отдельных колоний. Выделено 54 чистые культуры целлюлолитических бактерий. Изучены их основные культурально-морфологические и биохимические признаки. Установлено, что в свойствах этих бактерий имелись существенные отличия. На основе культурально-морфологических и биохимических свойств поведена их идентификация и установлено таксономическое положение. Показано, что выделенные бактерии относятся к родам *Bacillus*, *Bacterium*, *Pseudomonas* и *Cellulomonas*. Поведен первичный скрининг 54 чистых культур бактерий по признаку целлюлазной активности. В результате скрининга было отобрано 10 штаммов бактерий, обладающих средней и высокой степенью целлюлазной активности. Отобранные штаммы бактерий могут быть использованы для создания биопрепаратов, повышающих всхожесть семян кормовых культур донника и люцерны.

Ключевые слова: целлюлолитические бактерии, почва, целлюлозосодержащие природные субстраты, выделение, чистые культуры, целлюлазная активность

**CELLULOLYTIC BACTERIA PROMISING FOR CREATING
BIOFERTILIZERS FOR FORAGE LEGUMES CROPS****Smirnova I.E., Sadanov A.K.***LLC «Research and Production Center for Microbiology and Virology»,
Almaty, e-mail: iesmirnova@mail.ru*

The collection of samples of soils and cellulose-containing natural substrates from the rhizosphere of healthy melilot and alfalfa plants in the Almaty region of Kazakhstan was carried out. 84 samples were collected, of which 46 – soil samples and 38 – plant residues (decomposed leaves, stems and roots). The isolation of cellulolytic bacteria was carried out in laboratory conditions. A high number of this group of bacteria was found in soils in the fields of melilot and alfalfa, which varied from 10^4 to 10^5 CFU/g soil, depending on the area of soil collection. Pure cultures of bacteria were obtained by long-term inoculation of cultures on Hutchinson's agar medium with cellulose taken as the only source of carbon and energy, and subsequent isolation of bacteria from individual colonies. 54 pure cultures of cellulolytic bacteria were isolated. Their main cultural, morphological and biochemical properties were studied. It was shown that bacteria had significant differences in these properties. The isolated cultures were found to belong to the genera *Bacillus*, *Bacterium*, *Pseudomonas* and *Cellulomonas*. The primary screening of 54 pure cellulolytic bacteria was performed on the basis of cellulase activity. As a result of the screening, 10 strains of bacteria with medium and high degree of cellulase activity were selected. Selected bacterial strains can be used to create biological products that increase the germination of forage legumes crops melilot and alfalfa seeds.

Keywords: cellulolytic bacteria, soil, cellulose-containing substrates, isolation, pure cultures, cellulase activity

Животноводство является основным фактором, способствующим развитию национального благосостояния различных стран мира. Так, по данным ФАО, животноводство составляет половину сельскохозяйственной продукции и обеспечивает население продовольственными и непродовольственными товарами (шерстью, кожей, шкурами), которые составляют около 20% сельскохозяйственного ВВП [1]. Основным сдерживающим фактором развития животноводства многих стран

мира является недостаточность кормовой базы [2]. Получение полноценных и дешевых кормов возможно путем развития кормопроизводства с использованием кормовых культур, которые дают большой урожай зеленой массы с высоким содержанием протеина [3]. Основными кормовыми культурами являются люцерна и донник [4]. Люцерна, одна из наиболее ценных кормовых культур, отличается долголетием, многоукосностью и дает высокий урожай зеленой массы.

Корма из люцерны богаты растительным белком, который содержит необходимые аминокислоты, каротин, кальций, витамин и другие важные элементы питания [5]. Другой не менее важной культурой является донник, который недостаточно используется в кормопроизводстве. Донник обладает комплексом ценных хозяйственных и эколого-биологических особенностей: нетребователен к почвам, обладает зимостойкостью, дает высокий урожай раннего корма в засушливых условиях и является солеустойчивой культурой [6]. Помимо высокой кормовой ценности, эти культуры способствуют накоплению биологического азота и гумуса в почве. Однако при выращивании донника и люцерны существует проблема низкой всхожести семян, связанная с тем, что семена этих культур имеют очень плотную и твердую оболочку, препятствующую их прорастанию (твердость семян) [7].

Для решения проблемы низкой всхожести семян применяются различные способы. Наиболее часто используют скарификацию – механическое разрушение оболочки семян с использованием специальных машин – скарификаторов [8]. Однако при применении этого способа очень часто происходит повреждение эндосперма и зародыша семян, что приводит к их поражению фитопатогенами, вызывает плесневение и загнивание проростков и, как следствие, приводит к гибели большей части посевного материала. Также скарификация – это дорогостоящий процесс, требующий специального оборудования, значительных материальных и энергетических затрат. Одним из наиболее перспективных решений этой проблемы является применение биологических препаратов на основе целлюлолитических бактерий для повышения всхожести семян. Эти бактерии синтезируют особые ферменты – целлюлазы, которые способны частично нарушать целостность твердой оболочки семян и тем самым повышать их всхожесть. Для разработки биопрепаратов такого действия необходимо выделить целлюлолитические бактерии из природных субстратов и получить новые штаммы с высокой целлюлазной активностью.

Целями настоящего исследования были выделение из природных источников целлюлолитических бактерий, получение чистых культур, изучение их основных культуральных и биохимических свойств и отбор наиболее активных штаммов, перспективных для создания биоудобрения под кормобобовые культуры донник и люцерну.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили целлюлолитические бактерии, выделенные из образцов почв и целлюлозосодержащих растительных остатков (разложившихся стеблей, листьев, корешков растений), собранных на полях донника и люцерны в Алматинской области Казахстана.

Полевой сбор почв проводили в соответствии с ГОСТ [9]. Точечные пробы (в количестве 5 штук) отбирали на пробной площадке из одного почвенного горизонта (8–10 см) методом конверта. Объединенную пробу составляли путем смешивания пяти точечных проб массой от 200 до 250 г каждая, отобранных на одной пробной площадке. Образцы почв для выделения микроорганизмов отбирали с соблюдением правил асептики. Сбор целлюлозосодержащих разложившихся растительных остатков из ризосферы растений проводили стерильным пинцетом и помещали в стерильную тару.

Целлюлолитические бактерии выделяли на селективной среде Гетчинсона с фильтровальной бумагой, взятой в качестве единственного источника углерода и энергии. Для выделения бактерий 15 г почвы разводили в 90 мл дистиллированной стерильной воды и перемешивали в шейкере при 180 об/мин в течение 2 ч. Далее проводили серию разведений, переносив 1 мл полученной суспензии в пробирку, содержащую 9 мл стерильной воды, и так до разведения 10^{-8} . Посев микроорганизмов проводили из разведений 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} и 10^{-8} в чашки Петри с агаризованной средой Гетчинсона, на поверхность которой помещали стерильную фильтровальную бумагу. Объем посевного материала составлял 1 мл почвенной суспензии. При выделении бактерий из разложившихся природных субстратов на фильтровальную бумагу помещали кусочки величиной 1–2 мм. Затем фильтровальную бумагу и кусочки субстратов увлажняли жидкой средой Гетчинсона [10]. Каждое разведение высевали в пятикратной повторности. Засеянные чашки инкубировали в термостате при 28°C в течение 10 дней [11].

Чистые культуры бактерий получали путем ряда последовательных пересевов на среду Гетчинсона с полоской фильтровальной бумаги (1×10 см) и на агаризованную среду с водорастворимой целлюлозой – Na-карбоксиметилцеллюлозой (Na-CMC).

Культивирование целлюлолитических бактерий проводили на жидкой селективной среде Гетчинсона в шейкере при 180 об/мин и на твердых питательных средах (среде Гетчинсона, МПА) при температуре 28°C .

Учет численности целлюлолитических бактерий в почве проводили методом предельных разведений. Культивирование целлюлолитических бактерий осуществляли в шейкере-инкубаторе при 28 °C и 180 об/мин.

Чистоту культур микроорганизмов проверяли визуально и под микроскопом. Микроскопический контроль осуществляли с препаратами живых и фиксированных окрашенных клеток при помощи светового микроскопа с выходом на монитор компьютера.

Культуральные и физиолого-биохимические свойства для идентификации целлюлолитических бактерий исследовали по стандартным методикам [12].

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета программ «STATISTICA 10.0» [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Для выделения целлюлолитических бактерий был проведен сбор образцов почв и целлюлозосодержащих растительных остатков (разложившихся стеблей, листьев, корней растений) на полях Алматинской области Казахстана. В общей сложности было собрано 84 образца природных субстратов, из них 46 образцов почвы и 38 целлюлозосодержащих растительных остатков. Образцы отбирали с соблюдением правил асептики.

Отбор почв и растительных остатков проводили на полях крестьянских хозяйств с высоким уровнем агротехники выращивания донника и люцерны. Из собранных образцов в лабораторных условиях на селективной среде Гетчинсона с фильтровальной бумагой осуществляли выделение целлюлолитических бактерий.

Установлено, что численность целлюлолитических бактерий в почвенных образцах была высокой и колебалась пределах от 10^4 до 10^5 КОЕ г/почвы (табл. 1).

Высокая численность целлюлолитических бактерий в почве является одной из ее положительных характеристик, так как известно, что именно представителям этой группы микроорганизмов принадлежит основная роль в круговороте углерода в природе и они отвечают за поддержание плодородия почвы. Также высокое содержание целлюлолитических бактерий в почве свидетельствует о высокой агротехнике ведения сельского хозяйства. Кроме того, целлюлолитические бактерии, находясь в почве, обогащают ее легкодоступными элементами питания, делают почву плодородной и поставляют растениям продукты своей жизнедеятельности, такие как ферменты, витамины, аминокислоты и иные, что положительно влияет на урожайность агрокультур [14, 15].

В лабораторных условиях из собранных образцов почвы и растительных остатков было проведено выделение целлюлолитических бактерий. Получение чистых культур бактерий осуществляли путем последовательных пересевов на среду Гетчинсона с полоской фильтровальной бумаги и длительным пассированием на твердой агаризованной среде Гетчинсона с Na-KMЦ до образования отдельно стоящих колоний, из которых выделяли чистые культуры бактерий.

Чистоту выделенных бактерий проверяли визуально и под микроскопом. В результате проведенной работы было выделено 54 чистые культуры целлюлолитических бактерий. Далее были изучены их основные культурально-морфологические и биохимические признаки.

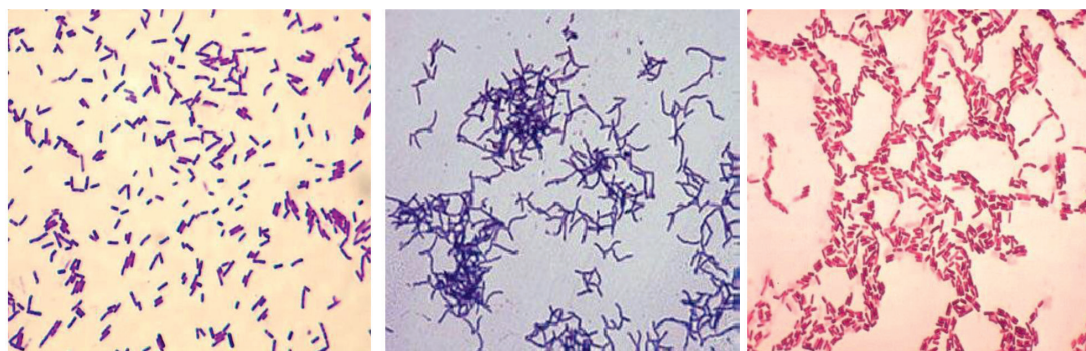
Установлено, что выделенные культуры бактерий имели существенные отличия в культурально-морфологических свойствах. Колонии бактерий, в основном, были круглые с выпуклым профилем и ровным краем, от 1,1 до 2,7 мм в диаметре с мелкозернистой структурой. Цвет колоний был преимущественно молочный, кремовый, консистенция колоний различалась.

Таблица 1

Численность целлюлолитических бактерий в почвах на полях с донником и люцерной в (Алматинская область, Казахстан, 2020 г.)

Почва	Численность микроорганизмов, КОЕ г/почвы	
	ОМЧ*	ЦЛБ**
Енбекшиказахский район	$2,7 \pm 0,2 \times 10^8$	$3,3 \pm 0,2 \times 10^5$
Карасайский район	$3,9 \pm 0,3 \times 10^7$	$4,1 \pm 0,1 \times 10^4$
Талгарский район	$4,6 \pm 0,32 \times 10^8$	$2,8 \pm 0,2 \times 10^5$

Примечание: уровень доверительной вероятности $p \leq 0,05$; * – общее микробное число; ** – целлюлолитические бактерии.



Формы клеток целлюлолитических бактерий (ув. $\times 1800$)

Исследование морфологии клеток показало, что целлюлолитические бактерии были как спорообразующими бактериями, так и неспорообразующими. Однако спорообразующие бактерии встречались значительно чаще. Форма клеток бактерий была, в основном, палочковидная, у некоторых штаммов с возрастом клетки приобретали кокковидную форму. Бактерии были преимущественно грамположительными подвижными палочками, реже встречались грамотрицательные культуры (рисунок).

Исследование биохимических признаков бактерий показало, что все исследуемые культуры были каталазоположительными, аэробными или факультативными анаэробными бактериями. Установлено, что штаммы бактерий характеризовались различной способностью использовать соединения углерода для своего конструктивного и энергетического метаболизма.

На основе изучения культурально-морфологических и биохимических признаков выделенные культуры целлюлолитических бактерий были идентифицированы и отнесены к родам *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Bacterium* и *Cellulomonas*.

Далее был проведен первичный скрининг бактерий по признаку активности целлюлитических ферментов. В работе использовали метод, основанный на гидролизе водорастворимой целлюлозы целлюлолитическими бактериями.

Первичный скрининг целлюлолитических бактерий показал, что из 54 чистых культур только 20 штаммов обладают повышенной активностью целлюлаз. Результаты целлюлазной (КМЦ-аза) активности наиболее перспективных штаммов представлены в табл. 2.

Из данных табл. 2 следует, что из 20 штаммов бактерий 10 культур характеризовались средним уровнем активности целлюлаз (3,1–3,5 ед/мл), 6 штаммов обладали ак-

тивностью выше средней (3,6–4,4 ед/мл) и 4 штамма (С-21Е, С-21N2, С-21(8)N, С-22TN) характеризовались высокой активностью целлюлаз (4,5–4,6 ед/мл). Для дальнейшей работы были отобраны 10 штаммов бактерий, у которых активность целлюлаз была выше средней и высокой.

Таблица 2

Изучение целлюлазной активности штаммов бактерий

Штаммы бактерий	КМЦ-азная активность, ед/мл
С- 02Е	3,1 $\pm$ 0,01
С-08К	3,3 $\pm$ 0,03
С-08N	3,4 $\pm$ 0,02
С-09К	3,0 $\pm$ 0,01
С-14Т	3,5 $\pm$ 0,02
С-18Т	3,7 $\pm$ 0,02
С-20/2К	3,1 $\pm$ 0,01
С-20/3К	3,6 $\pm$ 0,02
С-20Т	4,2 $\pm$ 0,03
С-21Е	4,5 $\pm$ 0,02
С-21N2	4,6 $\pm$ 0,01
С-21(8)N	4,5 $\pm$ 0,03
С-21(1)N	3,8 $\pm$ 0,02
С-22Т	3,4 $\pm$ 0,01
С-22TN	4,6 $\pm$ 0,02
С-33К	3,3 $\pm$ 0,01
С-34N	4,0 $\pm$ 0,01
С-36Е	4,1 $\pm$ 0,02
С-46К	4,1 $\pm$ 0,02
С-54Т	4,2 $\pm$ 0,02

Примечание: уровень достоверной вероятности $p \leq 0,01$.

Заключение

Таким образом, проведен сбор образцов почв и целлюлозосодержащих раститель-

ных остатков на полях Алматинской области Казахстана. В общей сложности было собрано 84 образца, из них 46 образцов почв и 38 образцов целлюлозосодержащих растительных остатков. В лабораторных условиях из собранных образцов провели выделение целлюлолитических бактерий на селективной среде Гетчинсона. В результате проведенной работы было выделено 54 чистые культуры целлюлолитических бактерий. Провели изучение их основных культурально-морфологических и биохимических признаков, которое позволило определить таксономическую принадлежность целлюлолитических бактерий. Установлено, что выделенные культуры целлюлолитических бактерий относятся к родам *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Bacterium* и *Cellulomonas*. Проведен первичный скрининг бактерий по признаку целлюлазной активности. Установлено, что из 54 культур только 20 штаммов бактерий обладали повышенной активностью целлюлаз. В результате скрининга отобрано 10 штаммов бактерий, обладающих средней и высокой степенью целлюлазной активности. Отобраные для дальнейших исследований штаммы целлюлолитических бактерий будут использованы для создания биопрепаратов, повышающих всхожесть семян донника и люцерны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках грантового проекта AP08855656.

Список литературы

- 1 Lovell S.J. Sustainable animal agriculture: the role of economics in recent experience and future challenges. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/3/t0582e/T0582E06.htm> (дата обращения: 12.01.2021).
- 2 Красовская А., Веремей Т. Особенности биологии и технологии возделывания кормовых бобов. [Электронный ресурс]. URL: <http://agrotime.info/?p=15619> (дата обращения: 15.01.2021).
- 3 Kulkarni K.P., Tayade R., Asekova S., Song J.T., Shannon J.G., Lee J.D. Harnessing the potential of forage legumes, alfalfa, soybean, and cowpea for sustainable agriculture and global food security. *Front. Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 1314. DOI:10.3389/fpls.2018.01314.
- 4 Roy A.K., Malaviya D.R., Kaushal P. Genetic improvement of fodder legumes especially dual purpose pulses. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2016. Vol. 76(4). P. 608–625. DOI: 10.5958/0975-6906.2016.00076.6.
- 5 Соболева Н.В., Бабичева И.А., Карамеев С.В., Карамеева А.С. Качество кормов из люцерны посевной и козлятника восточного // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 5(61). С. 103–105.
- 6 Тимошкин О.А., Тимошкина О.Ю. Селекция донника двулетнего // *Нива Поволжья*. 2012. № 1. С. 63–67.
- 7 Косолапов В.М., Костенко С.И., Пилипко С.В. Направления и задачи селекции кормовых трав в России // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. № 2. С. 21–24. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10205.
- 8 Ли А., Алланиязов С.У., Рузиев Ш.Н. О физико-механических свойствах и приемах уборки и очистки семян люцерны // *Агроинженерия*. 2018. № 3(85). С. 17–24.
- 9 ГОСТ 17.4.4.02-84 – Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического анализа. М.: Стандартиформ, 2008. 142 с.
- 10 Егорова Н.С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М.: МГУ, 1995. 224 с.
- 11 Saha B., Roy S., Hossen F. Isolation and identification of cellulolytic bacteria from soil sample and their antibiogram. *American Journal of Microbiological Research*. 2019. Vol. 7(3). P. 83–90. DOI: 10.12691/ajmr-7-3-3.
- 12 Ившина И.Б. **Большой практикум по микробиологии**. СПб.: Наука, 2014. 112 с.
- 13 Боровиков В.П. **Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA**. М.: Stat Soft, 2013. 268 с.
- 14 Шмидт К.Н., Худайгулов Г.Г. Выделение новых штаммов-деструкторов целлюлозы, их роль в снижении антропогенной нагрузки на экосистему // *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2016. № 4. С. 54–63.
- 15 Саданов А.К., Смирнова И.Э. Целлюлолитические бактерии и их применение в сельском хозяйстве. Караганда: Литера, 2015. 260 с.

СТАТЬЯ

УДК 631.67:631.95:631.46

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ
ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕННОСТИ**¹Ходжимуродова Н.Р., ²Хакимова Н.Х., ²Тагаева М.В., ¹Камилов Б.С.¹Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент;²Бухарский государственный университет, Бухара, e-mail: jamolbek1986@mail.ru

В статье рассматриваются некоторые особенности ферментативной активности староорошаемых и новоорошаемых лугово-аллювиальных почв Бухарского оазиса. Определение факторов, вызывающих засоление, его предотвращение, а также сохранение, воспроизводство плодородия и рациональное использование в сельском хозяйстве засоленных почв, в условиях постоянного увеличения площади засоленных почв в результате естественных процессов и антропогенного влияния являются приоритетными задачами. Как показывают результаты исследований, микробиологические свойства почв изменяются под влиянием засоления. Вместе с этим наблюдается изменение количества микроорганизмов в зависимости от сезона. Разнообразие физических и химических свойств исследуемых почв отражается и в распространении почвенных ферментов. Согласно результатам исследований наблюдалось значительное изменение количества изученных микроорганизмов в зависимости от степени засоления. Неблагоприятные климатические условия исследуемого региона, такие как высокие летние температуры, низкая относительная влажность воздуха, быстрое испарение влаги из почвы и низкое содержание органического вещества, приводят к снижению микробиологической активности этих почв. Таким образом, интенсивная деятельность микроорганизмов приходится на весенний период, летом их деятельность самая слабая и к осени их численность значительно повышается.

Ключевые слова: засоление, староорошаемое, новоорошаемое, аммонификаторы, грибы, нитрификаторы, азотфиксаторы, денитрификаторы, маслянокислые бактерии

**BIOLOGICAL ACTIVITY OF IRRIGATED MEADOW-ALLUVIAL SOILS
DEPENDING ON THE DEGREE OF SALINATION**¹Khodzhimurodova N.R., ²Khakimova N.Kh., ²Tagaeva M.V., ¹Kamilov B.S.¹Tashkent State Agrarian University, Tashkent;²Bukhara State University, Bukhara, e-mail: jamolbek1986@mail.ru

The article discusses some features of the enzymatic activity of old-irrigated and newly-grown meadow-alluvial soils of the Bukhara oasis. determination of the factors causing salinization, its prevention, as well as preservation, reproduction of fertility and rational use of saline soils in agriculture, in conditions of a constant increase in the area of saline soils as a result of natural processes and anthropogenic influence, are priority tasks. As the results of studies show, the microbiological properties of soils change under the influence of salinity. Along with this, there is a change in the number of microorganisms depending on the season. The variety of physical and chemical properties of the studied soils is reflected in the distribution of soil enzymes. According to the research results, there was a significant change in the number of studied microorganisms depending on the degree of salinity. Unfavorable climatic conditions of the studied region, such as high summer temperatures, low relative air humidity, rapid evaporation of moisture from the soil and low organic matter content, lead to a decrease in the microbiological activity of these soils ... Thus, the intensive activity of microorganisms occurs in the spring, in summer their activity is the weakest, and by autumn their number increases significantly.

Keywords: salinization, old irrigated, new irrigated, ammonifiers, mushrooms, nitrifies, denitrifies, oil oxidation bacteria

На сегодняшний день в мире засоленные почвы занимают огромные площади – около 25 % всей поверхности суши. Значительные массивы засоленных почв находятся в Средней Азии, на западе США, в особо засушливых районах Южной Америки и Австралии, в Северной Африке. При этом особенно высокой степенью засоленности отличаются почвы пустынных и полупустынных зон, в условиях засушливого и аридного климата. Поэтому определение факторов, вызывающих засоление, его предотвращение, а также сохранение, воспроизводство плодородия и рациональное использование в сельском хозяйстве засоленных почв, в ус-

ловиях постоянного увеличения площади засоленных почв в результате естественных процессов и антропогенного влияния, являются приоритетными задачами.

Микроорганизмы производят огромную работу в почве по разложению растительных и животных остатков и образованию гумуса [1, 2]. Плодородие почвы напрямую зависит от ее физико-химических свойств, гумусового слоя, содержащихся в ней органических и минеральных веществ и в особенности от набора, количества и биологической активности в ней различных полезных микроорганизмов. Известно, что в обеспечении высокого пло-

дородия орошаемых земель прежде всего участвуют гумусовые вещества, микроорганизмы, принадлежащие к различным таксономическим группам, содержащиеся в них, и широко распространенные одноклеточные простейшие животные, водоросли, азот, фосфор, калий, кальций, медь и подобные элементы. Конечно, большое значение имеют также физико-химическая структура почвы, ее расположение в различных географических широтах, степень освоенности, метеорологические условия, сезоны года и другие свойства. Полнота выполнения всех указанных условий влияет не только на эффективность выращивания, но и на количество и качество получаемого урожая, на скороспелость, на профилактику пораженности растений болезнями [3, 4].

Кроме того, объем потребляемой воды на каждом гектаре земли увеличивается из-за конденсации орошаемых луговых почв, недостатка органических веществ. Если потребность в воде почв с достаточным количеством органического вещества требовала 900–1100 м³/га воды для орошения в один раз, то в современных условиях требуется вода до 1400–1600 м³/га. Такая потребность в оросительной воде в условиях дефицита воды принесет большой вред эффективности и аграрной экономике самозанятости хлопчатника [5, 6]. В этих случаях необходимо немедленно найти научно-практическое решение, дать биологически активные и неповрежденные природные вещества семенам, предназначенным для орошаемых земель, и провести их обработку новым способом, снизить количество минеральных удобрений, создать и внедрить эффективные технологии, повышающие биологическую активность почв. [7]. В Бухарской области посевные площади ежегодно моют 1–2 марта. В результате из пласта плодородной почвы вымываются водорастворимые необходимые питательные вещества, или грунтовые воды используются для ее перемещения в пасту земли [8]. Исходя из вышеизложенного, изучение влияния засоления на микробиологическую и ферментативную активность умеренно орошаемых луговых почв, а также на урожайность хлопчатника является актуальной проблемой.

Целью исследования является изучение биологической активности и гумусного состояния староорошаемых и новоорошаемых лугово-аллювиальных почв Бухарского оазиса, в различной степени засоленных. Нами изучена ферментативная активность засоленных лугово-аллювиальных почв в сезонной динамике.

Материалы и методы исследования

В экспериментах использовались профильно-генетические, сравнительно-географические и химико-аналитические методы. Анализы выполнялись по методическим указаниям «Методы почвенной микробиологии и биохимии», «Методы почвенной энзимологии», «Биологическая диагностика и индикация почв: методика и методы исследования», «Методические указания по химическому анализу почв». Математико-статистический анализ (Б.А. Доспехов). Полученных данных методом дисперсии с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Как показывают результаты исследований, микробиологические свойства почв изменяются под влиянием засоления. Вместе с этим наблюдается изменение количества микроорганизмов в зависимости от сезона. Разнообразие физических и химических свойств исследуемых почв отражается и в распространении почвенных микроорганизмов. Согласно результатам исследований, наблюдалось значительное изменение количества изученных микроорганизмов в зависимости от степени засоления.

В средне засоленной лугово-аллювиальной почве актиномицеты, от весны до осени в 0–30 см слое составляют $3,0 \times 10^5 - 5,3 \pm 0,12, 2 \times 10^5$ $5,2 \pm 0,2$ КОЕ/г, в 30–60 см слое они выявлены только осенью, $2,2 \times 10^3, 4,2 \pm 0,2$ КОЕ/г, аммонификаторы, от $2,2 \times 10^4, 2 \pm 0,2$ до $1,5 \times 10^4, 1 \pm 0,2$ КОЕ/г, в 30–60 см слое не обнаружены. Фосформобилизующие выявлены только в 0–30 см слое $2,0 \times 10^4, 4,2 \pm 0,1$ КОЕ/г, в 30–60 см слое они не выявлены, Олигонитрофилы обнаружены только в верхнем слое и составило $2,2 \times 10^5, 5,2 \pm 0,21, 5 \times 10^4, 1 \pm 0,2$ КОЕ/г, в 30–60 см слое они выявлены.

В слабо засоленной лугово-аллювиальной почве картина другая, как показывают данные, микрофлора немного интенсивнее. Большое количество актиномицетов 0–30 и 30–60 см слое составляет $5,2 \times 10^5, 5,5 \pm 0,26, 0 \times 10^5, 5,6 \pm 0,3$ КОЕ/г, в 30–60 см слое только весной они не выявлены. Аммонификаторы были активны весной и осенью (табл. 1) Фосформобилизующие выявлены только в 0–30 см слое $5,5 \times 10^3, 3,7 \pm 0,3$ КОЕ/г, в 30–60 см слое они не выявлены. Олигонитрофилы обнаружены только в верхнем слое и составили $2,2 \times 10^5, 5,2 \pm 0,21, 5 \times 10^5, 5,1 \pm 0,2$ КОЕ/г, в 30–60 см слое они выявлены. Высокое количество олигонитрофилов обнаружено летом, $7,5 \times 10^4, 4,7 \pm 0,2$ КОЕ/г.

Таблица 1

Микрофлора лугово-аллювиальных почв по степени засоления и в зависимости от сезона

Микроорганизмы	Глубина, см	Лугово-аллювиальная почва, средне засоленная			Лугово-аллювиальная почва, слабо засоленная		
		весна	лето	осень	весна	Лето	осень
Актиномицеты, КОЕ/г	0–30	$3,0 \times 10^5$ $5,3 \pm 0,1$	$1,5 \times 10^4$ $4,1 \pm 0,2$	$2,2 \times 10^5$ $5,2 \pm 0,2$	$2,2 \times 10^4$ $4,2 \pm 0,2$	$5,2 \times 10^5$ $5,5 \pm 0,2$	$1,5 \times 10^4$ $3,1 \pm 0,2$
	30–60	– –	– –	$2,2 \times 10^3$ $4,2 \pm 0,2$	– –	$6,0 \times 10^5$ $5,6 \pm 0,3$	$2,2 \times 10^5$ $6,2 \pm 0,2$
Аммонификаторы, КОЕ/г	0–30	$2,2 \times 10^4$ $4,2 \pm 0,2$	$2,2 \times 10^4$ $4,2 \pm 0,2$	$1,5 \times 10^4$ $4,1 \pm 0,2$	$1,5 \times 10^5$ $5,1 \pm 0,1$	$3,7 \times 10^5$ $5,3 \pm 0,2$	$5,5 \times 10^3$ $3,7 \pm 0,2$
	30–60	– –	– –	– –	$7,5 \times 10^4$ $4,7 \pm 0,3$	– –	$6,5 \times 10^3$ $3,7 \pm 0,3$
Фосформобилизующие, КОЕ/г	0–30	$2,0 \times 10^4$ $4,2 \pm 0,1$	– –	– –	$3,0 \times 10^4$ $4,3 \pm 0,1$	$1,5 \times 10^4$ $4,1 \pm 0,2$	$5,5 \times 10^3$ $3,7 \pm 0,3$
	30–60	– –	– –	– –	– –	– –	– –
Олигонитрофилы, КОЕ/г	0–30	$2,2 \times 10^5$ $5,2 \pm 0,2$	$1,5 \times 10^4$ $4,1 \pm 0,2$	$1,1 \times 10^3$ $3,1 \pm 0,1$	$2,2 \times 10^5$ $5,2 \pm 0,2$	$7,5 \times 10^4$ $4,7 \pm 0,2$	$1,5 \times 10^5$ $5,1 \pm 0,2$
	30–60	– –	– –	– –	– –	– –	– –

Как свидетельствуют данные, большое количество микрофлоры принадлежит староорошаемым лугово-аллювиальным почвам слабой засоленности. Слабое развитие микрофлоры принадлежит новоорошаемым, лугово-аллювиальным почвам, сильной и очень сильной засоленности, так как в объекте растительность скудная, органическое вещество мало накапливается. В верхних горизонтах, которые достаточно обеспечены гумусом, азотом и кислородом, большое количество микрофлоры, в нижних горизонтах их количество уменьшается.

Неблагоприятные климатические условия исследуемого региона, такие как высокие летние температуры, низкая относительная влажность воздуха, быстрое испарение влаги из почвы и низкое содержание органического вещества, приводят к снижению микробиологической активности этих почв. Таким образом, интенсивная деятельность микроорганизмов приходится на весенний период, летом их деятельность самая слабая и к осени их численность значительно повышается.

В качестве негативных факторов, способствующих развитию процессов деградации в орошаемых почвах, можно перечислить засоление, уплотнение подпахотного горизонта, уменьшение содержания гумуса и питательных элементов. При решении таких проблем в первую очередь учитываются почвенно-климатические условия региона и агрофизические особенности почв.

Минерализация гумуса в орошаемых почвах особенно в первых этапах орошения достигает больших размеров, где происходит усиление минерализации над процесса-

ми гумификации общеизвестно, что гуминовые кислоты – это высокомолекулярные азотосодержащие органические вещества, образующиеся при разложении отмерших растений и животных, окрашенные в черный или коричнево-черный цвет. Гуминовые кислоты высокомолекулярные (имеют молекулярную массу от 400 до 1000000) кислоты практически нерастворимые в воде и минеральных кислотах, растворимы в щелочах, аммиаке, соде, пирфосфате натрия. Они под влиянием этих растворов образуют коллоидные растворы темной окраски. Из растворов эти кислоты хорошо осаждаются под влиянием минеральных кислот, солями железа, кальция, магния в виде аморфного осадка [9, 10].

Орошение изменяет природное состояние почвенной влаги, тепла, количество и качество микроорганизмов, степень использования солнечной энергии, в результате нарушается продуктивность почв. Затраты энергии на почвообразование возрастают. Изменяется биогеохимический цикл.

Теоретически скорость трансформации органических остатков выше в орошаемых почвах, особенно в орошаемых светлых сероземах, этому способствуют более высокая освещенность и поступление солнечной энергии и радиации.

На современном этапе развития учения об органическом веществе почв важная роль отводится исследованиям состава и свойства гумуса и гумусовых веществ почв. Причиной которого, на наш взгляд, служит поиск фракций гумуса, наиболее ответственных за формирование почвенного плодородия.

Таблица 2

Активность пероксидазы в образцах почвы (из расчета 100 г почвы/ мг пурпургаллина)

№ п/п	Опыт	Пероксидазы	
		7 дней	15 дней
1	Почва + NPK	$3,84 \pm 0,08$	$3,02 \pm 0,04$
2	Почва + зеленые микроводоросли	$4,40 \pm 0,09$	$4,37 \pm 0,06$
3	Почва + зеленые микроводоросли + NPK	$5,25 \pm 0,1$	$5,10 \pm 0,08$

Пр и м е ч а н и е. Приведенные ниже значения достоверно отличаются от значения контрольного варианта (почва + NPK) при $R < 0,05$.

Таблица 3

Активность фермента полифенолоксидазы (в расчете на 100 г почвы / мг пурпургаллина) в экспериментальных образцах

№ п/п	Опыт	Пероксидазы	
		7 дней	15 дней
1	Почва + NPK	$8,99 \pm 0,11$	$7,69 \pm 0,09$
2	Почва + зеленые микроводоросли	$11,95 \pm 0,15$	$10,89 \pm 0,12$
3	Почва + зеленые микроводоросли + NPK	$12,64 \pm 0,19$	$11,90 \pm 0,14$

Пр и м е ч а н и е. Приведенные ниже значения достоверно отличаются от значения контрольного варианта (почва + NPK) при $R < 0,05$.

Гумусообразование протекает в аэробных и анаэробных условиях. Промежуточные продукты разложения органических остатков быстро минерализуются, высвобождается большое количество элементов минерального питания, но при этом гумуса накапливается мало. На передвижение гумуса и гумусовых кислот положительно влияют минерализованные воды. В глинистых и суглинистых почвах, наоборот, процесс минерализации растительных остатков происходит медленнее, гумусовых веществ образуется больше и они хорошо закрепляются на поверхности минеральных частиц. Аккумуляция гумуса зависит не только от количества образовавшегося гумуса, но и от условий его нахождения в почве. Большую роль в этом играет кальций, так как для почв, насыщенных кальцием, характерна нейтральная реакция среды.

В орошаемой лугово-аллювиальной почве растительные остатки имеют свойство быстро разлагаться, а окислительные реакции, протекающие на начальной стадии разложения, тесно связаны с активностью пероксидазы (табл. 2), а на более поздних (участвующих в их синтезе) – полифенолоксидазы.

В ряде проведенных опытов, особенно в сочетании с минеральными удобрениями, при смешивании зеленых микроудобрений наблюдалось повышение активности этих

ферментов из данных данных, приведенных в табл. 3.

В орошаемой лугово-аллювиальной почве важную роль играет фермент пероксидаза, участвующий в образовании и быстром разложении гумуса, который считается веществом сложного состава и большого значения [9]. Это представленное рассуждение нашло свое выражение и в наших экспериментах. То есть если в почве, в которую вносились полные минеральные удобрения, активность ферментов пероксидазы и полифенолоксидазы в течение 15 дней в 100 г сухой почвы была равна 3,0–7,7 мг/пурпургаллина, то именно в этой почве в сочетании с минеральными удобрениями при добавлении зеленых микроводорослей наблюдалось соответствие 5,1–11,9 мг/пурпургаллина. Следовательно, оказывается, что разложение и синтез количества гумуса, который считается органическим веществом в орошаемой почве, тесно связаны с активностью ферментов.

Корреляционный анализ выявил зависимость ферментативной активности почв от влажности и содержания гумуса. Установлена средняя и высокая корреляционная связь между содержанием гумуса, и активности инвертазы ($r = 0,27-0,92$), каталазы ($r = 0,19-0,85$), амилазы ($r = 0,50-0,99$). Таким образом, активность изученных окислительно-восстановительных ферментов

возрастает в соответствии с увеличением общей микробиологической активности, содержания гумуса и питательных веществ, что показывает интенсивность процессов разложения.

Коэффициент гумификации можно определить посредством соотношения полифенолоксидазы и пероксидазы. Отмечено, что увеличение активности полифенолоксидазы, ответственной за синтез гумуса в почвах, приводит к увеличению коэффициента гумификации. Увеличение активности пероксидазы, приводящей к расщеплению гумусовых веществ в почвах, приводит к снижению коэффициента гумификации.

С целью определения взаимосвязи между показателями *гумусного состояния почв* были рассчитаны коэффициенты корреляции. Отмечена положительная корреляция между типами гумуса (Сгк:Сфк) и содержанием общего углерода почв (Собщ) равная $r = 0,28-0,95$, между типами гумуса (Сгк:Сфк) и относительным составом гумусовых кислот (Сгк) равная $r = 0,22-0,85$, между типами гумуса (Сгк:Сфк) и фракциями гуминовых кислот (Сфк), равная $r = 0,27-0,69$, между оптической плотностью гуминовых кислот $E \begin{pmatrix} 0,001\% \text{ ГК} \\ 465 \text{ нм, } 1 \text{ см} \end{pmatrix}$ и типами гумуса (Сгк:Сфк) равная $r = 0,35-0,83$. Корреляция между фульвокислотами и другими параметрами гумуса слабо выражена [6, 8, 9].

Коэффициенты корреляции указывают на то, что содержание гумуса в верхних горизонтах почвы тесно связано с ее групповым составом и свойствами гумусовых веществ, и на основе материалов, полученных путем их интеграции, мы можем сделать описание типов почв. Основываясь на полученных материалах, корреляция между факторами почвообразования и гумусообразованием может быть получена только из одного корреляционного индикатора, описывающего состояние гумуса: в качестве самого удобного показателя можно использовать соотношение Сгк:Сфк.

Закключение

Исследования показали, что орошаемые луговые аллювиальные почвы были обеспечены низким содержанием питательных элементов. По этой причине почвенный покров хозяйства засолен в разной степени, а также глубина залегания грунтовых вод различна, минерализация, потребность в питательных веществах в почвах этих регионов более заметна по отношению к фосфорным удобрениям. Он плохо снабжается грубыми и подвижными формами фосфор-

ных веществ. На основании проведенных экспериментов было установлено, что из-за обилия сульфат- и хлорид-ионов в сильно засоленной почве, роста и развития микроорганизмов, активность почвенных ферментов была низкой.

На аллювиальных лугово-аллювиальных орошаемых почвах средней и сильной засоленности Бухарской области выявлено увеличение роста и развития аммонификаторов, олигонитрофилов, грибов. Установлено количественное и сезонное изменение активности окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов (каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы, уразы, протеазы, инвертазы, дегидрогеназы) в орошаемых лугово-аллювиальных умеренно засоленных почвах в зависимости от действия применяемых биоудобрений.

Следовательно, оказывается, что разложение и синтез количества гумуса, который считается органическим веществом в орошаемой лугово-аллювиальной почве, тесно связаны с активностью ферментов.

Список литературы

1. Бабьева И.И., Зенова Г.М. Биология почв. М.: МГУ, 1989. С. 98–189.
2. Мишустин Е.Н. Биологические пути повышения эффективности плодородия почв. Сб. «Микроорганизмы и плодородие почв». Тр. инс-та микробиологии АН СССР. 1961. С. 55–59.
3. Муродова С.С., Гафурова Л.А., Саидова М.Э., Кадирова Д.А., Махкамова Д.Ю. Изучение влияния засоления на каталазную активность аридных почв // Биоразнообразие, экология, адаптация и эволюция: материалы в международ. конф. молодых учёных. Одесса, 2013. С. 229.
4. Мячина О.В., Алиев А.Т., Ким Р.Н., Попова О.В. Особенности агрохимического режима типичного серозема под влиянием концентрированных фосфорных удобрений. Управление земельными ресурсами и их оценка: новые подходы и инновационные решения: материалы российско-узбекской научно-практической конференции, посвященной 100-летию Национального университета. Москва – Ташкент, 2019. С. 225–227.
5. Набиева Г.М., Гафурова Л.А., Кадирова Д.А. Горные почвы Узбекистана и их биологическая активность: материалы докладов VI съезда общества почвоведов им В.В. Докучаева. Кн. 2. Петрозаводск – Москва, 13–18 августа 2012. С. 387–388.
6. Раупова Н.Б. Biology and bonitation typical sierozems // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. 2016. С. 93–95.
7. Raupova N., Fyulomova Z. Humus state and biological activite of main types of Uzbekistan soils. Journal European journal of research. Vienna, Austria. 2017. № 6 (6). P. 69–77.
8. Раупова Н.Б., Гулямова З. «Дыхания» почвы и ферментативная активность типичных сероземов // «Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқаришда фаол тадбиркорлик ва инновацион технологияларни қўллаб-қувватлаш» Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги микёсидаги илмий – амалий анжуман материаллари. Термиз, 2018. Б. 39–43.
9. Раупова Н.Б., Ходжимуродова Н.Р., Гуломов Н.С. Season dynamics of energy activity of typical seasons of the Chirchik – Angrian basin // Хоразм Маъмур академияси Аxbоротномаси. Хива. 2019. № 3 (1). Б. 18–19.
10. Саидова М.Э., Кадирова Д.А., Содикова Г.С. Корреляционные связи между биологической активностью и основными элементами плодородия почв. Аграрная наука – сельскому хозяйству. VII Международная научно-практическая конференция: сборник статей. Кн. 2. Барнаул, 2012. С. 199–200.

ОБЗОР

УДК 577.17.04

О БИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ ЛЕПТИНА

^{1,2}Чаулин А.М., ¹Григорьева Ю.В.¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, e-mail: alekseymichailovich22976@gmail.com;²ГБУЗ «Самарский областной клинический кардиологический диспансер», Самара, e-mail: alekseymichailovich22976@gmail.com

Изучение и уточнение биологической роли важных регуляторных соединений является одним из востребованных направлений исследований для фундаментальной медицины и биологии. К числу важнейших для человека регуляторных соединений относится лептин. Лептин – гормон пептидной природы, состоящий из 167 аминокислот и кодируемый геном *ob* (*LEP*), который локализуется на хромосоме 7q31.31. В организме человека лептин вырабатывается преимущественно адипоцитами белой жировой ткани и играет ряд важнейших функций, таких как регуляция энергетического гомеостаза, регуляция обмена углеводов и липидов, регуляция нейроэндокринных функций, регуляция роста и развития организма в неонатальном периоде, а также участвует в регуляции полового созревания в подростковом возрасте, метаболизме костной ткани и иммунных реакциях. Принимая во внимание столь многогранные функции, дальнейшие исследования биологической роли лептина являются актуальным направлением, имеющим не только теоретическую ценность, но и важное практическое значение, которое заключается в возможности использования лептина в качестве раннего биомаркера нарушения метаболических процессов, а также применения в качестве лекарственного препарата для лечения аутоиммунных заболеваний, сахарного диабета, ожирения, гипогонадизма и ряда других патологических состояний.

Ключевые слова: обзор литературы, лептин, биология, обмен липидов, энергетический метаболизм, ожирение, сердечно-сосудистые заболевания

ON THE BIOLOGICAL ROLE OF LEPTIN

^{1,2}Chaulin A.M., ¹Grigoreva Yu.V.¹Samara State Medical University, Samara, e-mail: alekseymichailovich22976@gmail.com;²Samara Regional Cardiology Dispensary, Samara, e-mail: alekseymichailovich22976@gmail.com

The study and clarification of the biological role of important regulatory compounds is one of the most popular areas of research for basic medicine and biology. Leptin is one of the most important regulatory compounds for humans. Leptin is a peptide hormone consisting of 167 amino acids and encoded by the *ob* (*LEP*) gene, which is localized on chromosome 7q31.31. In the human body, leptin is produced mainly by adipocytes of white adipose tissue and plays a number of important functions: regulation of energy homeostasis, regulation of carbohydrate and lipid metabolism, regulation of neuroendocrine functions, regulation of growth and development of the body in the neonatal period, and also participates in the regulation of puberty in adolescence, bone metabolism and immune responses. Taking into account such multi-faceted functions, further research on the biological role of leptin is an urgent direction that has not only theoretical value, but also important practical significance, which lies in the possibility of using leptin as an early biomarker of metabolic disorders, as well as use as a drug for the treatment of autoimmune diseases, diabetes, obesity, hypogonadism and a number of other pathological conditions.

Keywords: literature review, leptin, biology, lipid metabolism, energy metabolism, obesity, cardiovascular diseases

Понимание конкретной биологической роли эффекторных молекул нашего организма имеет не только теоретическую ценность, но и важное практическое значение, заключающееся в возможности их использования в качестве биомаркеров и мишеней для терапевтического воздействия [1–3]. В последнее время, благодаря усовершенствованию молекулярно-генетических технологий, методов белкового анализа, открывается множество различных регуляторных соединений, которые не только меняют наше представление о функционировании органов и тканей, но и создают предпосылки для улучшения лечебно-профилактических стратегий [4, 5]. К числу молекул, имеющих большие перспективы

для практического здравоохранения, относится белок лептин.

Целью этой статьи является систематизация существующих данных о биологической роли лептина. В статье нами последовательно будут рассмотрены следующие аспекты: генетика и биология лептина, сигнальный путь и механизм действия лептина, регуляция образования лептина, а также функции лептина в норме и при патологических процессах.

Лептин (в переводе с греч. *leptos* – тонкий) – гормон пептидной природы, выделяемый адипоцитами. Открытие лептина Y. Zhang с соавт. в 1994 г. вызвало большой интерес в плане дальнейшего изучения гормональной функции жировой ткани [6, 7].

Первоначально открытый лептин также назвали «белок ob» (сокращенно от obese, англ. – страдающий ожирением). Ген, кодирующий образование лептина, также первоначально был назван «геном ob» (сейчас чаще используется термин «ген LEP»), он расположен на хромосоме 7q31.31. С момента открытия лептина сформировалась новая концепция о функционировании жировой ткани, согласно которой она действует как активный эндокринный орган, помимо инертного органа хранения липидов и энергии, как считалось ранее [6–8]. Лептин состоит из 167 аминокислот и вырабатывается преимущественно белой жировой тканью нашего организма. Считается, что общая концентрация лептина, циркулирующего в организме, равна общему количеству жира человека. Первоначальные исследования показали, что лептин может играть определенную роль в контроле избыточного набора жира в нашем организме, но впоследствии стало известно, что большее высвобождение лептина приводит к большему потреблению пищи и накоплению жира. Лептин также вырабатывается плацентой и желудком, но гораздо в меньшем количестве по сравнению с жировой тканью [9, 10]. Лептин, имеющий молекулярную массу 16 кД, действует в головном мозге через нейронные гипоталамические пути и таким образом регулирует энергетический гомеостаз [8]. Исследования показали, что дефицит лептина приводит к ожирению, что объясняет его роль в потреблении пищи, использовании энергии, репродукции, функциях щитовидной железы и иммунитете [11]. Несколько исследований также показали, что лептин вызывает окисление жиров у людей с ожирением [12]. Благодаря широкому разнообразию функций лептина, исследователи предприняли усилия, чтобы продемонстрировать и прояснить его роль с биологической точки зрения.

Генетика и биология лептина

Ген лептина был первоначально обнаружен с помощью метода поиска, ассоциированного с болезнью гена мышей ob/ob, и поэтому его также называют «геном ob». Этот ген экспрессируется в белой жировой ткани, желудке, плаценте и, возможно, в молочной железе. Он относится к семейству цитокинов, так как имеет кристаллическую структуру [6, 13]. Лептин, будучи гормоном, имеет циркадные (суточные) вариации концентрации с повышенным уровнем, обнаруживаемым вечером, и импульсной секрецией в ранние утренние часы. Поскольку он преимущественно продуцируется адипоцитами, его основная роль

заключается в регулировании энергетического гомеостаза, который включает в себя потребление пищи, использование энергии и регулирование массы тела. Он также играет другие важные функции, такие как регулирование иммунных и воспалительных реакций, вызывая ангиогенез и заживление ран. Из-за своей роли в энергетическом гомеостазе и регулировании массы тела его также называют «гормоном против ожирения» или «гормоном похудения» [14, 15]. Помимо этого, исследования показали, что лептин играет важную роль в формировании высокого кровяного давления у людей с ожирением [14, 16, 17].

Сигнальный путь и действие лептина

Лептин оказывает свое действие, связываясь с рецептором лептина (LEP-R или OB-R), который у человека кодируется геном LEP-R. LEP-R обнаруживается во многих областях мозга и эндотелии мозговых капилляров. LEP-R входит в состав семейства цитокиновых рецепторов гликопротеина 130. После соматической рекомбинации LEP-R были сгенерированы различные изоформы рецептора лептина, из которых LEP-Rb является наиболее важной и самой длинной изоформой, вызывающей сильный сигнальный путь. Исследования сообщали о мутациях в LEP-R, которые вызывают ожирение. После связывания с LEP-R лептин осуществляет сигнальный каскад через Янус-киназу (JAK), сигнальный преобразователь и активатор транскрипции (белок STAT). В некоторых исследованиях было показано, что лептин активирует путь STAT3 в гипоталамической области мозга (рис. 1) [18–20].

Регуляция образования лептина

Регуляция образования лептина происходит многими гормонами в организме человека в виде увеличения или уменьшения его синтеза на клеточном уровне. Инсулин увеличивает синтез лептина, в то время как адреналин, норадреналин и дофамин снижают синтез лептина. Помимо этих факторов, фактор некроза опухоли-α также увеличивает секрецию лептина (рис. 2). Глюкоза и жирные кислоты также влияют на экспрессию лептина и, в свою очередь, на его секрецию [21–23].

Биологическая роль лептина

Согласно результатам многочисленных клинических и экспериментальных исследований лептин выполняет в организме человека множество важнейших функций, а именно: регуляцию обмена липидов, регуляцию энергетического гомеостаза, ре-

гуляцию нейроэндокринных функций, регуляцию обмена углеводов, играет важную роль в развитии новорожденных, детском возрасте и в периоде полового созревания, а также принимает участие в метаболизме сердечно-сосудистой системе, костной ткани и иммунных реакциях [23–25]. Такая многогранная роль лептина делает его весьма ценным и перспективным объектом дальнейших исследований с целью возможностей использования в качестве раннего биомаркера и в качестве лекарственного препарата.

Роль лептина в регуляции энергетического гомеостаза

Лептин играет важную роль в энергетическом гомеостазе, регулируя аппетит. Лептин активирует сложную нейрональную петлю, состоящую из анорексигенных нейронов (т.е. снижающих аппетит), которые высвобождают проопиомеланокортин (ПОМС), и орексигенных нейронов (т.е. стимулирующих аппетит), которые высвобождают нейропептид Y (NPY), регулирующий потребление пищи. Недавний метаанализ показал, что состояние натошак и диета с ограничением калорий до половины от общей потребности могут значительно снизить уровень лептина. Клинически мутация

в гене лептина или его рецепторе приводит к ожирению из-за гиперфагии. Исследования показали, что введение лептина таким пациентам снижает потребление пищи за счет повышения сытости [24–26].

Роль лептина в регуляции нейроэндокринной функции

Уровень лептина падает во время голодания, и это не зависит от жировой массы. Голодание приводит к нейроэндокринным реакциям как у человека, так и у мышей, что включает в себя снижение уровня гормонов, важных для размножения. Это, в свою очередь, уменьшает изменения во время беременности (энергозатратный процесс), снижает уровень гормонов, высвобождаемых из щитовидной железы, что замедляет скорость метаболизма, повышает уровень гормона роста, который может участвовать в перемещении запасов энергии в организме и может замедлять деятельность, связанную с ростом. Но исследование показало, что пациент, у которого имеется дефицит лептина с рождения, может иметь нормальный рост и развитие организма, а также нормальное функционирование надпочечников, в отличие от того, что было замечено в экспериментах у мышей [27, 28].

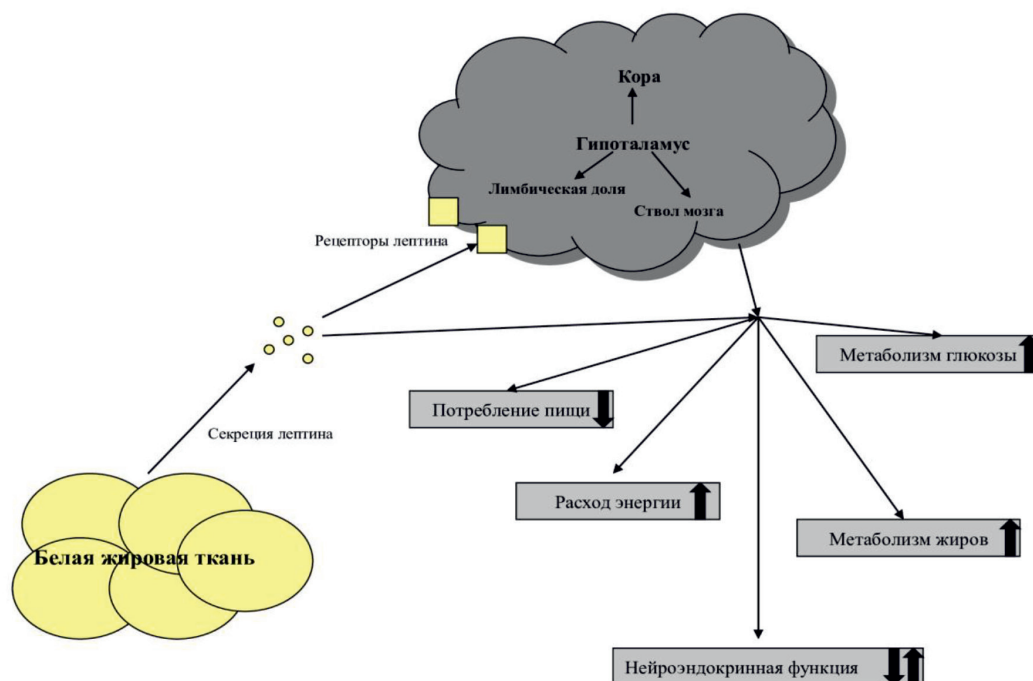


Рис. 1. Эффекты лептина.

Примечание. Лептин действует либо напрямую, либо путем активации определенных центров в центральной нервной системе для уменьшения потребления пищи, увеличения расхода энергии, влияния на метаболизм глюкозы и жиров или изменения нейроэндокринной функции

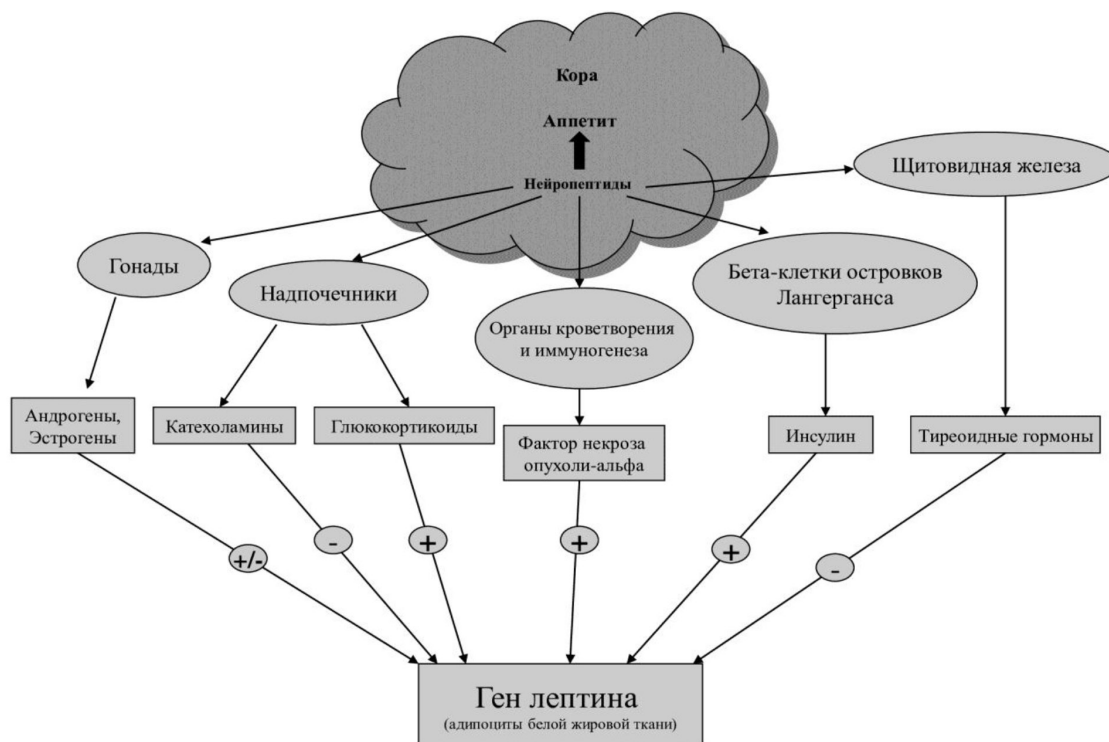


Рис. 2. Регуляция образования лептина.

Примечание. Лептин после высвобождения из адипоцитов связывается с рецепторами лептина в гипоталамусе и изменяет экспрессию нескольких нейропептидов; они, в свою очередь, снижают аппетит, увеличивают расход энергии за счет изменения симпатического и парасимпатического тонуса и изменяют нейроэндокринную функцию.

Повышение уровня лептина активирует ось щитовидной железы, гормона роста и гонад и подавляет ось гипофиз – надпочечник. Лептин, действуя прямо или косвенно (изменяя уровни других гормонов и нейропептидов), также влияет на кроветворение и иммунную функцию и улучшает метаболизм глюкозы и жиров. Наконец, измененная продукция и уровни циркуляции гормонов и цитокинов влияют на выработку лептина адипоцитами: + – стимулирующее действие, – – ингибирующее действие

Роль лептина в регуляции обмена углеводов. Инсулинорезистентность и метаболический синдром

Мутация гена лептина, наблюдаемая у мышей ob/ob и мышей db/db, а также генетический дефицит лептина, наблюдаемый у человека, показали резистентность к инсулину и некоторые особенности метаболического синдрома. Лечение лептином корригировало гиперинсулинемию, гипергликемию до потери веса как у мышей, так и у человека. Но у человека он также снижал уровень триглицеридов, холестерина и липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и повышал уровень липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) [29]. Лептин также был вовлечен в воспаление, обнаруженное у тучных женщин, которое может привести к гестационному сахарному диабету (ГСД). Лептин не только контролирует

баланс между насыщением и энергией матери, но и вырабатывается плацентой, которая, в свою очередь, поддерживает жизнеспособность плода. Основным источником циркулирующего лептина у матери является его плацентарная продукция, которая мобилизует жир у матери, усугубляя вероятность возникновения ГСД. При ГСД лептин оказывает значительное влияние на плаценту аутокринным/паракринным способом. Это приводит к увеличению размеров плаценты, облегчает перенос плацентарных питательных веществ через глицеринный транспортер и аквапорин-9 и увеличению размеров плода (макросомия). В основном инсулинорезистентность может усугублять течение ГСД и способствовать повышению уровня лептина в плазме крови при ГСД, а дальнейшее воспаление, связанное с ожирением, играет свою собственную роль в развитии инсулинорезистентности. По-

этому для лечения ГСД рассматриваются питательные вещества, обладающие противовоспалительным действием.

Ожирение с инсулинорезистентностью участвует в обострении синдрома поликистозных яичников (СПКЯ), при котором исследования выявили более высокий уровень лептина. Недавнее исследование продемонстрировало индукторный эффект лептина при иммунном дисбалансе, наблюдаемом при СПКЯ, за счет индукции интерферона- γ (INF- γ), который может участвовать в апоптозе гранулезных клеток [30, 31].

Роль лептина в регуляции метаболизма сердечно-сосудистой системы и сердечно-сосудистых заболеваниях (ССЗ)

Роль лептина в развитии и метаболизме ССЗ до конца не изучена. Несколько экспериментальных исследований на животных моделях, таких как диабетические (db/db) и тучные (ob/ob) модели, отчетливо показали благотворную роль лептина в регуляции сердечного метаболизма. При нормальных физиологических условиях сердце использует глюкозу и жир в качестве источника энергии, но предпочтительно глюкозу. В моделях животных с дефицитом лептина или LEP-R нарушается регуляция сердечного метаболизма путем перехода на повышение использования жиров вместо обычного предпочтительного использования глюкозы. Это приводит к повышенному окислению жира, увеличению потребления кислорода миокардом и снижению сердечной деятельности, что в конечном итоге приводит к системным метаболическим нарушениям, таким как инсулинорезистентность, резистентность к лептину и метаболическая дисфункция. Кроме того, повышенные уровни триглицеридов и накопление жира в миокарде на таких животных моделях приводили к липотоксичности, которая, в свою очередь, влияет на сократительную способность сердца [22, 32]. Таким образом, исследования, проведенные на животных моделях, показывают, что лептин может защитить сердце от накопления липидов и липотоксических эффектов, действуя как антилипотоксическое средство.

В различных исследованиях наблюдались противоречивые результаты относительно связи лептина с ишемической болезнью сердца (ИБС) и хронической сердечной недостаточностью (ХСН). Повышенный уровень лептина был связан с риском развития ИБС и ХСН. Однако терапия, снижающая уровень лептина, может способствовать снижению сердечно-сосудистого риска у таких пациентов. Сообщалось, что более высокие уровни лептина предсказывают

риск развития инсульта, атеросклеротическое поражение сонных артерий и заболевания периферических артерий (ЗПА). Также сообщалось, что гиперлептинемия ускоряет рост аневризмы брюшной аорты, но для установления четкой связи требуются дальнейшие исследования [22, 33, 34].

Роль лептина у новорожденных

Плацента выделяет лептин в пуповинную кровь, что имеет большое значение для новорожденных. Было установлено, что уровни лептина положительно связаны с общей массой тела и жировой массой новорожденного. Помимо энергетического гомеостаза, лептин регулирует рост, способствует кроветворению и лимфопоэзу в неонатальном периоде. Секретция лептина с молоком также позволяет предположить, что уровень лептина у матери может влиять на рост новорожденных младенцев [35–37].

Роль лептина в детском возрасте и при половом созревании

В детском возрасте и периоде полового созревания лептин посылает сигнал в мозг для накопления жиров, за счет чего в конечном итоге регулирует пубертатные изменения, менструальный цикл и репродукцию. В начале полового созревания увеличение жировой массы тела происходит из-за повышенного уровня лептина у нормальных детей, что, в свою очередь, предполагает, что он вызывает половое созревание у людей. Напротив, лица с мутациями в гене LEP-R страдают ожирением, остаются препубертатными и имеют гипогонадотропный гипогонадизм [38–40].

Роль лептина в метаболизме костной ткани и воспалении

Известно, что лептин играет важную роль при ревматических заболеваниях и остеоартрите. Уровень лептина повышен у больных остеоартритом. Большинство исследований выявили катаболическую роль лептина в хрящах. Роль лептина при этих заболеваниях также предполагает, что он действует как провоспалительный фактор на метаболизм хряща. Лептин рассматривается не только как медиатор воспаления при аутоиммунных заболеваниях, но и при других воспалительных заболеваниях [41, 42]. В противоположность этому, хронические воспалительные состояния, вторичные по отношению к метаболическим, аутоиммунным или инфекционным заболеваниям, могут привести к резистентности к лептину, за которой последует развитие ожирения, которое, в свою очередь, потенцирует воспаление [42–44].

Роль лептина в иммунных реакциях

Лептин регулирует как естественные, так и приобретенные иммунные реакции. Что касается врожденного иммунитета, лептин увеличивает силу естественных киллеров (NK) клеток и способствует активации гранулоцитов, макрофагов и дендритных клеток [45–47]. Что касается адаптивного иммунитета, лептин увеличивает размножение новообразованных Т- и В-лимфоцитов, в то же время он уменьшает размножение регуляторных Т-клеток (Т-супрессоров). Таким образом, лептин активирует В-лимфоциты, которые секретируют цитокины для контроля продукции и созревания Т и В-лимфоцитов [48, 49].

Заключение

Таким образом, лептин, или белок об, является гормоном, который преимущественно продуцируется адипоцитами белой жировой ткани и реагирует с рецептором лептина, который, в свою очередь, инициирует сигнальный каскад по пути JAK-STAT. Передача сигналов лептина активирует выработку различных нейропептидов, таких как проопиомеланокортин и нейропептид Y, что приводит к снижению и увеличению аппетита соответственно. Уровень лептина в крови отражает общее количество запасов энергии в жировой ткани, а это, в свою очередь, направляет центральную нервную систему на регулирование энергетического гомеостаза, нейроэндокринных функций, метаболической регуляции, роста новорожденных, ряда изменений в детском и половом возрасте. Дефицит лептина может быть обусловлен либо мутацией в гене лептина, либо наследственной липоатрофией. Дефицит лептина приводит к нарушениям многих важнейших функций, в частности вызывает репродуктивную недостаточность, ожирение, инсулинорезистентность, сахарный диабет, метаболический синдром и аутоиммунные заболевания. Дальнейшее изучение и уточнение биологической роли лептина является актуальным научно-исследовательским направлением для улучшения ранней диагностики и разработки лечебно-профилактических мероприятий при данных нозологиях.

Список литературы

1. Чаулин А.М., Дупляков Д.В. PCSK-9: современные представления о биологической роли и возможности использования в качестве диагностического маркера сердечно-сосудистых заболеваний. Ч. 1 // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2019. Т. 7. № 2. С. 45–57.
2. Чаулин А.М., Дупляков Д.В. PCSK-9: современные представления о биологической роли и возможности использования в качестве диагностического маркера сердеч-

но-сосудистых заболеваний. Ч. 2 // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2019. Т. 7. № 4. С. 24–35.

3. Чаулин А.М., Григорьева Ю.В., Суворова Г.Н., Дупляков Д.В. Способы моделирования атеросклероза у кроликов // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=30101> (дата обращения: 25.01.2021).
4. Чаулин А.М., Свечков Н.А., Волкова С.Л., Григорьева Ю.В. Диагностическая ценность сердечных тропонинов у пожилых пациентов, не страдающих инфарктом миокарда // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=30302> (дата обращения: 25.01.2021).
5. Чаулин А.М., Григорьева Ю.В. Сиртуины и сосудистое старение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 12. С. 49–54.
6. Zhang Y., Proenca R., Maffei M., Barone M., Leopold L., Friedman J.M. Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature*. 1994. Vol. 372. No. 6505. P. 425–432.
7. Heymsfield S.B., Greenberg A.S., Fujioka K., Dixon R.M., Kushner R., Hunt T., Lubina J.A., Patane J., Self B., Hunt P., McCamish M. Recombinant leptin for weight loss in obese and lean adults: a randomized, controlled, dose-escalation trial. *JAMA*. 1999. Vol. 282. No. 16. P. 1568–1575.
8. Schwartz M.W., Woods S.C., Porte D. Jr, Seeley R.J., Baskin D.G. Central nervous system control of food intake. *Nature*. 2000. Vol. 404. No. 6778. P. 661–671.
9. Clément K., Vaisse C., Lahlou N., Cabrol S., Peloux V., Cassuto D., Goumelen M., Dina C., Chambaz J., Lacombe J.M., Basdevant A., Bougnères P., Lehoucq Y., Froguel P., Guy-Grand B. A mutation in the human leptin receptor gene causes obesity and pituitary dysfunction. *Nature*. 1998. Vol. 392. No. 6674. P. 398–401.
10. Kumar R., Mal K., Razaq M.K., Magsi M., Memon M.K., Memon S., Afroz M.N., Siddiqui H.F., Rizwan A. Association of Leptin With Obesity and Insulin Resistance. *Cureus*. 2020. Vol. 12. No. 12. P. e12178.
11. Montague C.T., Farooqi I.S., Whitehead J.P., Soos M.A., Rau H., Wareham N.J., Sewter C.P., Digby J.E., Mohammed S.N., Hurst J.A., Cheetham C.H. Congenital leptin deficiency is associated with severe early-onset obesity in humans. *Nature*. 1997. Vol. 387. No. 6636. P. 903–908.
12. Verdich C., Toubro S., Buemann B., Holst J.J., Bülow J., Simonsen L., Søndergaard S.B., Christensen N.J., Astrup A. Leptin levels are associated with fat oxidation and dietary-induced weight loss in obesity. *Obes Res*. 2001. Vol. 9. No. 8. P. 452–461.
13. Klein S., Coppack S.W., Mohamed-Ali V., Landt M. Adipose tissue leptin production and plasma leptin kinetics in humans. *Diabetes*. 1996. Vol. 45. No. 7. P. 984–987.
14. Hafeezullah M.A. Leptin: Fights against obesity. *Pak J Physiol*. 2006. Vol. 2. No. 1. [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/258495597_Leptin_fights_against_obesity (date of access: 25.01.2021).
15. Wasim M. Role of Leptin in Obesity. *J Obes Weight Loss Ther*. 2015. Vol. 5. No. 2. DOI: 10.4172/2165-7904.1000258.
16. Bravo P.E., Morse S., Borne D.M., Aguilar E.A., Reisin E. Leptin and hypertension in obesity. *Vasc Health Risk Manag*. 2006. Vol. 2. No. 2. P. 163–169.
17. Haynes W.G. Role of leptin in obesity-related hypertension. *Exp Physiol*. 2005. Vol. 90. No. 5. P. 683–688.
18. Bates S.H., Stearns W.H., Dudson T.A., Schubert M., Tso A.W., Wang Y., Banks A.S., Lavery H.J., Haq A.K., Maratos-Flier E., Neel B.G., Schwartz M.W., Myers MG. Jr. STAT3 signalling is required for leptin regulation of energy balance but not reproduction. *Nature*. 2003. Vol. 421. No. 6925. P. 856–859.
19. Robertson S.A., Leininger G.M., Myers MG Jr. Molecular and neural mediators of leptin action. *Physiol Behav*. 2008. Vol. 94. No. 5. P. 637–642.

20. Nanjappa V., Raju R., Muthusamy B., Sharma J., Thomas J.K., Nidhina P.A., Harsha H.C., Pandey A., Anilkumar G., Prasad T.K. A comprehensive curated reaction map of leptin signaling pathway. *J Proteomics Bioinform.* 2011. Vol. 4. No. 9. P. 181–189. [Electronic resource]. URL: <https://www.longdom.org/open-access/a-comprehensive-curated-reaction-map-of-leptin-signaling-pathway-jpb.1000188.pdf> (date of access: 25.01.2021).
21. Fried S.K., Ricci M.R., Russell C.D., Laferrère B. Regulation of leptin production in humans. *J Nutr.* 2000. Vol. 130. No. 12. P. 3127S–3131S.
22. Poetsch M.S., Strano A., Guan K. Role of Leptin in Cardiovascular Diseases. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020. Vol. 11. No. 354.
23. Sankiewicz A., Hermanowicz A., Grycz A., Lukaszewski Z., Gorodkiewicz E. An SPR imaging immunosensor for leptin determination in blood plasma. *Anal Methods.* 2021. DOI: 10.1039/d0ay02047h.
24. Dogan S., Cicekdal M.B., Özörhan Ü., Karabiyik G., Kazan B.T., Ekici I.D., Yilmaz B., Demirel P.B., Coban I., Tuzsuz E.C., Kuskucu A., Bayrak O.F., Cleary M.P., Tuna B.G. Roles of Adiponectin and Leptin Signaling Related microRNAs in The Preventive Effects of Calorie Restriction in Mammary Tumor Development. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2021. DOI: 10.1139/apnm-2020-1000.
25. Leachman J.R., Rea M.D., Cohn D.M., Xu X., Fondufe-Mittendorf Y.N., Loria A.S. Exacerbated obesogenic response in female mice exposed to early life stress is linked to fat depot-specific upregulation of leptin protein expression. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2020. Vol. 319. No. 5. E852–E862.
26. Varkaneh Kord H., M. Tinsley G., O. Santos H., Zand H., Nazary A., Fatahi S., Mokhtari Z., Salehi-Sahlabadi A., Tan S.C., Rahmani J., Gaman M.A., Sathian B., Sadeghi A., Hatami B., Soltanieh S., Aghamiri S., Bawadi H., Hekmatdoost A. The influence of fasting and energy-restricted diets on leptin and adiponectin levels in humans: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr.* 2020. S0261-5614(20)30577-X. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.10.034.
27. Kim J.G., Lee B.J., Jeong J.K. Temporal Leptin to Determine Cardiovascular and Metabolic Fate throughout the Life. *Nutrients.* 2020. Vol. 12. No. 11. P. 3256.
28. Charchour R., Dufour-Rainfray D., Morineau G., Vattier C., Fellahi S., Vigouroux C., Genoux A., Capeau J., Lacorte J.M., Collet C., Cuerc C., Bastard J.P.; groupe de travail RIHN Adipokines. Rôles biologiques à multiples facettes de la leptine [Multifaceted biological roles of leptin]. *Ann Biol Clin (Paris).* 2020. Vol. 78. No. 3. P. 231–242.
29. Larabee C.M., Neely O.C., Domingos A.I. Obesity: a neuroimmunometabolic perspective. *Nat Rev Endocrinol.* 2020. Vol. 16. No. 1. P. 30–43.
30. Pérez-Pérez A., Vilariño-García T., Guadix P., Dueñas J.L., Sánchez-Margalet V. Leptin and Nutrition in Gestational Diabetes. *Nutrients.* 2020. Vol. 12. No. 7. P. 1970.
31. Wang J., Gong P., Li C., Pan M., Ding Z., Ge X., Zhu W., Shi B. Correlation between leptin and IFN- γ involved in granulosa cell apoptosis in PCOS. *Gynecol Endocrinol.* 2020. Vol. 36. No. 12. P. 1051–1056.
32. Wang B., Chandrasekera P.C., Pippin J.J. Leptin- and leptin receptor-deficient rodent models: relevance for human type 2 diabetes. *Curr Diabetes Rev.* 2014. Vol. 10. No. 2. P. 131–145.
33. Kang K.W., Ok M., Lee S.K. Leptin as a Key between Obesity and Cardiovascular Disease. *J Obes Metab Syndr.* 2020. Vol. 29. No. 4. P. 248–259.
34. Katsiki N., Mikhailidis D.P., Banach M. Leptin, cardiovascular diseases and type 2 diabetes mellitus. *Acta Pharmacol Sin.* 2018. Vol. 39. No. 7. P. 1176–1188.
35. Mitanchez D., Jacqueminet S., Lebbah S., Dommergues M., Hajage D., Ciangura C. Relative Contribution of Gestational Weight Gain, Gestational Diabetes, and Maternal Obesity to Neonatal Fat Mass. *Nutrients.* 2020. Vol. 12. No. 11. P. 3434.
36. Enstad S., Cheema S., Thomas R., Fichorova R.N., Martin C.R., O'Tierney-Ginn P., Wagner C.L., Sen S. The impact of maternal obesity and breast milk inflammation on developmental programming of infant growth. *Eur J Clin Nutr.* 2021. Vol. 75. No. 1. P. 180–188.
37. Fyfe R., Burton A., McLennan A., McCudden L., Gordon A., Hyett J. Factors affecting cord blood leptin levels in a consecutive birth cohort. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2020. Vol. 1–6. doi: 10.1080/14767058.2020.1733518.
38. Smedlund K.B., Hill J.W. The role of non-neuronal cells in hypogonadotropic hypogonadism. *Mol Cell Endocrinol.* 2020. Vol. 518. P. 110996.
39. Dudek P., Kozakowski J., Zgliczyński W. The effects of testosterone replacement therapy in men with age-dependent hypogonadism on body composition, and serum levels of leptin, adiponectin, and C-reactive protein. *Endokrynol Pol.* 2020. Vol. 71. No. 5. P. 382–387.
40. McIlwraith E.K., Belsham D.D. Hypothalamic reproductive neurons communicate through signal transduction to control reproduction. *Mol Cell Endocrinol.* 2020. Vol. 518. P. 110971.
41. Scotece M., Mobasheri A. Leptin in osteoarthritis: Focus on articular cartilage and chondrocytes. *Life Sci.* 2015. Vol. 140. P. 75–78.
42. Scotece M., Conde J., López V., Lago F., Pino J., Gómez-Reino J.J., Gualillo O. Adiponectin and leptin: new targets in inflammation. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 2014. Vol. 114. No. 1. P. 97–102.
43. Scotece M., Pérez T., Conde J., Abella V., López V., Pino J., Gonzalez-Gay M.A., Gomez-Reino J.J., Mera A., Gomez R., Gualillo O. Adipokines induce pro-inflammatory factors in activated Cd4+ T cells from osteoarthritis patient. *J Orthop Res.* 2017. Vol. 35. No. 6. P. 1299–1303.
44. Pérez-Pérez A., Sánchez-Jiménez F., Vilariño-García T., Sánchez-Margalet V. Role of Leptin in Inflammation and Vice Versa. *Int J Mol Sci.* 2020. Vol. 21. No. 16. P. 5887.
45. Francisco V., Pino J., Campos-Cabaleiro V., Ruiz-Fernández C., Mera A., Gonzalez-Gay M.A., Gómez R., Gualillo O. Obesity, Fat Mass and Immune System: Role for Leptin. *Front Physiol.* 2018. Vol. 9. P. 640.
46. Chaulin A.M., Grigoreva Yu.V., Duplyakov D.V. About the role of immuno-inflammatory mechanisms in the pathogenesis of atherosclerosis. *European Journal of Natural History.* 2020. No. 5. P. 2–6.
47. Чаулин А.М., Григорьева Ю.В., Дупляков Д.В. Современные представления о патофизиологии атеросклероза. Часть 1. Роль нарушения обмена липидов и эндотелиальной дисфункции (обзор литературы) // Медицина в Кузбассе. 2020. № 2. С. 34–41.
48. Conde J., Scotece M., Gómez R., Gómez-Reino J.J., Lago F., Gualillo O. At the crossroad between immunity and metabolism: focus on leptin. *Expert Rev Clin Immunol.* 2010. Vol. 6. No. 5. P. 801–818.
49. Pérez-Pérez A., Vilariño-García T., Fernández-Riejos P., Martín-González J., Segura-Egea J.J., Sánchez-Margalet V. Role of leptin as a link between metabolism and the immune system. *Cytokine Growth Factor Rev.* 2017. Vol. 35. P. 71–84.