

OCTOBER 2023 | ISSUE #10(2)

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF PROFESSIONAL
SCIENCE**

.....

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL



SCIPRO.RU

ISSN 2542-1085

SOCIAL SCIENCES AND HUMANITIES

UDC 001
LBC 72

International Journal Of Professional Science: international scientific journal, Nizhny Novgorod, Russia: Scientific public organization “Professional science”, №10 (2) -2023. 58 p.

ISSN 2542-1085

International journal of Professional Science is the research and practice edition which includes the scientific articles of students, graduate students, postdoctoral students, doctoral candidates, research scientists of Russia, the countries of FSU, Europe and beyond, reflecting the processes and the changes occurring in the structure of present knowledge.

It is destined for teachers, graduate students, students and people who are interested in contemporary science.

All articles included in the collection have been peer-reviewed and published in the form in which they were presented by the authors. The authors are responsible for the content of their articles.

The information about the published articles is provided into the system of the Russian science citation index – RSCI under contract № 2819-10/2015K from 14.10.2015

The electronic version is freely available on the website <http://scipro.ru/ijps.html>

UDC 001

LBC 72



Editorial team

Chief Editor – Krasnova Natalya, PhD, assistant professor of accounting and auditing the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction. (mail@nkrasnova.ru)

Zhanar Zhanpeisova — Kazakhstan, PhD

Khalmatova Barno Turdyhodzhaeva — Uzbekistan, MD, Professor, Head of the Tashkent Medical Academy

Tursunov Dilmurat Abdullazhanovich — Kyrgyzstan, PhD, Osh State University

Ekaterina Petkova, Ph.D Medical University — Plovdiv

Stoyan Papanov PhD, Department of Pharmacognosy and pharmaceutical chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University — Plovdiv

Materials printed from the originals filed with the organizing committee responsible for the accuracy of the information are the authors of articles

Editors N.A. Krasnova, 2023

Article writers, 2023

Scientific public organization
“Professional science”, 2023

Table of contents

INTRODUCTION	5
ENVIRONMENT AND ECOLOGY	6
Katsnelson E.I., Balaeva-Tikhomirova O.M., Murashevich V.V., Sidorova T. V., Vishnevskaya M.V. Influence of physico-chemical characteristics of the habitat on the biochemical composition of animals living within the floodplain of the river Vitba.....	6
Tolkacheva T.A., Fomicheva N.S., Guzova Y.D., Pilipenko D.V., Petrochenko A. Influence of physico-chemical characteristics of the habitat on the biochemical composition of plants growing within the floodplain of the river Vitba.....	22
MEDICAL RESEARCH AND HEALTHCARE	32
Musikhin I.G., Bondareva D.A., Musikhin V.I. Schroth Therapy for 3-D Deformities of the Columna Vertebralis: Practical Experience.....	32
REVIEWS AND ANALYSIS.....	43
Bulgakova I.N. Formation of the optimal composition of the project team based on the theory of the difficulty of achieving the goal	43
SCIENTIFIC METHODS AND TECHNOLOGIES	52
Toygambayev S.K., Omarov T.S., Abenov A.T., Telovov N.K. Two-stage double-row deep loader RG-0.5.2	52
CONCLUSION	57

INTRODUCTION

In the contemporary world, scientific research plays a pivotal role in shaping our modern society and adapting to the rapidly changing challenges of our time. The development of scientific disciplines and their practical applications are becoming increasingly vital in addressing global issues, including environmental sustainability, healthcare, management, and technological innovations.

In this issue of the "International Journal of Professional Science," we provide readers with a unique opportunity to delve into diverse scientific disciplines presented by authors from around the globe. These research endeavors embody modern scientific trends, addressing pressing questions and providing answers to complex problems facing our society.

We place particular emphasis on ecology and environmental conservation, recognizing that climate change and the depletion of natural resources pose threats to our future. The research in the "ENVIRONMENT AND ECOLOGY" section underscores the intrinsic connection between humans and nature and underscores the importance of responsible stewardship of our planet.

The "MEDICAL RESEARCH AND HEALTHCARE" section allows us to peer into the future of medicine and healthcare. Modern scientific technologies and methods play a decisive role in disease diagnosis, treatment, and prevention, and the articles in this section offer a unique glimpse into the future of healthcare.

Research in the "REVIEWS AND ANALYSIS" section helps us understand the intricacies of goal achievement and the formation of effective teams in science and business. Additionally, in the "SCIENTIFIC METHODS AND TECHNOLOGIES" section, we learn about the latest technological advancements and their potential to transform various industries.

This issue of the journal is intended to underscore the importance of scientific research in the contemporary world and inspire our readers toward further discoveries and innovations.

With respect,
Natalia Krasnova, Ph.D.
Chief Editor

ENVIRONMENT AND ECOLOGY

UDC 591.5:577.1:556.52(476.5)

Katsnelson E.I., Balaeva-Tikhomirova O.M., Murashevich V.V., Sidorova T. V., Vishnevskaya M.V. Influence of physico-chemical characteristics of the habitat on the biochemical composition of animals living within the floodplain of the river Vitba

Влияние физико-химических характеристик среды обитания на биохимический состав животных, обитающих в пределах поймы реки Витьба

Katsnelson Ekaterina Iosifovna, Balaeva-Tikhomirova Olga Mikhailovna, Murashevich Viktoria Viktorovna, Sidorova Tatiana Vasilievna, Vishnevskaya Maria Viktorovna

1. Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Natural Science Education of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University"
 2. Head of the Department of Chemistry and Natural Science Education of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University"
 3. 3rd year student of the Department of Chemistry, Biology and Geography of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University"
 4. Master's degree graduate of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University"
 5. Master's degree graduate of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University"
- Кацнельсон Екатерина Иосифовна, Балаева-Тихомирова Ольга Михайловна, Мурашевич Виктория Викторовна, Сидорова Татьяна Васильевна, Вишневская Мария Викторовна
1. Старший преподаватель кафедры химии и естественнонаучного образования факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 2. Заведующий кафедры химии и естественнонаучного образования факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 3. Студент 3 курса факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 4. Выпускница магистратуры факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 5. Выпускница магистратуры факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Abstract. *In this paper, the authors studied the biochemical parameters of two species of pulmonate molluscs: common pondweed (*Lymnaea stagnalis*) and horny coil (*Planorbarius corneus*).*

Keywords: *water, molluscs, anthropogenic conditions.*

Аннотация. *В данной статье авторами было изучены биохимические показатели двух видов легочных моллюсков: прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*).*

Ключевые слова: *вода, моллюски, антропогенные условия*

Рецензент: Ерофеевская Лариса Анатольевна - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (ИПНГ СО РАН)

Водные экосистемы представляют собой естественную водную среду, в которой живые и неживые составляющие связаны в единое функциональное целое обменом вещества и энергии, что сопровождается трансформацией веществ под воздействием ряда физических, химических и биологических факторов [5]. Загрязнение водной среды, наряду с дефицитом пресной воды, является глобальной экологической проблемой. В водоемах увеличивается содержание веществ антропогенного происхождения, токсичность которых для большинства водных организмов проявляется уже в малых концентрациях [4].

Среди пресноводных моллюсков наиболее удобными объектами для экологических, биохимических и физиологических исследований являются большой прудовик и катушка роговая, в связи с их доступностью, несложностью идентификации и наличием литературы для анализа полученных данных. Моллюски являются высокочувствительными к загрязнению вод тяжелыми металлами и играют ведущую роль в аккумуляции и переносе химических веществ в водоемах. Аккумулируя различные химические вещества, моллюски выступают как основной фактор, повышающий самоочищающую способность водоемов [1]. Для оценки состояния организма определяют показатели углеводного, азотного и липидного обменов и изучают скорость мобилизации и утилизации энергетических субстратов, при воздействии различных факторов [2, 3].

Цель статьи – провести системный эколого-биологический анализ территории поймы р. Витьба на основе оценки биохимических показателей моллюсков и биотического индекса.

Материал и методы исследования. Все исследуемые образцы почвы, воды, моллюсков и бентосных организмов были отобраны на одной территории в пределах поймы р. Витьба.

Влияние физико-химических характеристик среды обитания на биохимический состав растений и животных, обитающих в пределах поймы р. Витьба включало в себя этапы исследования:

1. Установление физико-химических характеристик почв.

В почве определялась концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почве – Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , активность почвенных ферментов – каталазы, уреазы, протеазы;

2. Определение физико-химических характеристик воды и корреляционных зависимостей между показателями почвы и воды. Определялось содержание тяжелых металлов (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) сульфат-ионов, солей жесткости, гидрокарбонатов кальция и магния, и некоторых катионов (NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}) в образцах воды из р. Витьба;

3. Выявление биохимических особенностей легочных пресноводных моллюсков обитающих на данной территории, как биоиндикаторов состояния окружающей среды.

При проведении исследований использовались два вида легочных пресноводных моллюсков – прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*). Исследования проводились на 216 легочных пресноводных моллюсках, разделенных на две группы: 108 особей *Lymnaea stagnalis* и 108 особей *Planorbarius corneus*. Моллюски собирались из р. Витьбы Витебского района. В каждой исследовательской подгруппе содержалось по 9 моллюсков. Сбор осуществлялся в осенний (октябрь) период 2020-2021 гг., в весенний (апрель) период 2020-2021 гг. и в летний период (июль) 2020-2021гг. Особи собирались вручную. Определение видовой принадлежности пресноводных моллюсков проводили с использованием литературы. Стандартизацию объектов исследования выполняли, используя во всех экспериментах животных одинакового размерного класса от 4 до 4,5 сантиметров, массой от 5 до 6 грамм. Расчетный возраст такой группы составляет около 50 недель (1 год), при средней продолжительности жизни 2 года [12, 13]. После отлова в лабораторных условиях осуществлялся забор материала (гепатопанкреаса и гемолимфы) для дальнейшего исследования. Определялись показатели азотного, липидного и углеводного обменов в гепатопанкреасе и гемолимфе легочных моллюсков (*Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*); сравнительный анализ показателей азотного, липидного и углеводного обменов легочных пресноводных моллюсков с учетом сезона сбора [14, 15].

Методики исследования физико-химических характеристик воды и почвы

Пробы почв отбирали в сентябре – октябре. Верхний растительный слой почвы снимали, и на глубине 20 см отбирали опытную пробу, помещали в стеклянный сосуд с притертой крышкой. Анализ почвы проводили в течение 3 недель с момента сбора проб, чтобы избежать нарушения почвенного состава.

Каталазную активность почвы определяли титриметрическим методом на основании измерения количества неразложившейся перекиси с образованием окрашенных комплексов [6]. Определение активности уреазы почвы проводилось спектрофотометрическим методом, основанным на учете количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида [7]. Спектрофотометрическое определение активности протеазы основано на учете количества аминокислот, образующихся при протеолизе внесенных в почву белков, путем связывания их в окрашенные комплексы. Активность инвертазы определяли спектрофотометрическим методом, который основан на изменении оптических свойств раствора сахарозы при воздействии фермента [8].

Определение ионов цинка проводилось при помощи комплексонометрического титрования на основании образования комплексов ионов металлов с аминокислотами. Медь определялась методом прямой фотометрии [11]. Определения железа (II) проводилось спектрофотометрическим методом на основании того, что сульфосалициловая кислота или ее натриевая соль образуют с солями железа окрашенные комплексные соединения, причем в слабокислой среде сульфосалициловая кислота реагирует, только с солями железа (III), а в слабощелочной среде – с солями железа (III) и (II) (желтое окрашивание, обусловленное образованием трисульфосалицилата железа) [11].

Методика определения катионного состава методом капиллярного электрофореза. Образцы исследовали на приборе «Капель 105» (Льюмэкс, Россия) с кварцевым капилляром (диаметр 75 мкм, $L_{общ}/L_{эф} = 60/50$ см), детектирование проводилось при 267 нм. Чтение и обработку хроматограмм проводили с использованием программы «МультиХром». Полученные данные сопоставлялись с показателями предельно допустимых концентраций (ПДК) исследуемых катионов: аммоний (NH_4^+) – 2,5 мг/л; калий (K^+) – 200 мг/л; натрий (Na^+) – 200 мг/л; магний (Mg^{2+}) – 100 мг/л; стронций (Sr^{2+}) – 7 мг/л; кальций (Ca^{2+}) – 200 мг/л.

Определение общей жесткости воды осуществляли методом комплексонометрического титрования. Для определения класса жесткости полученные данные сопоставляли со справочной информацией [10]. Карбонатную жесткость определяли титрованием определенного объема воды рабочим раствором соляной кислоты с метиловым оранжевым. В основе турбидиметрического определения сульфат-ионов лежит реакция образования сульфата бария [9]: $SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4$. К анализируемому образцу воды прибавляли осаждающий раствор и измеряли мутность смеси, строили градуировочный график. Предельно допустимой концентрации сульфат-ионов для природных пресных водоемов ($ПДК_{SO_4^{2-}} = 500$ мг/л).

Определение биотического индекса. Пробы отбирались и исследовались согласно ТКП 17.13-17-2014 «Порядок отбора проб и определение гидробиологических показателей. Макрзообентос»:

- порядок отбора проб макрозообентоса;
- порядок разбора проб макрозообентоса;
- порядок определения таксономического состава и гидробиологических показателей. Определен индекс Майера и модифицированный биотический индекс (МБИ)

Методики определения биохимических показателей тканей моллюсков

Определение показателей гемолимфы проводили с использованием наборов реагентов НТПК «Анализ Х» (общий белок, мочевиная кислота), «Мочевина-01-Витал» (мочевина) [15]. Концентрацию глюкозы в гемолимфе определяли глюкозооксидазным методом наборами фирмы Диакон Диасис [15]. Определение концентрации белка (мг/г ткани) проводили по методу Лоури [16]. Содержание ДНК и РНК (мг/г ткани) устанавливали по методу Blober и Potter. Гликоген определяли методом Krisman [15]. Для количественного установления продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-положительных веществ (ТБК-ПВ) использовали тест с 2-тиобарбитуровой кислотой [15]. Активность каталазы (1.11.1.6) выявляли по реакции с молибдатом аммония [15]. Определение количества восстановленного глутатиона проводили по реакции взаимодействия GSH с ДТНБК (5,5'-дитио-бис-2-нитробензойной кислотой) с образованием окрашенного в желтый цвет аниона 2-нитро-5-тиобензоата [15].

Весь цифровой материал вводился для хранения и обработки в таблицы Microsoft Excel и Statistica. Для проверки гипотез о различии средних значений изучаемого признака в исследуемых группах применялся t-критерий Стьюдента. Выборочные параметры, приводимые далее в таблицах, имеют следующие обозначения: М – среднее, m – стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение.

Определение биотического индекса. Пробы отбирались и исследовались согласно ТКП 17.13-17-2014 «Порядок отбора проб и определение гидробиологических показателей. Макрзообентос»:

- порядок отбора проб макрозообентоса;
- порядок разбора проб макрозообентоса;
- порядок определения таксономического состава и гидробиологических показателей. Определен индекс Майера и модифицированный биотический индекс (МБИ)

Для оценки степени влияния антропогенных факторов на среду обитания исследовались образцы почвы, отобранной в пределах поймы р. Витьба. В почвенных

вытяжках определены концентрации ионов тяжелых металлов, высокое содержание которых может приводить к деградации почвенного покрова (таблица 1).

Таблица 1

Содержание ионов тяжелых металлов в почве в реке Витьба (мг/кг почвы) ($M \pm m$)

Район отбора проб почвы (n=9)	Cu ²⁺	Fe ³⁺	Zn ²⁺
Витебский р-н	1,19±0,177 ¹	4,36±0,101 ¹	46,04±2,363 ¹

Примечание: ¹p < 0,05 по сравнению с ПДК.

В почве, отобранной в пределах поймы р. Витьба Витебского района концентрация ионов меди (II) высокое. При сравнении значений содержания ионов меди (II) со значением ПДК 3,0 мг/кг почвы превышений не установлено. Концентрация ионов железа (III) (ПДК железа (III) – 5,0 мг/кг почвы) не превышает ПДК в исследуемых образцах. Сравнив, полученные данные со значением ПДК цинка (II) – 23,0 мг/кг почвы, установлено превышение содержания ионов цинка (II) в почве в Витебском районе – в 2,0 раза.

Тяжелые металлы попадают в почву различными путями. Основная масса их формируется в почве за счет материнской породы. Однако наряду с естественным путем формирования пула тяжелых металлов в почве пополнение этих элементов происходит и за счет деятельности человека. Диагностика уровня загрязненности почв тяжёлыми металлами является важной задачей экологии, так как поллютанты, находящиеся в почвах прибрежной зоны, попадают в водоем, а затем в организм моллюсков, вызывая у животных отравления и нарушение метаболизма.

На следующем этапе была определена активность ферментов, являющихся показателями эколого-функционального состояния почвы (таблица 2).

Таблица 2

Ферментативная активность почв прибрежной зоны в реке Витьба ($M \pm m$)

Район отбора проб почвы (n=9)	Активность каталазы (см ³ O ₂ / г за 1 мин)	Активность протеазы (мг альбумина / 10 г за 24 ч)	Активность уреазы (мг NH ₃ / 10 г за 24 ч)
Витебский р-н	3,62 ± 0,082 ¹	1,53 ± 0,015 ¹	105,01 ± 0,340 ¹

Примечание: ¹p < 0,05 по сравнению со средней активностью фермента.

Ферменты участвуют в процессах почвообразования и в формировании качественного признака почв – плодородия. Важнейшей характеристикой ферментативных комплексов почв является упорядоченность действия имеющихся групп ферментов. Она проявляется в том, что обеспечивается одновременное действие ряда ферментов, представляющих различные группы. Ферменты исключают накопление избытка подвижных простых соединений путем связывания и направления

в циклы, завершающиеся образованием более сложных соединений. Каталаза – фермент, катализирующий расщепление токсичной перекиси водорода на воду и свободный кислород. Большое влияние на активность фермента в почве оказывает растительность. Как правило, почвы, находящиеся под растениями с мощной глубоко проникающей корневой системой, характеризуются высокой активностью каталазы. Особенность активности каталазы заключается в том, что вниз по почвенному профилю она мало изменяется и зависит от влажности почв и от температуры. В исследуемых образцах почвы средняя активность фермента по сравнению со стандартной шкалой активности.

Протеазы – это группа ферментов, при участии которых белки расщепляются до полипептидов и аминокислот, далее они подвергаются гидролизу до аммиака, диоксида углерода и воды. В связи с этим протеазы имеют важнейшее значение в жизни почвы, так как с ними связаны изменение состава органических компонентов и динамика усвояемых для растений форм азота. Установлена невысокая активность протеазы в почве, отобранной в пределах поймы р. Витьба.

Уреаза – фермент, катализирующий гидролиз мочевины. Эту реакцию можно рассматривать как процесс экологической минерализации продукта азотистого обмена; в результате этого процесса водорастворимый нелетучий органический субстрат – мочевина трансформируется в летучие продукты – аммиак и диоксид углерода. Основная масса образовавшихся продуктов не улетучивается, а в нейтральной среде воды и почвы взаимодействует между собой с образованием преимущественно гидрокарбоната аммония. Последний усваивается растениями и микроорганизмами, и утилизируется как источник азота для биосинтеза протеинов, нуклеиновых кислот и других важных азотистых биоорганических компонентов растений и микробов. В результате реакции катализируемой уреазой биотический поллютант мочевина превращается в аммонийную соль. Активность уреазы установлена в Витебском районе высокая. Сравнив полученные данные со шкалой активности уреазы, установлено: в Витебском районе активность фермента очень высокая.

Уровень ферментативной активности и содержание тяжелых металлов в почве являются эффективными диагностическими показателями при оценке степени антропогенной нагрузки, уровня деградации почвы и загрязнения природных водоемов. Почвы, отобранной в пределах поймы р. Витьба Витебского района является наиболее загрязненной по содержанию тяжелых металлов, что соответственно отражается на активности почвенных ферментов. Это объясняется тем, что предприятия города используют реку в промышленных целях, осуществляют в нее сброс сточных вод, также

ситуация усугубляется активным использованием берега реки в качестве зон отдыха в летний сезон, парковка автомобилей вблизи водоема. Содержание ионов тяжелых металлов в почве и ее ферментативная активность в пределах поймы р. Витьба находится в тесной взаимосвязи с физико-химическими показателями в воде р. Витьба, так как тяжелые металлы мигрируют между средами, а также растениями и животными, обитающими на данной территории.

Качество природных водоемов в целом характеризуется разнообразными показателями, важнейшими из которых являются катионный состав, наличие ионов железа, меди и цинка, жесткость, наличие токсичных соединений. Показатели качества воды регламентируются ГОСТами. В формировании состава природных вод важная роль принадлежит процессам обмена между ионами, содержащимися в воде, и ионами, входящими в состав почвы. В исследуемых образцах воды определены концентрации ионов тяжелых металлов, оказывающих неблагоприятное воздействие на показатели эколого-функционального состояния водной экосистемы (таблица 3).

Таблица 3

Содержание растворенных форм металлов в реке Витьба (мг/л) ($M \pm m$)

Район отбора проб воды (n=9)	Показатель		
	Fe ³⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
Витебский р-н	0,655 ± 0,017	3,101 ± 0,025	1,776 ± 0,094

Примечание: $^1p < 0,05$ по сравнению с ПДК

Полученные результаты были сопоставлены со значениями ПДК для данных элементов. В отношении содержания ионов железа (III) были выявлено превышения значения ПДК (0,5 мг/л) в воде из р. Витьба в Витебском районе в 1,3 раза. При сравнении содержания ионов цинка (II) со значением ПДК (0,1 мг/л) были выявлены превышения в Витебском районе в 17,8 раз.

Сравнив содержание ионов меди (II) в воде из исследуемого водоема со значениями ПДК (1 мг/л) были выявлены следующие превышения: Витебский район в 3,1 раза. Источниками загрязнения вод тяжелыми металлами служат сточные воды промышленных предприятий и заводов. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий. Повышение концентрации тяжелых металлов в природных водах часто связано с другими видами загрязнения, например, с закислением. Для характеристики воды из водоемов также установлено содержание сульфат-ионов и катионов, обуславливающих жесткость воды (таблица 4).

По содержанию сульфат-ионов в исследуемых пробах воды превышения значения ПДК (500 мг/л) не выявлено. Максимальное значение отмечается в образцах

воды из реки Витьба Витебского района. Жесткость природных вод обусловлена наличием в них кальция и магния. Жесткость может варьироваться в довольно широких пределах, и в течение года непостоянна. Увеличивается жесткость из-за испарения воды, уменьшается из-за обильных дождей, а также в период таяния снега и льда. По содержанию катионов, обуславливающих жесткость воды исследуемые пробы можно разделить: жесткая вода – Витебский район. В пробах воды из Витебского района отмечены максимальные значения карбонатной и общей жесткости.

Таблица 4

Содержание сульфат-ионов (мг/л) и катионов, обуславливающих жесткость воды ($^{\circ}$ Ж – градус жесткости) в исследуемых природных водах ($M \pm m$)

Район отбора проб воды (n=9)	Показатель		
	Сульфаты	Карбонатная жесткость	Общая жесткость
Витебский р-н	153,98 ± 0,16 ¹	0,93 ± 0,066	8,1 ± 0,18

Примечание: $^1p < 0,05$ по сравнению с ПДК.

Концентрации катионов рассчитаны на основе градуировочных смесей, приготовленных из растворов соответствующих государственных стандартных образцов, и имеют усредненное из пяти значение. Полученные результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5

Содержание катионов (мг/л) в реке Витьба

Район отбора проб воды (n=5)	Показатель					
	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺
Витебский р-н	450,2 ¹	274,5 ¹	2015,0 ¹	714,1 ¹	-	2965,0 ¹

Примечание: $^1p < 0,05$ по сравнению с ПДК.

Результаты проведенных исследований показали, что ПДК катионов аммония (NH₄⁺) значительно превышена в водоемах Витебского района в 181 раз. При определении содержания катионов натрия (Na⁺) превышения ПДК были зафиксированы в пробах воды Витебского района в 10 раз. Превышения концентрации катионов магния (Mg²⁺) по сравнению с ПДК были обнаружены в пробах воды из исследуемого водоема. В образцах воды из Витебского района, превышающее ПДК в 7,1 раза. Катионы стронция (Sr²⁺) в исследуемых образцах воды не были обнаружены. При определении концентрации катионов кальция (Ca²⁺) превышения ПДК были обнаружены во всех водоемах. Наибольшая концентрация ионов кальция установлена в образцах воды из Витебского района (выше ПДК в 14,8 раз).

Из анализа таблицы 6 следует, что при сравнении физико-химических характеристик воды и почвы зоны в пределах поймы р. Витьба выявлены статистически

значимые корреляционные связи средней и сильной силы взаимного влияния. Отрицательных корреляционных связей между физико-химическими характеристиками воды и почвы не выявлено. Наиболее тесные положительные корреляционные взаимосвязи найдены для содержания ионов железа в почве и активности каталазы в почве, карбонатной жесткости воды и активности протеазы в почве, содержания ионов цинка в почве и активности протеазы в почве. Данная степень корреляционной взаимосвязи составила от 0,81119 ($P = 0,0004$) до 0,96673 ($P = 0,0604$). Сильная степень корреляционной связи отмечена для общей жесткости воды и активностью каталазы в почве и составила 0,70525 ($P = 0,0004$).

Таблица 6

Корреляционные зависимости физико-химических характеристик воды и почвы в пределах поймы р.Витьба Витебского района

Показатели	Коэффициент корреляции (R) по Спирмену	Теснота корреляционной связи	Уровень значимости по Манну-Уитни
Fe^{2+} (п) – уреазы (п)	0,81119	сильная	$P = 0,0004$
Zn^{2+} (п) – уреазы (п)	0,67133	средняя	$P = 0,0037$
Общая жесткость (в) – каталаза (п)	0,70527	сильная	$P = 0,0004$
Карбонатная жесткость (в) – каталаза (п)	0,85615	сильная	$P = 0,0004$
Zn^{2+} (в) – протеазы (п)	0,96673	сильная	$P = 0,0604$
Cu^{2+} (в) – Fe^{2+} (в)	0,62238	средняя	$P = 0,0004$
SO_4^{2-} (в) – медь (в)	0,62937	средняя	$P = 0,0004$
Fe^{2+} (в) – цинк (в)	0,63047	средняя	$P = 0,0006$
Общая жесткость (в) – карбонатная жесткость (в)	0,61796	средняя	$P = 0,0004$

Зообентос удобен при оценке общего экологического состояния водоёма. В практике биоиндикационных исследований наибольшее значение получил макрозообентос, представленный организмами разного систематического положения. Для оценки качества воды нами использован метод Майера, приемлемый для любых типов водоёмов. Он основан на приуроченности различных групп водных беспозвоночных к водоёмам с определённым уровнем загрязнённости. При этом все организмы делятся на три индикаторные группы - группы Майера.

Группа I - обитатели чистых вод. К ним относятся личинки веснянок, личинки подёнок, личинки ручейников, личинки вислокрылок и двустворчатые моллюски.

Группа II - обитатели умеренно загрязнённых вод. К ним относятся рачки-бокоплавы, речной рак, личинки стрекоз, личинки комаров-долгоножек, моллюски-катушки и живородки.

Группа III - обитатели загрязнённых вод. К ним относятся личинки комаров-звонцов, пиявки, водяной ослик, моллюски-прудовики, личинки мошек и малоцетинковые черви.

Все организмы, обнаруженные в пробе, распределяются в соответствии с индикаторными группами Майера. Количество организмов из первой группы (обитатели чистых вод) умножают на 3, количество организмов из второй группы - на 2, из третьей - на 1. Получившиеся цифры складывают и определяют индекс Майера. Этот показатель позволяет судить о степени загрязнённости водоёма.

Если индекс Майера превышает 22 балла - водоём 1 класса качества.

Индекс Майера от 17 до 21 баллов - 2 класс качества.

Индекс Майера от 11 до 16 баллов - 3 класс качества.

Индекс Майера меньше 11 баллов - 4-7 класс качества.

Исследования проводились в июле 2022г. Отбор проб бентоса проводили на глубине 0,5 метра от берега гидрологическим сачком. На каждом озере выбрано 5 участков, на каждом участке по 3 площадки размером 1м². Таким образом на каждом озере обследовано по 15 площадок площадью 1м² каждая.

Зообентос р. Витьба составили: катушка, прудовик, личинки стрекоз, личинки комаров-звонцов. Индекс Майера 6, что соответствует 4 классу качества воды, грязные воды (таблица 7).

Таблица 7

Организмы бентоса, выявленные при обследовании р. Витьба

Обитатели чистых вод	Обитатели умеренно загрязненных вод	Обитатели загрязненных вод
-	Личинки стрекоз, катушка,	личинки комаров-звонцов, моллюски-прудовики

Загрязнение водоемов происходит как естественным путем (поступают с дождевыми водами, смываются с берегов, а также образуются в процессе развития и отмирания животных и растительных организмов), так и искусственным путем (в результате хозяйственной деятельности человека).

При проведении системно-экологического анализа определения экологического статуса водоемов по гидрохимическим показателям воды и биотическому индексу. Установлено, что уровень антропогенной нагрузки влияет на гидрохимические показатели, биотический индекс и как следствие на класс чистоты природных вод. Река Витьба характеризуется высокой антропогенной нагрузкой – 10 баллов. Класс качества воды имеет закономерные силе антропогенной нагрузке характеристики: р. Витьба – 4 класс (грязный водоем).

Особенности обменных процессов моллюсков из р. Витьба

Изменения окружающей среды влияют на водные экосистемы в целом и на их обитателей в частности. Поэтому в качестве биоиндикаторов антропогенного влияния на среду используют легочных пресноводных моллюсков. Методы биоиндикации имеют ряд существенных преимуществ по сравнению физико-химическими методами анализа: высокая чувствительность и специфичность биоиндикаторов к токсическим веществам; суммирование всех без исключения данных о загрязнении; возможность характеризовать состояние той или иной среды за длительный промежуток времени; низкая себестоимость исследований.

Определение особенностей метаболизма легочных пресноводных моллюсков проводили с учетом сезонных изменений и условий обитания особей. Моллюски из реки Витьба Витебского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблицы 8, 9).

Таблица 8

Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* из р. Витьба Витебского района ($M \pm m$)

Показатель	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	37,04±0,52 ¹	24,15±0,32	33,31±0,46 ¹
Общий белок (гепатопанкреас) (мг/г)	189±7,1 ^{1,2}	135±7,3	256±8,2 ¹
ДНК (мг/г)	1,44±0,11 ²	1,67±0,09	1,83±0,10 ¹
РНК (мг/г)	10,20±0,58 ^{1,2}	7,44±0,35	5,46±0,35 ¹
Мочевая к-та (мкмоль/л)	137,99±5,23 ^{1,2}	119,56±3,45	92,14±2,02 ¹
Мочевина (ммоль/л)	6,54±0,06 ¹	8,15±0,08	6,02±0,06 ¹
Глюкоза (ммоль/л)	1,90±0,072 ^{1,2}	1,21±0,022	0,73±0,045 ¹
Гликоген (мг/г)	17,58±0,133 ^{1,2}	20,88±0,244	24,05±0,208 ¹
ТБК-ПВ (мкмоль/г)	8,04±0,55 ^{1,2}	4,36±0,25	5,24±0,33 ¹
Восстановленный глутатион (мкмоль/г)	11,43±0,15 ^{1,2}	7,22±0,08	8,94±0,07 ¹
Каталаза (мкмоль/мин/г)	82,4±1,4 ^{1,2}	31,2±1,2	52,3±1,3 ¹

Примечание: ¹p < 0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ²p < 0,05 по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Таблица 9

Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* из р. Витьба Витебского района ($M \pm m$)

Показатель	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	14,03±0,22 ¹	11,35±0,16	15,87±0,25 ¹
Общий белок (гепатопанкреас) (мг/г)	271±7,6 ^{1,2}	186±8,8	323±21,7 ¹
ДНК (мг/г)	1,74±0,04 ^{1,2}	2,09±0,04	2,49±0,03 ¹
РНК (мг/г)	9,07±0,42 ^{1,2}	7,06±0,16	5,74±0,24 ¹
Мочевая к-та (мкмоль/л)	74,47±1,48 ^{1,2}	45,56±2,33	25,46±0,64 ¹
Мочевина (ммоль/л)	5,93±0,17 ¹	7,14±0,11	6,05±0,03 ¹
Глюкоза (ммоль/л)	0,93±0,006 ^{1,2}	0,60±0,035	0,41±0,037 ¹

Показатель	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Гликоген (мг/г)	23,11±0,174 ²	26,21±0,182	27,42±0,612
ТБК-ПВ (мкмоль/г)	9,32±0,47 ^{1,2}	3,56±0,24	5,18±0,26 ¹
Восстановленный глутатион (мкмоль/г)	11,64±0,13 ^{1,2}	8,04±0,05	9,12±0,08 ¹
Каталаза (мкмоль/мин/г)	88,4±2,3 ^{1,2}	41,4±1,3	56,6±2,6 ¹

Примечание: ¹p < 0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ²p < 0,05 по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Содержание общего белка в гепатопанкреасе обоих видов моллюсков в весенний и осенний периоды сбора превышало летние значения показателя в 1,4 и 1,9 раза соответственно. Концентрация общего белка в гемолимфе *Pl. corneus* и *L. stagnalis*, собранных летом, была меньше в 1,4 раза по сравнению с моллюсками собранными весной и осенью. Содержание мочевины в гемолимфе моллюсков собранных летом превышал весенние и осенние значения в 1,2 раза. Уровень ДНК в гепатопанкреасе катушки роговой и прудовика обыкновенного увеличивается от весны к осени в 1,2 и 1,4 раза соответственно. Содержание гликогена в гепатопанкреасе двух видов моллюсков увеличивается от весны к осени в 1,2 раза. По сравнению с осенним периодом сбора у *Pl. corneus* повышено содержание РНК в весенний и летний периоды сбора в 1,9 и 1,4 раза, у *L. stagnalis* – в 1,6 и 1,2 раза. Концентрация мочевой кислоты повышена в весенний и летний периоды сбора у катушки обыкновенной в 1,2 и 1,5 раза соответственно, у прудовика обыкновенного – в 2,9 и 1,6 раза по сравнению с осенним периодом сбора. По сравнению с весенним и летним периодами сбора у двух видов моллюсков понижено содержание глюкозы в осенний период сбора в 2,3 и 1,6 раза соответственно. У *Pl. corneus* повышено содержание ТБК-ПВ и восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе в осенний и весенний периоды сбора в 1,6 и 1,2 раза соответственно, у *L. stagnalis* в 2,6 и 1,5 раза ТБК-ПВ и в 1,4 раза восстановленный глутатион по сравнению с летним периодом сбора. Активность каталазы по сравнению с летним периодом сбора у *Pl. corneus* повышена в 2,6 и 1,7 раза, у *L. stagnalis* – в 2,1 и 1,4 в весенний и осенний периоды сбора.

Данные особенности обмена веществ легочных пресноводных моллюсков связаны с экологическими характеристиками реки Витьба Витебского района и ее прибрежной зоны. Витьба – река в Витебском районе, левый приток реки Западная Двина. Длина – 33 км. Река берет начало у деревни Поддубье в пределах Витебской возвышенности. Площадь водосбора – 275 км². Водосбор на северо-западных склонах Витебской возвышенности. В границе города река имеет протяженность 4,8 км. Русло реки извилистое, шириной 20-30 м, в низовье – до 60 м. На берегах и островах реки созданы зоны отдыха, в которые входят парк имени Фрунзе и зона отдыха на

набережной реки Витьба. На правом берегу расположен Ботанический сад. Берега реки соединены автомобильными и пешеходными мостами. Река Витьба имеет выраженные признаки антропогенного воздействия. Наличие на ее берегах зон отдыха усугубляет это воздействие. На берегах и в воде реки можно наблюдать много мусора. На дне реки обнаружен черный ил, что свидетельствует о большом количестве органических веществ в воде. Вода имеет желтоватый оттенок и легкий болотный запах, что является начальными признаками эвтрофикации водоема.

Заключение. В результате проведенных исследований было определено содержание ионов тяжелых металлов в пробах воды и почвы, исследована активность ферментов, проведен системно-экологический анализ содержания ионов металлов в почве и ее ферментативной активности с учетом антропогенной нагрузки, особенности химического состава растений и показателей метаболизма легочных пресноводных моллюсков с учетом сезонных изменений. Согласно полученным данным можно сделать следующие выводы.

Легочные моллюски являются удобными и наиболее широко используемыми объектами для мониторинга биологического состояния водных экосистем. Кроме их чувствительности к действиям различных физических (температура, ультрафиолетовое излучение, ионизирующее излучение и др.), химических (свободно-радикальные процессы) и биологических (бактериальные инфекции, паразитирование личинок трематод) факторов, следует учитывать также влияние на исследуемые показатели сезона года и местообитания. Изменения в метаболизме легочных пресноводных моллюсков связаны с тем, что они подстраиваются под изменяющиеся условия среды. При исследовании показателей обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе, двух видов моллюсков установлены следующие закономерности. Содержание общего белка в гемолимфе двух видов моллюсков снижено в летний период времени и повышено весной и осенью. Уровень мочевины в гемолимфе имеет обратную закономерность. Мочевая кислота в гемолимфе двух видов моллюсков закономерно повышается от осени к весне. Содержание РНК в тканях гепатопанкреаса и глюкозы в гемолимфе катушки роговой и прудовика обыкновенного закономерно снижается от весны к осени, а содержание ДНК и гликогена наоборот растет. Содержание общего белка в тканях гепатопанкреаса обоих видов моллюска уменьшается по сезонам в последовательности осень > весна > лето. На активность антиоксидантной системы *Pl. corneus* и *L. stagnalis* влияют сезонные и антропогенные факторы окружающей среды. Содержание ТБК-ПВ, восстановленного глутатиона и активность каталазы в гепатопанкреасе моллюсков изменяются однотипно во всех исследуемых водоемах: самые низкие значения летом,

весенние значения превышают летний уровень примерно в 2 раза, а осенние – в среднем в 1,5 раза.

Таким образом, на основании полученных данных может быть создан алгоритм установления экологического состояния природных экосистем с учетом химического состава животных обитающих на данной территории.

References

1. Дурынина, Е.П. Агрехимический анализ почв, растений, удобрений / Е.П. Дурынина, В.С. Егоров. – М.: МГУ, 1998. – 113 с.
2. Абрамян, С.А. Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов / С.А. Абрамян // журн. Почвоведение. – 1992. – №7. – С. 70-82.
3. Безуглова, О.С. Влияние города на почвообразование и свойства почв / О.С. Безуглова, С.Н. Горбов, И.В. Морозов // в кн. «Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области». Том 1. Экология города Ростова-на-Дону. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2003. – С. 182–240.
4. Галиулин, Р.В. Индикация загрязнения почв тяжелыми металлами путем определения активности почвенных ферментов / Р.В. Галиулин // Агрехимия 1989. – №11. – С. 133-142.
5. Жерносек, А.К. Физико-химические методы анализа / А.К. Жерносек, И.С. Борисевич. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 12 с.
6. Звягинцев, Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
7. Dogar, M.A. / Effect of increasing zinc concentration in nutrient solution on growth and cinetica of zinc uptake by rice / M.A. Dogar, Tang Van Hai // Z.Pflanzenhysiol. – 1979. – vol. 93, №3. – P. 207 – 217.
8. Абаев, А. К. Фотометрическое определение железа (III) и некоторых сопутствующих элементов В-дикетонами и их азометиновыми производными / А.К. Абаев – Баку, 1984. – 195 с.
9. Аксенова, В.И. Химия воды: Аналитическое обеспечение лабораторного практикума: учеб. пособие / В.И. Аксенова, Л.И. Ушакова, И.И. Ничкова. – Екатеринбург, 2014. – С. 5 – 6.
10. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу поверхности вод суши / О.А. Алекин – Л., 1973. – 1077 с.
11. Зуева, Н.В. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: учеб. пособие / Н.В. Зуева – СПб.: РГГМУ, 2019. – 140 с.
12. Вода. Методы определения цветности [Электронный ресурс] – 2019. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293785/4293785551.pdf>. – Дата доступа: 22.04.2023.
13. Водородный показатель вод. Методика измерения потенциометрическим

методом. [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293739/4293739174.pdf>. – Дата доступа: 19.03.2023.

14. Воды минеральные, природные, питьевые. [Электронный ресурс] – 2011. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293803/4293803606.pdf>. – Дата доступа: 17.03.2023.

15. Глинка, Н. Л. Общая химия / Н.Л. Глинка – Москва, 2002. – 164 с.

16. ГОСТ 8.292 Кондуктометры жидкости лабораторные. Методика поверки

17. Колпакова, В.П. Экология : учебно-методическое пособие / В.П. Колпакова, Г.Д. Толкушкина – Барнаул, 2011. – 78 с.

18. Титкова, Н.Д. Прогноз использования пресных питьевых вод в Беларуси
Н.Д. Титкова, Д.Д. Таликадзе // Актуальныя пытанні сучаснай навукі. Зборнік навуковых прац. Мн.: БДПУ, 2010. 150 с.

19. Фрог, Б.И. Водоподготовка / Б.И. Фрог, А.П. Левченко – М.; изд. МГУ, 1996. –55 с.

20. Шевцова, Н.С. Стандарты качества окружающей среды / Н.С. Шевцова – Минск: БГПУ, 2010. –140 с.

21. Эйхгорн, Г. Неорганическая биохимия: в 2 т. / Г. Эйхгорн – М.: Мир, 1978. – Т. 2. – 736 с.

22. Золотов, Ю.А. Химические тест-методы анализа / Ю.А. Золотов, В.М. Иванов, В.Г. Амелин. – Москва, 2002. – 304 с.

UDC 581.19:581.526.3:556.52(476.5)

Tolkacheva T.A., Fomicheva N.S., Guzova Y.D., Pilipenko D.V., Petrochenko A. Influence of physico-chemical characteristics of the habitat on the biochemical composition of plants growing within the floodplain of the river Vitba

Влияние физико-химических характеристик среды обитания на биохимический состав растений произрастающих в пределах поймы реки Витьба

**Tolkacheva Tatiana Aleksandrovna, Fomicheva Natalia Sergeevna,
Guzova Yanina Dmitrievna, Pilipenko Daniil Vasilyevich,
Petrochenko Anastasia**

1. Dean of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University".
 2. Postgraduate student of the Department of Chemistry and Natural Science Education of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Institution of Education "P.M. Masherov Vitebsk State University"
 3. 3rd year student of the Department of Chemistry, Biology and Geography of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University"
 4. Master's degree graduate of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Educational Institution "P.M. Masherov Vitebsk State University"
 5. 4th year student of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences Institution of Education "P.M. Masherov Vitebsk State University"
Толкачёва Татьяна Александровна, Фомичёва Наталья Сергеевна,
Гузова Янина Дмитриевна, Пилипенко Даниил Васильевич,
Петроченко Анастасия Дмитриевна
1. Декан факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 2. Аспирант кафедры химии и естественнонаучного образования факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 3. Студент 3 курса факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 4. Выпускник магистратуры факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
 5. Студент 4 курса факультета химико-биологических и географических наук Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Abstract. *The authors analysed the territory of the Vitba River, studied the chemical composition of soil, water and plants Turna latifolia, Ceraatopnyllum demersum, Lemna minor, Taraxacum officinale, Trifolium ruthensee, Armoracia Rusticana.*

Keywords: *plants, soil, water, analysis*

Аннотация. *авторами был проведен анализ территории р.Витьба, исследован химический состав почвы, воды и растений Турна latifolia, Cerаторныllum demersum, Lemna minor, Taraxacum officinale, Trifolium pratense, Armoracia rusticana.*

Ключевые слова: *растения, почва, вода, анализ*

Рецензент: Ерофеевская Лариса Анатольевна - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (ИПНГ СО РАН)

В условиях взрослой антропогенной нагрузки на биосферу планеты, почва, являясь элементом природной системы и находясь в динамичном равновесии со всеми другими компонентами, подвергается деградиционным процессам. Потоки веществ, попадая в почву в результате антропогенной деятельности, включаются в естественные циклы, нарушая нормальное функционирование почвенной биотопы, и как следствие, и всей почвенной системы. Среди различных биологических критериев оценки антропогенного влияния на почвы наиболее оперативными и перспективными являются биохимические показатели, дающие сведения о динамике важнейших ферментативных процессов в почве: синтезе и разложения органического вещества, нитрификации и других процессах. Среди поллютантов, поступающих в окружающую среду в результате антропогенного загрязнения, важную роль играют тяжелые металлы. Исследования показывают, что последние десятилетия их содержания во всех природных средах неуклонно нарастает. Тяжелые металлы могут оказывать токсическое действие на почвенную биоту, изменяя численность и состав микрофлоры, и ферментативную активность почв. В настоящее время возросла необходимость оценки влияния различных факторов окружающей среды на жизнеспособность организма. Растения часто используются в качестве источников биологически активных веществ, поэтому необходимо учитывать влияние физико-химическими показателями на химический состав, а также видовые особенности содержания веществ. Полученные данные можно применять для биомониторинга и биодиагностики состояния водных объектов [1-9].

Цель статьи – провести системный эколого-биологический анализ территории поймы р. Витьба на основе оценки физико-химических характеристик воды, почвы и биохимических показателей растений.

Материал и методы исследования. Все исследуемые образцы растений были отобраны на одной территории в пределах поймы р. Витьба. Все исследуемые образцы

почвы, воды и растений были отобраны на одной территории в пределах поймы р. Витьба.

Влияние физико-химических характеристик среды обитания на биохимический состав растений, обитающих в пределах поймы р. Витьба включало в себя этапы исследования:

1. Установление физико-химических характеристик почв.

В почве определялась концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почве – Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , активность почвенных ферментов – каталазы, уреазы, протеазы;

2. Определение физико-химических характеристик воды и корреляционных зависимостей между показателями почвы и воды. Определялось содержание тяжелых металлов (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) сульфат-ионов, солей жесткости, гидрокарбонатов кальция и магния, и некоторых катионов (NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}) в образцах воды из р. Витьба;

3. Установление некоторых показателей биохимического состава растений, произрастающих на данной территории.

В эксперименте задействован растительный материал – *Tурна latifolia*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense*, *Armoracia rusticana*. Были определены показатели: сумма фенольных соединений, фотосинтетических пигментов, флавоноидных соединений.

Методики исследования физико-химических характеристик почвы и воды

Пробы почв отбирали в сентябре – октябре. Верхний растительный слой почвы снимали, и на глубине 20 см отбирали опытную пробу, помещали в стеклянный сосуд с притертой крышкой. Анализ почвы проводили в течение 3 недель с момента сбора проб, чтобы избежать нарушения почвенного состава.

Каталазную активность почвы определяли титриметрическим методом на основании измерения количества неразложенной перекиси с образованием окрашенных комплексов [1-7]. Определение активности уреазы почвы проводилось спектрофотометрическим методом, основанным на учете количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида [8]. Спектрофотометрическое определение активности протеазы основано на учете количества аминокислот, образующихся при протеолизе внесенных в почву белков, путем связывания их в окрашенные комплексы. Активность инвертазы определяли спектрофотометрическим методом, который основан на изменении оптических свойств раствора сахарозы при воздействии фермента [7].

Определение ионов цинка проводилось при помощи комплексонометрического титрования на основании образования комплексов ионов металлов с

аминополикарбонowymi кислотами. [8]. Медь определялась методом прямой фотометрии [8]. Определения железа (II) проводилось спектрофотометрическим методом на основании того, что сульфосалициловая кислота или ее натриевая соль образуют с солями железа окрашенные комплексные соединения, причем в слабокислой среде сульфосалициловая кислота реагирует, только с солями железа (III), а в слабощелочной среде – с солями железа (III) и (II) (желтое окрашивание, обусловленное образованием трисульфосалицилата железа) [8].

Методика определения катионного состава методом капиллярного электрофореза. Образцы исследовали на приборе «Капель 105» (Люмэкс, Россия) с кварцевым капилляром (диаметр 75 мкм, $L_{общ}/L_{эф}$ = 60/50 см), детектирование проводилось при 267 нм. Чтение и обработку хроматограмм проводили с использованием программы «МультиХром». Полученные данные сопоставлялись с показателями предельно допустимых концентраций (ПДК) исследуемых катионов: аммоний (NH_4^+) – 2,5 мг/л; калий (K^+) – 200 мг/л; натрий (Na^+) – 200 мг/л; магний (Mg^{2+}) – 100 мг/л; стронций (Sr^{2+}) – 7 мг/л; кальций (Ca^{2+}) – 200 мг/л.

Определение общей жесткости воды осуществляли методом комплексонометрического титрования. Для определения класса жесткости полученные данные сопоставляли со справочной информацией [7]. Карбонатную жесткость определяли титрованием определенного объема воды рабочим раствором соляной кислоты с метиловым оранжевым. В основе турбидиметрического определения сульфат-ионов лежит реакция образования сульфата бария [9]: $SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4$. К анализируемому образцу воды прибавляли осаждающий раствор и измеряли мутность смеси, строили градуировочный график. Предельно допустимой концентрации сульфат-ионов для природных пресных водоемов ($ПДК_{SO_4^{2-}} = 500$ мг/л).

Методы исследования растительного сырья

Методика определения суммы фенольных соединений. Получение экстракта. Навеску растительного материала измельчали, заливали этанолом и оставляли в темном месте на ночь. Экстракт сливали, а материал заливали этанола и ставили на водяную баню с обратным холодильником на 30 мин. Экстракцию проводили трижды. Затем фракции объединяли. *Ход определения.* К полученного спиртового экстракта прибавляли реактива Фолина-Чокальтеу и Na_2CO_3 , все тщательно перемешивали и выдерживали 15 мин в темном месте. Затем измеряли оптическую плотность полученного раствора при длине волны 720 нм против H_2O . Содержание суммы фенольных соединений в процентах (X) в пересчете на галловую кислоту в абсолютно сухом сырье[10].

Методика определения флавоноидных соединений. К полученному спиртовому экстракту прибавляли раствор $AlCl_3$ и оставляли на 30 мин. Оптическую плотность полученного раствора измеряли в зависимости от флавоноидов при различных длинах волн [10, 11].

Методика определения фотосинтетических пигментов. Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрическим способом. Концентрация пигментов в растворе рассчитывается по формуле Вернера. Содержание суммы каротиноидов рассчитывается по формуле Веттштейна [11-14].

Весь цифровой материал вводился для хранения и обработки в таблицы Microsoft Excel и Statistica. Для проверки гипотез о различии средних значений изучаемого признака в исследуемых группах применялся t-критерий Стьюдента. Выборочные параметры, приводимые далее в таблицах, имеют следующие обозначения: M – среднее, m – стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение. Пойма реки Витьба подвергается влиянию следующих антропогенных факторов:

1. Расположено на территории крупного областного (промышленного) центра.
2. Прилегающая территория водоема используется как зона отдыха.
3. На прилегающей территории есть скопления бытового мусора.
4. Водоем расположен вблизи больших автомагистралей (большое скопление выхлопных газов).
5. Водоем не используется для мелиорации земель.
6. Водоем используется в промышленных целях (сброс сточных и бытовых вод).
7. Водоем не находится рядом с сельскохозяйственным комплексом.
8. Водоем находится на территории с низким радиационным фоном (территория не загрязнена радионуклидами).
9. Водоем имеет признаки зарастания.
10. Вода из водоема характеризуется органолептическими свойствами низкого качества.

Количественное содержание суммы феноловых соединений. Главное свойство полифенолов заключается в их антиоксидантном действии. Они ведут борьбу с повреждением клеток свободными радикалами, держат оборону от болезней и возраста, способствуют выведению токсинов и продлению молодости. Ферментативно окисленные формы проявляют антивирусную активность в отношении возбудителей герпеса. Экстракты, богатые хлорогеновой кислотой, ингибировали экспрессию обратной транскриптазы ВИЧ. Активна против штаммов кишечной палочки и золотистого стафилококка. Отмечено гипогликемическое,

гипохолестеринемическое, гепатопротекторное, противоопухолевое действие. Растения, содержащие феноловую кислоту, применяют в качестве антиоксидантов, противоопухолевых средств и антипаразитарных препаратов. Галловая кислота помогает защитить сердце, а также печень от агрессивного воздействия разных факторов, кроме того есть данные, что она способна затормозить развитие возбудителя гепатита В. Кроме того проведенные исследования показали, что 3,4,5-тригидроксibenзойная кислота может предупредить формирование гепатомы злокачественного типа, благодаря способности блокировать выработку холестерина. Феноловые кислоты способны помочь при разного рода внутренних кровотечениях. Растворы такого вещества помогают ускорить процесс заживления ран, ими вполне можно осуществлять полоскание ротовой полости. Такие лекарственные средства подходят для обработки травмированных участков кожи. Результаты проведенных исследований на обнаружение флавоноидов в листьях вышеперечисленных растений приведены в таблице 1

Таблица 1

Содержание суммы фенольных соединений в биомассе водной растительности,

№	Растительный объект	Содержание суммы фенольных соединений, %
1	Рогоз широколистный	22,83±0,11
2	Роголистник погружённый	39,75±0,13
3	Ряска малая	12,54±0,23
4	Одуванчик лекарственный	8,3602±0,9817
5	Клевер луговой	3,7841±0,1078
6	Хрен обыкновенный	3,1294±0,7083

Из представленных данных в таблице 1 содержание суммы фенольных соединений минимальным значением обладает хрен обыкновенный, максимальным – роголистник погружённый. Содержание феноловых кислот в экстрактах из листьев роголистника погружённого выше по сравнению с ряской малой в 3,2 раза и 1,7 раз по сравнению с рогозом широколистным; в экстрактах из листьев рогоза широколистного выше по сравнению с ряской малой в 1,8 раз. Содержание феноловых кислот в экстрактах из листьев одуванчика лекарственного выше по сравнению с клевером и хреном в 2,2 и 2,7 раз соответственно; в экстрактах из листьев клевера выше по сравнению с хреном в 1,2 раза.

Количественное содержание флавоноидов. Флавоноиды значительно улучшают реакцию организма на неблагоприятные факторы среды и иные биологические угрозы. В экспериментах кверцетин неизменно демонстрирует максимальную активность среди всех флавоноидов и поэтому наиболее эффективен, когда организм сталкивается с повышенной нагрузкой. Кверцетин в буквальном смысле действует как «выключатель»,

активируя полезные клеточные механизмы и одновременно замедляя другие процессы, защищая клетки от повреждений или инфекций. Кверцетин обладает явными антиоксидантными свойствами и укрепляет основанную на ферментах систему защиты организма от оксидантов. Кверцетин подавляет синтез и высвобождение соединений, являющихся медиаторами воспаления. Кверцетин особым образом влияет на иммунную систему и может способствовать укреплению иммунитета от заболеваний дыхательных путей. Употребление в пищу богатых кемпферолом продуктов и биологически активных добавок снижает риск развития заболевания сердечно-сосудистой системы. Флавоноид укрепляет стенки сосудов и капилляры, обеспечивает проходимость питающих сердечную мышцу сосудов и стимулирует обменные процессы в миокарде. Кемпферол – эффективный диуретик, который включают в состав препаратов для лечения различных заболеваний мочевыделительной системы. Вещество нормализует водный баланс организма, способствует выводу лишней жидкости, снимает отеки и уменьшает нагрузку на почки. Результаты проведенных исследований на обнаружение флавоноидов в листьях вышеперечисленных растений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание суммы флавоноидов в биомассе водной растительности, %

№	Растительный объект	Содержание суммы флавоноидов, %
1	Рогоз широколистный	5,07±0,19*
2	Роголистник погружённый	2,48±0,09*
3	Ряска малая	3,97±0,12
4	Одуванчик лекарственный	3,5721±0,0648
5	Клевер луговой	2,9537±0,0987
6	Хрен обыкновенный	2,7309±0,4605

Из таблицы 2 видно, что содержание флавоноидов в экстрактах из листьев рогоза широколистного выше, чем содержание в экстрактах из листьев роголистника погружённого почти 2 раза, в экстрактах из листьев ряски малой 1,6 раза, в экстрактах из листьев одуванчика лекарственного около 1,4 раза, в экстрактах из листьев клевера лугового и хрена обыкновенного статистически не отличаются.

Количественное содержание фотосинтетических пигментов. Особенности содержания фотосинтетических пигментов хлорофиллов и каротиноидов в листьях растения, служит критерием оценки адаптации растения к экологическим условиям. Каротиноиды являются дополнительными пигментами при этом передовая квант на молекулу хлорофилла. Принимают прямое участие в расщеплении воды и кислородном обмене. Каротиноиды выполнять защитную функцию – сохранение хлорофилла от воздействия избытка солнечной радиации. [10]. Основная роль хлорофилла в жизни растений это фотосинтез, при котором идет преобразование неорганических веществ

в органические (глюкоза). Содержание фотосинтетических пигментов в биомассе водной растительности представлено в таблице 3 .

Так содержание суммы хлорофиллов *a* и *b* (C_{a+b}) экстрактах из клевера лугового и одуванчика лекарственного выше, чем в хрене обыкновенном в 4,7 раз; в экстрактах из рогоза широколистного в 3,5 раза; в экстрактах ряски малой в 1,4 раза.

Содержание каротиноидов ($C_{кар}$) в биомассе рогоза широколистного наблюдается минимум, а в биомассе клевера лугового максимальное значение.

Таблица 3

Содержание фотосинтетических пигментов в экстрактах из биомассы водной растительности , г/мг сырья ($M \pm m$)

Растительный объект	Концентрация пигмента	
	C_{a+b}	$C_{кар}$
Рогоз широколистный	12,25±0,89	0,90±0,02
Роголистник погружённый	4,14±0,07	4,44±0,03
Ряска малая	4,93±0,06	3,37±0,04
Одуванчик лекарственный	16,28±0,08	9,52±0,09
Клевер луговой	16,52±0,07	11,71±0,08
Хрен обыкновенный	3,51±0,05	3,31±0,03

Заключение. В результате проведенных исследований было определено содержание особенности химического состава растений. Согласно полученным данным можно сделать следующие выводы.

Рогоз широколистный, ряска малая и роголистник погружённый широко распространены в водных экосистемах на территории Республики Беларусь и поэтому являются легкодоступными объектами для изучения антропогенной нагрузки водных экосистемах. Полученные данные по биохимическому составу водной растительности Белорусского Поозерья могут служить алгоритмом для оценки водных экосистем с разным уровнем антропогенной нагрузки. Проведенные исследования биохимического состава *Tурна latifolia*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense*, *Armoracia rusticana* закономерно зависят от уровня антропогенной нагрузки водоемов. Растения, произрастающие на территории поймы р. Витьба находятся во взаимосвязи с физико-химическими показателями среды обитания, и их биохимический состав зависит от миграции химических элементов между водой-почвой-растениями. Исследуемые растения представленный содержит большое количество витаминов и биологически активных веществ. Вышеперечисленные растения могут быть широко использованы в изготовлении лекарственных препаратов, также в качестве аналогового пищевого растительного сырья. Богатый химический состав, а также широкий спектр фармакологического действия позволяют предположить, что представленный выше растительный материал может быть

потенциальным растительным сырьевым источником для получения препаратов различной направленности действия. Учитывая физико-химические характеристики территории поймы р. Витьба данные растения накапливают тяжелые металлы из почвы и данный факт необходимо учитывать при их использовании.

References

1. Абрамян, С.А. Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов / С.А. Абрамян // журн. Почвоведение. – 1992. – №7. – С. 70-82.
2. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 471 с.
3. Безуглова, О.С. Влияние города на почвообразование и свойства почв / О.С. Безуглова, С.Н. Горбов, И.В. Морозов // в кн. «Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области». Том 1. Экология города Ростова-на-Дону. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2003. – С. 182–240.
4. Blober, G. Distribution of radioactivity between the acid-soluble pool and pools of RNA in the nuclear, nonsedimentable and ribosome fractions of rat liver after a single injection of labeled orotic acid / G.Blober G., V.R. Potter // Biochem. Biophys. Acta. - 1968. – Vol. 166. – P. 48–54.
5. Воробьева, Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М.: МГУ, 1998. – 273 с.
6. Галиулин, Р.В. Индикация загрязнения почв тяжелыми металлами путем определения активности почвенных ферментов / Р.В. Галиулин // Агрохимия 1989. – №11. – С. 133-142.
7. Дурынина, Е.П. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений / Е.П. Дурынина, В.С. Егоров. – М.: МГУ, 1998. – 113 с.
8. Жерносек, А.К. Физико-химические методы анализа / А.К. Жерносек, И.С. Борисевич. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 12 с.
9. Измайлова, Н.Л. Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной практики / Н.Л. Измайлова, О.А. Ляшенко, И.В. Антонов – СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 52с.
10. Кублицкая, А.Д. Содержание фенольных соединений в листьях раннецветущих растений / А.Д. Кублицкая, О.М. Балаева–Тихомирова// Наука – образованию, производству, экономике : материалы XXI(68) Регион. науч.–практ.

конференции преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 11–12 февраля 2016 г. : в 2 т. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2016. – Т. 1. – С. 59–60

11. Музычкина, Р.А. Качественный и количественный анализ основных групп бав в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах / Р.А. Музычкина, Д.Ю. Корулькин, Ж.А. Абилов; Алматы: Қазақ университеті, 2004. – 288 с.

12. Современные проблемы биохимии. Методы исследований: учеб. пособие / Е.В. Барковский [и др.]; под ред. проф. А. А. Чиркина. – Минск : Высшая школа, 2013. – 491 с.

13. Филипцова, Г.Г. Биохимия растений: метод рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самост. работы студентов / Г.Г. Филипцова, И.И. Смолич. – Мн.: БГУ, 2004. – 60 с.

14. Фомичева, Н.С. Сравнительное определение пигментного и кислотного состава листьев салата фриссе и салата листового / Е.С. Шендерова, Н.С. Фомичева, М.В. Вишневская // XIII Машеровские чтения. Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Редколлегия: И.М. Прищепа [и др.], Витебск, 18 октября 2019 года

MEDICAL RESEARCH AND HEALTHCARE

UDC 61

Musikhin I.G., Bondareva D.A., Musikhin V.I. Schroth Therapy for 3-D Deformities of the Columna Vertebralis: Practical Experience

«Шрот-терапия» 3-D деформации Columna Vertebralis: практический опыт

Musikhin Igor Gennadievich

General Physician of the Basic Clinical Sanatorium “Victoria”, Essentuki, Russia
Emergency paramedic of the FSBI Rehabilitation Center for Athletes of Sports Teams of the Russian Federation FMBA of Russia

Bondareva Darya Alexandrovna

District pediatrician, GBUZ MO “Dolgoprudnenskaya Central City Hospital”, Dolgoprudny

Musikhin Vladislav Igorevich,

Postgraduate student of the Department of World and National Economy, Russian Foreign Trade Academy of Ministry of Economic Development of the Russian Federation, Moscow; Leading Specialist, Price Formation Department, Transneft ElektrosetServis LLC, Moscow

Мусихин Игорь Геннадиевич

Врач терапевт, Базовый клинический санаторий «Виктория», г. Ессентуки
Врач скорой помощи, ФГБУ «Северо-кавказский федеральный научно-исследовательский центр ФМБА», Реабилитационно-восстановительный центр для спортсменов спортивных команд РФ, г. Кисловодск

Бондарева Дарья Александровна

Врач-педиатр участковый, ГБУЗ МО «Долгопрудненская центральная городская больница», г. Долгопрудный

Мусихин Владислав Игоревич,

аспирант кафедры мировой и национальной экономики, Всероссийская академия внешней торговли при Министерстве экономического развития Российской Федерации, г. Москва;

Общество с ограниченной ответственностью «ТранснефтьЭлектросетьСервис» - ведущий специалист службы ценообразования, филиал в г. Москва

Abstract. This study is focused to the treatment of scoliosis, specifically the use of physiotherapy exercises in the gym aimed at correcting posture and lowering the Cobb angle in order to enhance patients' well-being and quality of life. Using a small sample size, it was discovered that Schroth Therapy is an effective means of combating progressive scoliosis. The conclusions are supported by an examination of domestic and international literature on the subject. It is suggested that people with major difficulties exercise for at least a year. It is observed that using Schroth Therapy in conjunction with traditional treatment for six months has a good effect on patients aged 10 to 18 years, halting the progression of scoliosis. This supports the notion that the earlier spinal curvature treatment is initiated, the more successful the physiotherapy techniques are.

Keywords: scoliosis, curvature of the spine, Schroth Therapy, rehabilitation.

Аннотация. Настоящее исследование посвящено терапии сколиоза, в частности, применению физиотерапевтических упражнений в рамках тренажерного зала, нацеленных на корректировку осанки и уменьшению угла Кобба с целью повышения благосостояния пациентов, улучшения качества жизни. На примере узкой выборки установлено, что «Шрот-терапия» является эффективным методом по борьбе с прогрессирующим сколиозом. Анализ отечественных и зарубежных исследований по теме подтверждает полученные выводы. Для

пациентов с серьезными проблемами рекомендуется проводить тренировки не менее года. Отмечается, что применение «Шрот-терапии» в течение полугода в сочетании с обычным лечением оказывает положительное воздействие на пациентов в возрасте от 10 до 18 лет, замедляя прогрессирование сколиоза. Это подтверждает вывод о том, что чем ранее начато лечение искривление позвоночника, тем более эффективными являются проводимые физиотерапевтические мероприятия.

Ключевые слова: сколиоз, искривление позвоночника, Шрот-терапия, реабилитация.

Рецензент: Ерофеевская Лариса Анатольевна - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (ИПНГ СО РАН)

Физиотерапевтические методы ЛФК, специфичные для сколиоза, и упражнения по стабилизации туловища считаются явно эффективными для уменьшения угла Кобба и уменьшения прогрессирования сколиоза. Нарушения в основном относятся к лицам подросткового возраста, и с физиотерапевтические упражнения для лечения сколиоза (далее – PSSE, от англ. *physiotherapeutic scoliosis-specific exercise therapy*) демонстрируют устойчивую эффективность. В настоящем исследовании для взрослых пациентов со сколиозом на фоне пожизненной потребности в тренировках рассматривается эффективность PSSE с использованием оборудования тренажерного зала.

Как отмечают Рябенко Е.К., Малозёмов О.Ю., «общая статистика показывает, что более 40% населения Земли страдает от сколиоза, 10% нуждаются в лечении. Это заболевание особенно характерно для детей, обучающихся в школах».¹ Отмечается, что «диагностика сколиоза и его систематическое лечение — это возможность избежать прогрессивного искривления позвоночника в дальнейшем».² Бычков В.М. и Капитонов В.Ю. отмечают, что «примерно 1 из 6 детей имеет различную стадию искривления позвоночника.»³

Для консервативного лечения сколиотических искривлений позвоночника (консервативное лечение идиопатического сколиоза), помимо использования корректирующих осанку корсетов эффективными являются физиотерапевтические упражнения для лечения специфического сколиоза, что постулирует Международное научное общество по ортопедическому и реабилитационному лечению сколиоза

¹ Рябенко Е.К., Малозёмов О.Ю. СКОЛИОЗ В СОВРЕМЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ, ЛЕЧЕНИИ И ПРОФИЛАКТИКЕ // Источник: Форум молодых ученых. 2021. №6 (58). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/skolioz-v-sovremennoy-klassifikatsii-lechenii-i-profilaktike> (дата обращения - 28.10.2023)

² Епифанов В.А. Лечебная физическая культура: уч. пособие. - Изд. гр.«ГЭОТАРМедиа», 2006. - 379 с.

³ Бычков В.М., Капитонов В.Ю. ГИМНАСТИКА, ЛФК И КОМПЛЕКС ЛЕЧЕБНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ПРИ СКОЛИОЗЕ У ДЕТЕЙ. Источник: Вестник экономической безопасности. 2022. №6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gimnastika-lfk-i-kompleks-lechebnyh-uprazhneniy-pri-skolioze-u-detey> (дата обращения - 28.10.2023)

(SOSORT).⁴⁵ Неповинных Л.А. отмечает, что «кроме, непосредственно, ЛФК при тяжелой стадии заболевания назначается операция по исправлению искривления, в ходе которой позвоночник фиксируется с помощью специальной металлоконструкции (фиксированный спинной мозг), предотвращающей прогрессирование болезни.»⁶

Исследования подтверждают положительную эффективность специально разработанных упражнений по стабилизации корпуса, хотя эффективность несколько меньше.⁷ Рекомендации по лечебной физкультуре для уменьшения угла Кобба при сколиотических искривлениях позвоночника или для предотвращения прогрессирования выражены в отношении ювенильного или идиопатического подросткового сколиоза показывают, что абсолютная эффективность в снижении угла Кобба были выше у молодых пациентов со сколиозом, нежели у подростков старшего возраста.⁸

Спортивная активность характеризуется не только побочными положительными эффектами в смысле улучшения качества психосоциальной жизни и улучшения сердечно-легочной функции, но и положительными и зависящими от частоты, специфичными для сколиоза эффектами (улучшение угла Кобба $\geq 5^\circ$), как показано в исследовании, в рамках которого в течение 1,5-летнего периода наблюдались пациенты со сколиозом в подростковом возрасте (с PSSE и без него).⁹ Считается, что для занятий спортом с учетом позитивных психологических аспектов спортивная – не в строгом смысле терапевтическая - деятельность также может оказывать положительное влияние на мотивационные аспекты, так что приверженность физической активности равнозначно положительно влияет на организм при терапии сколиоза; это может быть связано с повышением тренированности и ростом уровня ОФП.¹⁰ Имеются изыскания, показывающие, что регулярное выполнение упражнений для лечения сколиоза без

⁴ Negrini S., Aulisa A.G., Aulisa L. 2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Источник: Scoliosis 7(1):3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-7-3> (дата обращения - 28.10.2023)

⁵ Negrini S., Donzelli S., Aulisa A.G. 2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Источник: Scoliosis Spinal Disord 13:3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0145-8> (дата обращения - 28.10.2023)

⁶ Неповинных Л.А. СКОЛИОЗ: ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЧИНЫ, ПРОФИЛАКТИКА // E-Scio. 2020. №6 (45). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/skolioz-harakteristika-prichiny-profilaktika> (дата обращения - 28.10.2023).

⁷ Dimitrijevic V., Viduk D., Scepanovic T. Effects of Schroth method and core stabilization exercises in idiopathic scoliosis: a systematic review and metaanalysis. Источник: Eur Spine J 31:3500–3511. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36229615/> (дата обращения - 28.10.2023)

⁸ Liu D., Yang Y., Yu X. Effects of specific exercise therapy on adolescent patients with idiopathic scoliosis: a prospective controlled cohort study. Источник: Spine 45(15):1039–1046. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32675606/> (дата обращения - 28.10.2023)

⁹ Negrini A., Poggio M., Donzelli S. Sport improved medium-term results in a prospective cohort of 785 adolescents with idiopathic scoliosis braced full time. SOSORT 2018 award winner. Источник: Eur Spine J 31:2994–2999. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36083351/> (дата обращения - 28.10.2023)

¹⁰ Dech S., Hellrigel T., Bittmann F. Pilot-studie zur Umsetzbarkeit eines individualisierten Therapeutischen Kletterns bei Jugendlichen mit Skoliose [Feasibility of individualized therapeutic climbing in the treatment of adolescents with scoliosis—a pilot study]. Источник: Sport Ortho Trauma 38(3):291–297. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/362436574_Pilotstudie_zur_Umsetzbarkeit_eines_individualisierten_Therapeutischen_Kletterns_bei_Jugendlichen_mit_Skoliose (дата обращения - 28.10.2023)

значительных осложнений в смысле нежелательных побочных эффектов у пострадавших подростков в 78% случаев эффективно при терапии.

Вместе с тем, корпус научных трудов обнаруживает лагуну в области исследований терапии сколиоза у взрослых пациентов, которые зачастую считают, что занятия в тренажерном зале являются широко распространенным видом спорта для рекреации, а не дополнительной тренировкой с положительным эффектом для борьбы со сколиозом, хотя по существу именно они подходят для лечения сколиоза у пациентов в зрелом возрасте.

Таким образом, целью настоящего исследование было оценить влияние вариантов упражнений по Фишеру, адаптированных к тренажерному залу и имеющемуся оборудованию, базирующегося на осевом вращении туловища с целью оценить возможную сопоставимость с эффектом традиционной амбулаторной гимнастикой «Шрот-терапия». По причинам, связанным с методологией измерения, основное внимание было уделено сколиозу грудного отдела позвоночника.¹¹¹²

Для исследования использована выборка, представленная пациентами со следующими характеристиками: женский пол, возраст ≥ 18 лет и ≤ 30 лет, сколиоз грудной клетки с углом Кобба $\geq 25^\circ$, упражнения с использованием метода Шрот-Ленерта.¹³ Текущее назначение лечения или перенесенные ранее операции по лечению сколиоза считались исключениями из выборки.

Для анализа отдельных кейсов использованы три испытуемые со следующими антропометрическими характеристиками:

1. 3D-тренировка с использованием оборудования (очно) (начальный угол сколиоза грудного отдела 26° ; возраст 23 года; 1,60 м; 54,5 кг; ИМТ 21,3 кг /м²; реабилитация по методу К. Шрот - в 2 раза; корсет 16-18 лет)

2. 3D-тренировка с использованием оборудования (удаленный формат) (начальный угол сколиоза грудного отдела 29° ; возраст 25 лет; 1,66 м; 70,0 кг; ИМТ 25,4 кг/м²; реабилитация по методу К. Шрот - в 5 раз; корсет 11-17 и 20-21 лет)

3. Классическая PSSE (начальный угол сколиоза грудного отдела 44° ; возраст 27 лет; 1,61 м; 59,0 кг; ИМТ 22,8 кг/м²; реабилитация по методу К. Шрот - в 2 раза; без корсета).

Испытуемые были проинформированы о целях и задачах исследования.

¹¹ Horng J., Liu X.C., Thomez J. Potential clinical application for comprehensive evaluation of adolescent idiopathic scoliosis using surface topography. Источник: J Musculoskel Res 23(3):2030002. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1142/s0218957720300021> (дата обращения - 28.10.2023)

¹² Knott P., Sturm P., Lonner B. Multicenter comparison of 3D spinal measurements using surface topography with those from conventional radiography. Источник: Spine Deform 4(2):98-103. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.08.008> (дата обращения - 28.10.2023)

¹³ Weiss H.-R. The method of Katharina Schroth—history, principles and current development. Источник: Scoliosis 6(1):17. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/1748-7161-6-17> (дата обращения - 28.10.2023)

Для косвенной объективации вращения туловища по оси угол наклона грудной клетки был получен стандартным методом Адамса с использованием имеющегося в продаже сколиометра с разрешением 1° . Метод считается практичным и надежным со стандартными погрешностями при повторных испытаниях $1,3-1,5^\circ$.¹⁴

Метод компьютерной оптической топографии считается бесконтактным и неинвазивным методом косвенного определения формы позвоночного столба, при этом кривизна спинной поверхности позволяет трехмерно реконструировать положение позвонков в пространстве.¹⁵ По аналогии с рентгенологическим углом Кобба, в КТ угол сколиоза рассчитывается как замкнутый угол двух касательных; однако при экспонировании задней поверхности ориентация выпуклости должна быть воспроизведена для прямого сопоставления с рентгеновским снимком (см. Рис. 1).

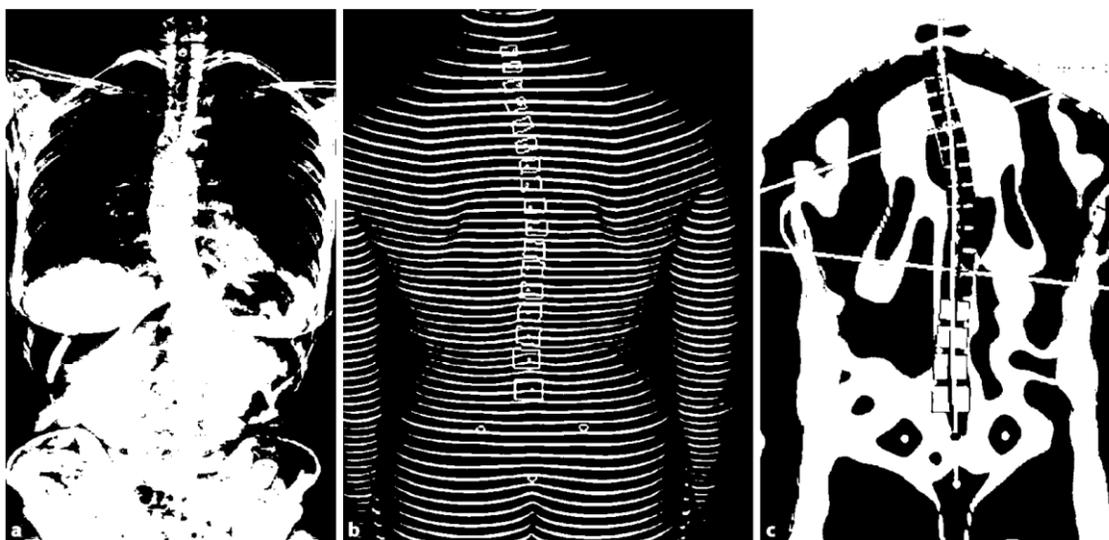


Рис. 1 Углы сколиоза Субъекта 1 на рентгенограмме (а), в качестве иллюстрации на растровом изображении (b) и при поверхностной реконструкции (с). Источник: составлено авторами

Метод КТ в литературе считается надежным.¹⁶ Стандартная ошибка для угла сколиоза $5,2^\circ$; коэффициент достоверности $r=0,70$ был получен для пациентов со сколиозом без существенных отклонений ($p=0,60$) между углом Кобба и углом сколиоза.

Субъект 3 проходил классическую программу упражнений PSSE (амбулаторная «Шрот-терапия») в физиотерапевтическом режиме (6 недель, 1 тренировка в неделю, 45

¹⁴ Prowse A., Aslaksen B., Kierkegaard M. Reliability and concurrent validity of postural asymmetry measurement in adolescent idiopathic scoliosis. Источник: World J Orthop 8(1):68. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.5312/wjo.v8.i1.68> (дата обращения - 28.10.2023)

¹⁵ Drerup B. Rasterstereographic measurement of scoliotic deformity. Источник: Scoliosis 9(1):22. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s13013-014-0022-7> (дата обращения - 28.10.2023)

¹⁶ Schröder J., Reer R., Braumann K.M. Video raster stereography back shape reconstruction: A reliability study for sagittal, frontal, and transversal plane parameters. Источник: Eur Spine J 24(2):262-269. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3664-5> (дата обращения - 28.10.2023)

мин¹⁷). Для субъектов 1-2 включали 6-недельную программу (3 занятия по 45 минут в неделю, 4 комплексных упражнения с интенсивностью 12-16 по 20-балльной шкале Борга¹⁸, 5 серий упражнений, выполняемых в спокойном режиме, с перерывами в 10 секунд до достижения 5-минутной продолжительности упражнения; разминка и заминка по 10 минут).

Тренировочные упражнения состояли из 3-D практик по деротации на оборудовании, аналогичном тому, которое используется в любой студии в качестве базового оборудования (стойки со штангами, тренажеры с сопротивлением, турники).

КТ показало, что характер упражнений влияет на осанку, поэтому исходное сколиотическое искривление позвоночника было существенно изменено, что показывает Рис. 1. На изображении показано, что выполнение упражнений влияет на осанку, поэтому исходное сколиотическое искривление позвоночника было существенно изменено. Характер мобилизации можно описать следующим образом: 1) выравнивание таза по центру над поддерживающей поверхностью, 2) естественный лордоз, 3) выравнивание гребня подвздошной кости, 4) размещение гребня подвздошной кости параллельно оси плеча, 5) выравнивание гребня подвздошной кости (Рис. 2(б)).

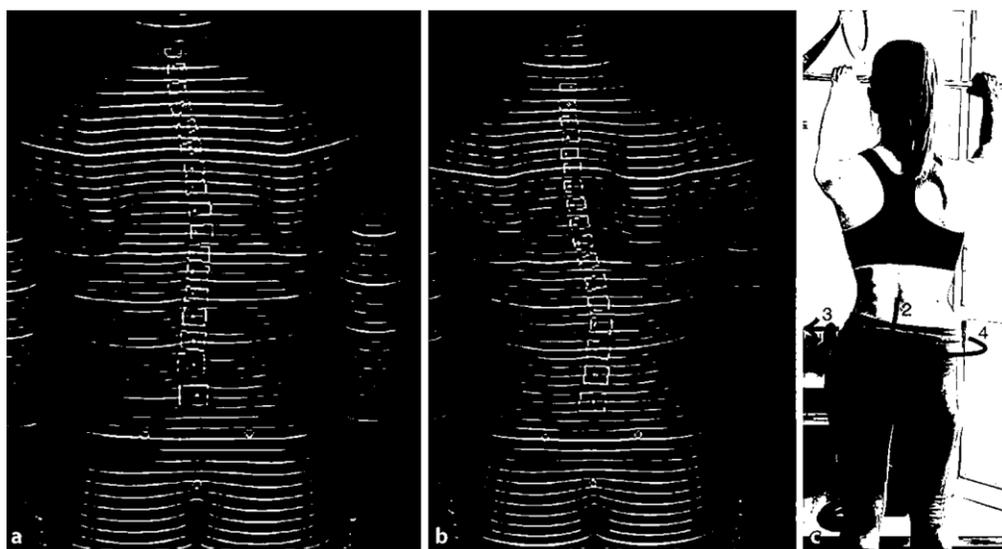


Рис. 2 Реконструкция формы позвоночника (проекционные линии видео-растровой стереографии) Субъекта 1 в нормальной позе (а), во время тренировки / коррекции отклонений (тренировочные интервенции) (b-c). Источник: составлено авторами

¹⁷ Müßigbrod A. Therapie für die Wirbelsäule. Источник: Physiopraxis 6(11/12):36–41. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1055/s-0032-1308160> (дата обращения - 28.10.2023)

¹⁸ Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. Источник: Scand J Work Environ Health 16(Sup-pl1): стр. 55–58. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815> (дата обращения - 28.10.2023)

Представленный индивидуальный подход к анализу случаев не позволяет оценить значимость в смысле статистического определения с максимально допустимой вероятностью ошибки $p = 5\%$.

Среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD) были рассчитаны на основе данных измерений, собранных 3 раза (предварительный тест), из которых стандартная ошибка измерения (SEM) была получена по формуле $SEM = SD / \sqrt{n}$.

Достоверное и значительное изменение угла Кобба было отмечено только для Субъекта 3 ($\Delta-8^\circ$). Формально снижение ATR у испытуемых с PSSE в тренажерном зале также было больше, чем в доверительном интервале, однако улучшения были незначительными вне зависимости от количества упражнений (Субъект 1: $\Delta-2^\circ$; Субъект 2: $\Delta-1^\circ$).

Целью настоящего исследования был предварительный анализ эффективности 3-D тренировки по снижению физической нагрузки с целью сравнить ее с обычной гимнастикой «Шрот-терапия», проводимой амбулаторно.

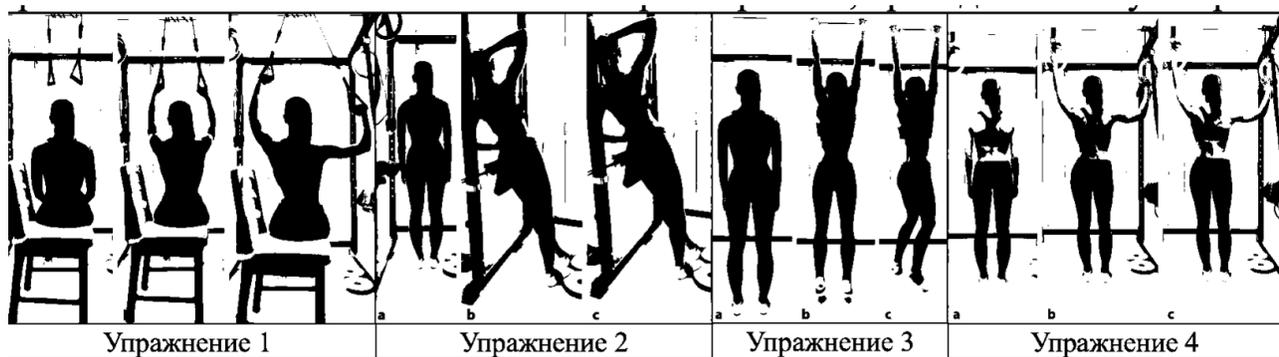


Рис. 3 Упражнения по деротации в положениях сидя, в наклоне, в висе и в положении стоя (показано на примере Субъекта 1) в зависимости от (a) обычного положения позвоночника; (b) в исходном положении до начала упражнения; (c) в целевом положении при совершении упражнения по деротации. Источник: составлено авторами

Клинически значимые улучшения угла Кобба (Субъект 3) были получены после 6-недельной амбулаторной гимнастики «Шрот-терапия». Сопоставимые улучшения также могли быть достигнуты для одного из двух других Субъектов, которые непосредственно физически занимались в тренажерном зале, но не удаленно (из дома). Соответствующие эффекты тренировки в отношении угла Кобба наблюдались для традиционной «Шрот-терапии» (Субъект 3); улучшения были незначительными для PSSE на основе оборудования (Субъект 1, Субъект 2). Следует отметить, что до начала терапии Субъект 3 должен был пройти курс лечения, но не сделал этого: у субъекта был наиболее выраженный сколиоз грудной клетки - угол 44° , в то время как у двух других изначально сколиоз грудной клетки был с углом менее 30° . Поскольку имеющиеся данные по

отдельным кейсам нельзя обобщать, сопоставления с данными групповой статистики из литературы можно проводить только с достаточной долей осмотрительности.

Так, для «проблемных пациентов» рекомендуют продолжать ориентированное на выравнивание позвоночника тренировочные мероприятия продолжительностью в один год.¹⁹ Вместе с тем для пациентов со слабым сколиозом тренировочные мероприятия следует продолжать до прекращения прогрессирования.²⁰ Также отмечается более благоприятная эффективность аддитивной полугодовой «Шрот-терапии» в отношении исключительно базовой медицинской помощи для лечения болезни Кобба в возрасте от 10 до 18 лет. Общеизвестно, что программы PSSE обеспечивают временную задержку прогрессирования сколиоза или временное снижение синдрома Кобба-Винкеля и могут быть эффективны при непрогрессирующем сколиозе.²¹ Для сегмента пациентов с идиопатическим сколиозом взрослых в многолетнем когортном исследовании также наблюдались положительные эффекты (68% респондентов, $\Delta -4,6 \pm 5,0^\circ$ уменьшение угла Кобба) при выполнении упражнений, специфичных для терапии сколиоза.²² Данный вывод подтверждают Рябенко Е.К., Малозёмов О.Ю.: «регулярные занятия ЛФК улучшают работу сердца, лёгких, органов таза, сдерживают дальнейшее прогрессирование деформации, предупреждают развитие осложнений».²³

Индивидуальные наблюдения показывают, что PSSE и занятия в тренажерном зале вполне могут привести к сравнительному улучшению угла Кобба у взрослых пациентов.

Ограничения исследования заключаются в том, что, во-первых, наблюдается сложность обобщения результатов анализа отдельных кейсов; во-вторых, методологически обоснованные измерения могли быть сделаны лишь у пациентов с выраженным сколиозом грудного отдела позвоночника. Для того чтобы лечение в соотношении было осуществимо, испытуемые должны были быть объективны при оценке болевого порога по Боргу.

Практическая значимость настоящего исследования заключается в том, что

¹⁹ Monticone M., Ambrosini E., Cazzaniga D. Active self-correction and task-oriented exercises reduce spinal deformity and improve quality of life in subjects with mild adolescent idiopathic scoliosis. Results of a randomised controlled trial. Источник: Eur Spine J 23:1204–1214. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24682356/> (дата обращения - 28.10.2023)

²⁰ Schreiber S., Parent E.C., Khodayari Moez E. Schroth physiotherapeutic scoliosis-specific exercises added to the standard of care lead to better Cobb angle outcomes in adolescents with idiopathic scoliosis—an assessor and statistician blinded randomized controlled trial. Источник: PLoS ONE 11(12):e168746. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28033399/> (дата обращения - 28.10.2023)

²¹ Berdishevsky H., Lebel V.A., Bettany-Saltikov J. Physiotherapy scoliosis-specific exercises—a comprehensive review of seven major schools. Источник: Scoliosis 11:20. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27525315/> (дата обращения - 28.10.2023)

²² Negrini A., Negrini M.G., Donzelli S. Scoliosis-Specific exercises can reduce the progression of severe curves in adult idiopathic scoliosis: a long-term cohort study. Источник: Scoliosis 10:20. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26279670/> (дата обращения - 28.10.2023)

²³ Рябенко Е.К., Малозёмов О.Ю. СКОЛИОЗ В СОВРЕМЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ, ЛЕЧЕНИИ И ПРОФИЛАКТИКЕ // Источник: Форум молодых ученых. 2021. №6 (58). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/skolioz-v-sovremennoy-klassifikatsii-lechenii-i-profilaktike> (дата обращения - 28.10.2023)

полученные в результате исследований конкретных кейсов знания могут быть использованы для формирования гипотез в целях проверки положений на широкой по охвату выборке на длительном лаге, что может стать основой разработки отечественной комплексной программы терапии сколиоза в рамках тренировки в тренажерном зале с использованием доступного оборудования в базовых условиях.

References

1. Бычков В.М., Капитонов В.Ю. ГИМНАСТИКА, ЛФК И КОМПЛЕКС ЛЕЧЕБНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ПРИ СКОЛИОЗЕ У ДЕТЕЙ. Источник: Вестник экономической безопасности. 2022. №6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gimnastika-lfk-i-kompleks-lechebnyh-uprazhneniy-pri-skolioze-u-detey> (дата обращения - 28.10.2023)
2. Епифанов В.А. Лечебная физическая культура: уч. пособие. - Изд. гр.«ГЭОТАРМедиа», 2006. - 379 с.
3. Неповинных Л.А. СКОЛИОЗ: ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЧИНЫ, ПРОФИЛАКТИКА // E-Scio. 2020. №6 (45). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/skolioz-harakteristika-prichiny-profilaktika> (дата обращения - 28.10.2023).
4. Рябенко Е.К., Малозёмов О.Ю. СКОЛИОЗ В СОВРЕМЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ, ЛЕЧЕНИИ И ПРОФИЛАКТИКЕ // Источник: Форум молодых ученых. 2021. №6 (58). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/skolioz-v-sovremennoy-klassifikatsii-lechenii-i-profilaktike> (дата обращения - 28.10.2023)
5. Berdishevsky N., Lebel V.A., Bettany-Saltikov J. Physiotherapy scoliosis-specific exercises—a comprehensive review of seven major schools. Источник: Scoliosis 11:20. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27525315/> (дата обращения - 28.10.2023)
6. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. Источник: Scand J Work Environ Health 16(Sup-pl1): стр. 55–58. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815> (дата обращения - 28.10.2023)
7. Dech S., Hellrigel T., Bittmann F. Pilot-studie zur Umsetzbarkeit eines individualisierten Therapeutischen Kletterns bei Jugendlichen mit Skoliose [Feasibility of individualized therapeutic climbing in the treatment of adolescents with scoliosis—a pilot study]. Источник: Sport Ortho Trauma 38(3):291–297. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/362436574_Pilotstudie_zur_Umsetzbarkeit_eines_i

individualisierten_Therapeutischen_Kletterns_bei_Jugendlichen_mit_Skoliose (дата обращения - 28.10.2023)

8. Dimitrijevic V., Viduk D., Scepanovic T. Effects of Schroth method and core stabilization exercises in idiopathic scoliosis: a systematic review and metaanalysis. Источник: Eur Spine J 31:3500–3511. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36229615/> (дата обращения - 28.10.2023)

9. Drerup B. Rasterstereographic measurement of scoliotic deformity. Источник: Scoliosis 9(1):22. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s13013-014-0022-7> (дата обращения - 28.10.2023)

10. Horng J., Liu X.C., Thomez J. Potential clinical application for comprehensive evaluation of adolescent idiopathic scoliosis using surface topography. Источник: J Musculoskel Res 23(3):2030002. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1142/s0218957720300021> (дата обращения - 28.10.2023)

11. Knott P., Sturm P., Lonner B. Multicenter comparison of 3D spinal measurements using surface topography with those from conventional radiography. Источник: Spine Deform 4(2):98–103. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.08.008> (дата обращения - 28.10.2023)

12. Liu D., Yang Y., Yu X. Effects of specific exercise therapy on adolescent patients with idiopathic scoliosis: a prospective controlled cohort study. Источник: Spine 45(15):1039–1046. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32675606/> (дата обращения - 28.10.2023)

13. Monticone M., Ambrosini E., Cazzaniga D. Active self-correction and task-oriented exercises reduce spinal deformity and improve quality of life in subjects with mild adolescent idiopathic scoliosis. Results of a randomised controlled trial. Источник: Eur Spine J 23:1204–1214. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24682356/> (дата обращения - 28.10.2023)

14. Müßigbrod A. Therapie für die Wirbelsäule. Источник: Physiopraxis 6(11/12):36–41. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1055/s-0032-1308160> (дата обращения - 28.10.2023)

15. Negrini A., Negrini M.G., Donzelli S. Scoliosis-Specific exercises can reduce the progression of severe curves in adult idiopathic scoliosis: a long-term cohort study. Источник: Scoliosis 10:20. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26279670/> (дата обращения - 28.10.2023)

16. Negrini A., Poggio M., Donzelli S. Sport improved medium-term results in a prospective cohort of 785 adolescents with idiopathic scoliosis braced full time. SOSORT 2018 award

winner. Источник: Eur Spine J 31:2994–2999. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36083351/> (дата обращения - 28.10.2023)

17.Negrini S., Aulisa A.G., Aulisa L. 2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Источник: Scoliosis 7(1):3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-7-3> (дата обращения - 28.10.2023)

18.Negrini S., Donzelli S., Aulisa A.G. 2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Источник: Scoliosis Spinal Disord 13:3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0145-8> (дата обращения - 28.10.2023)

19.Prowse A., Aslaksen B., Kierkegaard M. Reliability and concurrent validity of postural asymmetry measurement in adolescent idiopathic scoliosis. Источник: World J Orthop 8(1):68. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.5312/wjo.v8.i1.68> (дата обращения - 28.10.2023)

20.Schreiber S., Parent E.C., Khodayari Moez E. Schroth physiotherapeutic scoliosis-specific exercises added to the standard of care lead to better Cobb angle outcomes in adolescents with idiopathic scoliosis—an assessor and statistician blinded randomized controlled trial. Источник: PLoS ONE 11(12):e168746. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28033399/> (дата обращения - 28.10.2023)

21.Schröder J., Reer R., Braumann K.M. Video raster stereography back shape reconstruction: A reliability study for sagittal, frontal, and transversal plane parameters. Источник: Eur Spine J 24(2):262–269. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3664-5> (дата обращения - 28.10.2023)

22.Weiss H.-R. The method of Katharina Schroth—history, principles and current development. Источник: Scoliosis 6(1):17. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/1748-7161-6-17> (дата обращения - 28.10.2023)

REVIEWS AND ANALYSIS

UDC 65.014.12

Bulgakova I.N. Formation of the optimal composition of the project team based on the theory of the difficulty of achieving the goal

Формирование оптимального состава команды проекта на основе теории трудности достижения цели

Bulgakova Irina Nikolaevna,

Doctor of Economics, Associate Professor of the Department of System Analysis and Management, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Булгакова Ирина Николаевна,
Д. э. н., доцент кафедры системного анализа и управления, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Abstract. *The subject of our research in this article is the management of the process of forming project teams. Team building as a complex management of labor resources should be studied from several positions reflecting this process in its entirety and diversity. The purpose of the study is to reveal the peculiarities of project team formation taking into account the multicriteria arising in project management. It considers the possibility of using the estimates of difficulty of achieving the goal introduced by Russman I.B. A model of optimal distribution of performers and project tasks taking into account the assessment of the quality of the team being formed is proposed.*

Keywords: *project management, project team, project quality, difficulty in achieving the goal, integral indicator.*

Аннотация. Предметом нашего исследования данной статьи выступает управления процессом формирования проектных команд. Командообразование как комплексное управление трудовыми ресурсами должно изучаться с нескольких позиций, отражающих этот процесс во всей полноте и многообразии. Целью исследования является раскрытие особенностей формирования команд проекта с учетом многокритериальности, возникающей в проектном управлении. Рассматривается возможность использования оценок трудности достижения цели, введенных Руссманом И.Б. Предложена модель оптимального распределения исполнителей и проектных задач с учетом оценки качества формируемой команды.

Ключевые слова: *проектное управление, команда проекта, качество проекта, трудность достижения цели, интегральный показатель.*

Рецензент: Дудкина Ольга Владимировна, кандидат социологических наук, доцент. Донской государственный технический университет (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Факультет «Сервис и туризм», кафедра «Сервис, туризм и индустрия гостеприимства»

Введение

Задача формирования проектной команды, являясь, по сути, самостоятельной задачей проектного управления, возникает в тот момент, когда требуется объединить квалифицированных специалистов в группу, способную проводить самостоятельный анализ функциональных задач проекта и обеспечивать их успешную реализацию. В данном случае процесс формирования команды является уникальной возможностью реализации особого способа взаимодействия людей в группе, в результате которого раскрывается их профессиональный, интеллектуальный и творческий потенциал.

Тем не менее, существуют ряд областей бизнеса, в которых нельзя заранее спланировать состав команды проекта и сформировать ее полноценную структуру. Причиной этого являются неопределенность внешней среды, в которой реализуются проекты, высокая конкуренция, бюджетные ограничения, необходимость соблюдения сроков выполнения, а также заданные заказчиком параметры требуемого качества.

Проблему распределения комплекса задач проекта по совокупности исполнителей возможно решить в рамках задачи о назначениях, в формулировке которой как раз и отражается определение оптимального сочетания пар «исполнитель – работа» на основе сокращения совокупных затрат на выполнение всего проекта. При этом каждый исполнитель назначается только на одну задачу и для выполнения каждой задачи проекта требуется только один исполнитель.

Но использование классической однокритериальной постановки становится нецелесообразным в случае появления в задаче дополнительных ограничений [7].

К таким дополнительным условиям, требующим формализации, можно отнести:

1. сведение к минимуму затрат на исполнение проектных работ,
2. сведение к минимуму сроков исполнения проекта,
3. улучшения качества выполнения проектных работ, на которое влияет квалификация исполнителей.

Проблемы управления качеством проектов с учетом решающего фактора формирования эффективной команды проекта рассмотрены в исследованиях Галинской Е.В., Иващенко А.А., Новикова Д.А. [5], Трофимова И.Г. [13], Шамовского В.Э. [14] и др.

Методы и методики

Трудность принятия решений может возникнуть в том случае, если на выполнение поставленных задач проекта претендуют несколько специалистов (подрядчиков), имеющих одинаковые характеристики. В таком случае необходимо ввести решающие критерии, в соответствии с которыми планируется выделить наиболее предпочтительного исполнителя.

Формальная постановка задача о назначении в случае нескольких решающих критериев подробно рассматривается в [10]. В постановке [10] каждый исполнитель $x_i \in X, (i = \overline{1, n})$ характеризуется определенным набором критериев $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$, а каждая работа $y_j \in Y, (j = \overline{1, m})$ — набором требований к исполнителю $R = \{r_1, r_2, \dots, r_l\}$. Таким образом, основным отличием многокритериальной задачи о назначении от классической является индивидуальный подход как к исполнителям, так и к планируемым работам.

На основании приведенных суждений и с учетом исследований [7] предлагаем модель оптимального распределения исполнителей и проектных задач.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_{ij} x_{ij} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (i = \overline{1, n}), \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j = \overline{1, m}), \quad (5)$$

$$\underline{Cm}_i \leq \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} \leq \overline{Cm}_i \quad (j = \overline{1, m}), \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n q_{ij} x_{ij} \geq \underline{Qm}_i \quad (j = \overline{1, m}), \quad (7)$$

$$\underline{Tm}_i \leq \sum_{i=1}^n t_{ij} x_{ij} \leq \overline{Tm}_i \quad (j = \overline{1, m}), \quad (8)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\}, \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}), \quad (9)$$

где

c_{ij} – стоимость выполнения j задачи i исполнителем, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$;

$\underline{Cm} = (\underline{Cm}_1, \underline{Cm}_2, \dots, \underline{Cm}_n)$ - минимальная стоимость выполнения j задачи, $i = \overline{1, n}$;

$\overline{Cm} = (\overline{Cm}_1, \overline{Cm}_2, \dots, \overline{Cm}_n)$ - максимальная стоимость выполнения j задачи, $i = \overline{1, n}$;

q_{ij} - компетентность i исполнителя в выполнении j задачи, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$;

t_{ij} - время выполнения j задачи i исполнителем, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$;

$\underline{Qm} = (\underline{Qm}_1, \underline{Qm}_2, \dots, \underline{Qm}_n)$ - минимальная компетенция исполнителя, которая

необходима для выполнения j задачи, $i = \overline{1, n}$;

$\underline{Tm} = (\underline{Tm}_1, \underline{Tm}_2, \dots, \underline{Tm}_n)$ - минимальное количество времени, отводимое на выполнение j задачи, $i = \overline{1, n}$;

$\overline{Tm} = (\overline{Tm}_1, \overline{Tm}_2, \dots, \overline{Tm}_n)$ - максимальное количество времени, отводимое на выполнение j задачи, $i = \overline{1, n}$;

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если } i \text{ исполнитель не назначается на } j \text{ задачу} \\ 1, & \text{если } i \text{ исполнитель назначается на } j \text{ задачу} \end{cases}$$

Как известно, решения многокритериальных задач возможно при использовании следующих методов:

1. сведение многих критериев к единственному, генеральному критерию с помощью весовых коэффициентов важности для каждого критерия и нормализации векторного критерия;

2. минимизация максимальных отклонений от наилучших значений по всем критериям;

3. оптимизация одного критерия, с преобразованием всех остальных в дополнительные ограничения;

4. ранжирование критериев по всей их совокупности с последующей последовательной оптимизацией.

Смысл всех сверток заключается в том, чтобы из нескольких критериев получить один «коэффициент качества» - сводный критерий, приближенно моделирующий некую функцию полезности лица, принимающего решение. Для обоснования подобного критерия воспользуемся понятием трудности достижения результата, введенного в работах [2], [11, 12] И.Б Руссманом и получившим развитие в работах Баевой Н.Б., Куркина Е.В [3], [8,9] :

$$d = \frac{\mu(1 - \varepsilon)}{\varepsilon(1 - \mu)}, \quad (10)$$

Результаты

В предлагаемой оценке (10) величину μ можно считать численной характеристикой собственных отличительных свойств членов проектной команды, а ε - численное значение требований заинтересованных сторон. Действительно, чем меньше трудность достижения цели d , тем больше разница между качеством ресурса μ и минимальным требованием к нему ε , и тем лучше (качественнее) ресурс. Аналогично, чем больше трудность достижения цели, тем меньше разница между качеством ресурса μ и минимальным требованием к нему ε , тем самым ресурс считается менее качественным [2], [11, 12]

В [8] в качестве теоремы доказана справедливость условия (11)

$$d = d_1 + d_2 - d_1 d_2 = 1 - (1 - d_1)(1 - d_2), \quad (11)$$

а также его обобщение на случай n компонент комплексного ресурса:

$$d = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - d_k). \quad (12)$$

Таким образом, частная трудность d_k может рассматриваться как относительная оценка «качества» специалиста, приглашаемого в команду проекта, или отдельного свойства задачи проекта с учетом требований, предъявляемых к специалисту или к задаче. Обобщенная оценка качества формируемой команды может рассматриваться как интегральная трудность, рассчитанная по формуле (12).

Разнородность составляющих оцениваемых ресурсов (специалистов проекта) может быть учтена при помощи введения в формулу (12) коэффициентов важности (β_k), определяемых, например, методом экспертных оценок:

$$d = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - d_k)^{\beta_k}. \quad (13)$$

Следует отметить, что в данной постановке d понимается как трудность достижения результата (цели системы), то есть выступает как некая мера некачественности или оценка риска использования ресурсов ненадлежащего качества, при этом легко можно перейти непосредственно к оценке качества комплексного ресурса, например, по формуле $P = 1 - d$.

Вернемся к задаче (1) - (9) и, используя алгоритм скаляризации векторного критерия через оценку трудности достижения цели, определим фактическое качество для критерия стоимости, компетентности и времени [1, 4]:

$$\mu_{ij}^c = \frac{c_{ij} - c_j^{\min}}{c_j^{\max} - c_j^{\min}}, \mu_{ij}^q = \frac{q_{ij}}{q_j^{\max}}, \mu_{ij}^t = \frac{t_{ij} - t_j^{\min}}{t_j^{\max} - t_j^{\min}} \quad (14)$$

$$\varepsilon_{ij}^c = \frac{c_{ij}}{c_j^{\max}}; \varepsilon_{ij}^q = \frac{q_{ij} - q_j^{\min}}{q_j^{\max} - q_j^{\min}}; \varepsilon_{ij}^t = \frac{t_{ij}}{t_j^{\max}}, \quad (15)$$

$\mu_{ij}^c, \mu_{ij}^q, \mu_{ij}^t$ - фактические значения качества компетентности, стоимости и времени, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$;

$\varepsilon_{ij}^c, \varepsilon_{ij}^q, \varepsilon_{ij}^t$ - требования к качеству по тем же характеристикам, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$;

$c_j^{\min}, q_j^{\min}, t_j^{\min}$ - наименьшие возможные значения критериев по j задачи проекта, $j = \overline{1, m}$;

$c_j^{\max}, q_j^{\max}, t_j^{\max}$ - наибольшие возможные значения критериев по j задачи проекта, $j = \overline{1, m}$.

Используя формулы (14) и (15), формируем матрицы парциальных (частных) трудностей $d_{ij}^c, d_{ij}^q, d_{ij}^t$ по каждому из критериев

$$d_{ij}^c = \frac{\varepsilon_{ij}^c(1 - \mu_{ij}^c)}{\mu_{ij}^c(1 - \varepsilon_{ij}^c)}, d_{ij}^q = \frac{\varepsilon_{ij}^q(1 - \mu_{ij}^q)}{\mu_{ij}^q(1 - \varepsilon_{ij}^q)}, d_{ij}^t = \frac{\varepsilon_{ij}^t(1 - \mu_{ij}^t)}{\mu_{ij}^t(1 - \varepsilon_{ij}^t)}. \quad (16)$$

В результате, обобщенную оценку качества всего процесса можно рассмотреть, как интегральную трудность, для определения которой необходимо произвести расчет по формуле:

$$D_{ij} = 1 - (1 - d_{ij}^c)(1 - d_{ij}^q)(1 - d_{ij}^t), \quad (17)$$

где D_{ij} - общая трудность по введенным критериям, а в качестве $d_{ij}^c, d_{ij}^q, d_{ij}^t$ будем использовать полученные парциальные трудности из (16).

Учитывая вводимые квазиоперации над трудностями [6, 9, 12], формулу (17) можно представить в виде:

$$CQT_{ij} = d_{ij}^c \oplus d_{ij}^q \oplus d_{ij}^t, \quad (18)$$

где

CQT_{ij} – матрица интегральной (общей) трудности;

\oplus – операция обобщенного сложения (операция свертки);

$d_{ij}^c, d_{ij}^q, d_{ij}^t$ – частные трудности по стоимости, компетентности и времени.

Предлагаемая свертка позволяет привести задачу к виду (19) - (25):

$$F(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m CQT_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (i = \overline{1, n}), \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j = \overline{1, m}), \quad (21)$$

$$\underline{Cm}_i \leq \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} \leq \overline{Cm}_i \quad (j = \overline{1, m}), \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^n q_{ij} x_{ij} \geq \underline{Qm}_i \quad (j = \overline{1, m}), \quad (23)$$

$$\underline{Tm}_i \leq \sum_{i=1}^n t_{ij} x_{ij} \leq \overline{Tm}_i \quad (j = \overline{1, m}), \quad (24)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\}, \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}). \quad (25)$$

Заключение

Поводя итог, отметим, что, при наличии достаточного опыта в сфере управления проектами, все еще остаются не решенными проблемы в менеджменте качества проекта. Поэтому при корректировке подходов к проектному управлению в рамках профессиональной технологии, необходимо в обязательном порядке учитываться конкретные цели и состав работ, предусматривать возможность динамического контроля ситуации и своевременной реакции на возникающие изменения и отклонения от установленного времени, бюджета и качества. Проведенное исследование позволило сформулировать и обосновать ряд теоретических положений относительно механизма принятия решений при формировании команды проекта с учетом индивидуальных возможностей участников проекта, критериев для оценки результативности деятельности сотрудников. Используя теорию трудности достижения цели возможно принятие решения в условиях многокритериальности, что позволит более эффективно распределять ресурсы, управлять трудозатратами, создавать такие условия для

команды проекта, при которых все участники будут заинтересованы в достижении наилучших результатов.

References

1. Алексеев А.П. Разработка критерия эффективности для сложных систем различных типов на основе интегральной оценки трудности достижения цели / А.П. Алексеев, Г.В. Абрамов, И.Н. Булгакова // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2019. - №1. - С. 18-25.
2. Бабунашвили М.К. Оперативное управление в организационных системах / М.К. Бабунашвили, М.А. Бермант, И.Б. Руссман // Экономика и математические методы. – 1971. - т.7. - №3. - С. 480-492.
3. Баева Н.Б. Обобщение методов построения интегральных оценок качества на основе теории трудности достижения цели / Баева Н.Б., Куркин Е.В. // Вестник ВГУ, Серия: системный анализ и информационные технологии, 2011, № 1– С. 84-92.
4. Булгакова И.Н. Интегральная оценка практической эффективности менеджмента как трудность достижения цели / И.Н. Булгакова, Д.И. Новосадов, Б.П. Зуев // Вопросы методологии социально-гуманитарных наук: современный контекст: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 июля 2018 г.: в 2-х ч.; под общ. ред. Е. П. Ткачевой; Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ). - 2018. - Часть I. - С.140-143.
5. Галинская Е.В. Модели и механизмы управления развитием персонала / Е.В. Галинская, А.А. Иващенко, Д.А. Новиков. - М.: ИПУ РАН, 2005. - 68 с. 2
6. Каплинский А.И. Руссман И.Б., Умывакин В.М. Моделирование и алгоритмизация слабоформализованных задач выбора наилучших вариантов системы / А.И. Каплинский, И.Б. Руссман, В.М. Умывакин. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. - 168 с.
7. Катаев А.В. Виртуальные бизнес-организации / А.В. Катаев. - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. - 120 с.
8. Куркин Е. В. Математические методы поддержки процесса перехода региональных экономических систем в режим устойчивого развития: специальность 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Куркин Евгений Владимирович. – Воронеж, 2014. – 175 с.
9. Куркин Е.В. Операционные основы построения интегральных оценок качества на основе теории трудности достижения цели / Куркин Е.В. // Международная междисциплинарная научная конференция: Синергетика в естественных науках

(седьмые Курдюмовские чтения)./ Сборник тезисов. – Тверь: Изд-во ТГУ, 2011. – С. 357-361.

10. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений /О.И.Ларичев. - М.: Логос, 2003. - 392 с.

11. Руссман И.Б. Интегральные оценки качества в организационных системах /И.Б.Руссман // Структурная адаптация сложных систем управления. - Изд. ВПИ, Воронеж. – 1977. - С. 90-92.

12. Руссман И.Б. О проблеме пересчета интегральных показателей при сравнении многомерных объектов / И.Б. Руссман // Проблемы функционирования и развития инфраструктуры народного хозяйства. - Москва, ВНИИСИ. – 1983. - С. 19-24.

13. Трофимов В.В. Методологические основы управления проектами виртуальных предприятий / В.В. Трофимов, И.Г. Горбунов. - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007 - 174 с.

14. Шамовский В.Э. Формирование структуры бизнес-группы с желаемыми свойствами / В.Э. Шамовский, А.А. Эйрих // Современные сложные системы управления: Международ. конф., 26-28 мая 2003 г.: Сб. науч. тр. Воронеж. – 2003. - Т. 1. - С. 353-357.

SCIENTIFIC METHODS AND TECHNOLOGIES

UDC 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

Toygambayev S.K., Omarov T.S., Abenov A.T., Telovov N.K. Two-stage double-row deep loader RG-0.5.2

Двухступенчатый двухрядный глубокорыхлитель РГ-0.5.2

Toygambayev S.K.

Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia, Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment.

Omarov T.S.

Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia, Engineer - economist of the
Department of Technical Service of Machinery and Equipment.

Abenov A.T.

Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, postgraduate
student of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment.

Telovov N.K.

Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia, Head of the Laboratory of the
Department of Organization and Technologies of Hydro-Reclamation and Construction Works.

Тойгамбаев С.К.

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва,
Россия, д.т.н., профессор кафедры технический сервис машин и оборудования.

Омаров Т.С.

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва,
Россия, инженер - экономист кафедры технический сервис машин и оборудования.

Абенов А.Т.

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва,
Россия, аспирант кафедры технический сервис машин и оборудования.

Теловов Н.К.

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва,
Россия, заведующий лабораторией кафедры организации и технологий гидромелиоративных и
строительных работ.

Abstract. Deep loosening is carried out according to projects, during the construction of reclamation and agricultural systems, capital flushing, in the process of land development and exploitation. To perform deep loosening, passive-acting deep looseners are used. Based on the research carried out, this article presents a structural scheme of a two-stage double-row deep loader.

Keywords: deep dredger; loosening; two-stage double-row; plow sole; processing depth; reclamation; water-physical properties.

Аннотация. Глубокое рыхление выполняют по проектам, при строительстве мелиоративных и сельскохозяйственных систем, проведении капитальных промывок, в процессе освоения и эксплуатации земель. Для выполнения глубокого рыхления применяют глубокорыхлители пассивного действия. На основе проведённых

исследовании в данной статье представлен конструкционная схема двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя.

Ключевые слова: глубокорыхлитель; рыхление; двухступенчатый двухрядный; плужная подошва; глубина обработки; мелиорация; водно-физических свойств.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Для комплексного решения поставленных проблем улучшения параметров уплотненного почвенного профиля составлена морфологическая карта для разработки технологии глубокого мелиоративного рыхления и конструкции рыхлителей объемного типа, обеспечивающих создание благоприятного водно-воздушного и водно-солевого режимов почв. [3;7]. Необходимыми предпосылками являются: - выяснение условий почвенно-климатических, гидротехнических сельскохозяйственных мелиораций в различных зонах тропиков;

- условий технического обеспечения производства мелиоративных работ и способов мелиоративно-строительного производства.

При этом выделены необходимые и достаточные предпосылки функционирования технологического процесса. В целом морфологическая карта представляет собой упорядочение этапов работ по назначению конструкций глубокорыхлителей и технологии их работы. Она позволяет планировать работу в целом. В контуре природных и климатических условий выделены основные характеристики по осадкам, температуре, поверхностному стоку, а также по почвам с характеристикой гранулометрического состава, наличия железистых соединений (в виде латеритов) и засоленности [6]. В целом выполнена оценка, что в основном почвы потенциально плодородны и с помощью различных видов мелиорации могут быть использованы для производства сельскохозяйственной продукции. На основе различных источников и рекомендаций составлены основные условия, обеспечивающие проведение мелиоративных работ на этих почвах. Здесь выделены необходимые и достаточные условия, к ним относятся создание благоприятного водно-воздушного и водно-солевого режимов подпочвенного профиля при сохранении естественного плодородия [1;3;4]. В то же время необходимо учитывать наличие мелких контуров полей и необходимость создания открытой дренажной сети там, где позволяют почвенно-климатические ресурсы [6]. В качестве достаточных условий выдвигаются: - разуплотнение почвенных горизонтов; - создание аккумулирующей емкости для осадков; - и обеспечение промывного режима засоленных почв.

Все это должно обеспечивать также аэрацию почвенного профиля. Среди основных условий технического обеспечения производства мелиоративных работ

выделяются: - наличие дренажа; - проведение агромелиоративных мероприятий; - организация поверхностного стока; - наличие мелиорантов и удобрений.

Достаточным условием, в данном случае, является разработка и применение глубокого рыхления с внутрипочвенным внесением различных мелиорантов и удобрений [5]. Условия мелиоративно-строительного производства предусматривают использование базовых тракторов с невысоким давлением на почву (наиболее эффективно применение гусеничных тракторов), глубокорыхлителей различной конструкцией глубиной хода от 0,3 до 1,2 м для обеспечения глубокого рыхления согласно агротехническим требованиям [2;3;8]. Техника, используемая для мелиоративных работ, должна выполнять технологические процессы обеспечения требованиям охраны природы и не способствовать вторичному уплотнению почвы [8].

Из анализа морфологической карты вытекают цель работы и следующие основные задачи и направления исследований, [4;5]:

1. С помощью анализа современного состояния обрабатываемых почв

сельскохозяйственного фонда РФ, на основании теоретических исследований, лабораторных экспериментов и полевых работ разработать эффективные технологические процессы разуплотнения почвенного профиля засоленных почв на глубину 1,2 м и переуплотненных почв на глубину 0,5...0,8 м в зависимости от вида и мощности уплотненности слоев. При этом используется комплекс технологических приемов, включающих в себя глубокое мелиоративное рыхление, внесение различного рода мелиорантов, удобрений и использования культур – освоителей с глубокой корневой системой [1]. Это позволяет обеспечивать длительное функционирование вновь созданного профиля и создать новую структуру почвы.

2. Необходимо установить рациональные способы деструкции сложения почвенных горизонтов, обеспечивая при этом естественное плодородие почвенного профиля.

Целью же предложенного нового технического решения «Двухступенчатый двухрядный глубокорыхлитель РГ-0.5.2» (рис. 1) является повышение полноты рыхления почвы (однородность комков), выпученности и снижение тяговых сопротивлений. В отличие от РГ-0.5 (V – образных рыхлителей) новый глубокорыхлитель РГ-0.5.2 имеет две такие (аналогичные) ступени общей глубиной 0,5 м, глубина нижней ступени равна 0,18 м и два стойки второго ряда противоположенный симметрична расположены наружу, а ширина $B_{рых} = 1,2$ м. К основным параметрам предлагаемого двухступенчатого двухрядного рабочего органа можно отнести: - углы резания нижней 1 и верхней 2 ступеней лемехов; - углы (1, 2 и 3) установки вертикальных стоек относительно продольной движение глубокорыхлителя; - ширина (b_1 и b_2) лемехов нижней и верхних

ступеней; - углы (b_1 , b_2 и b_3) установки лемехов относительно продольной движение глубокорыхлителя. Новый двухступенчатый двухрядный глубокорыхлитель предназначен для глубокого (до 0,5 м) рыхления тяжелых (глина, суглинков) почв, в процессе строительства и эксплуатации сельскохозяйственных земель [5]. Глубокорыхлитель РГ-0.5.2 (двухступенчатый двухрядный) изготавливается сварной металлоконструкцией из прокатной стали и состоит из следующих основных узлов (рис. 3): рама рабочего органа 1, опорных колес 2, верхние боковые стойки первого ряда глубокорыхлителя 3, лемеха 4,6,8; стойка второго ряда глубокорыхлителя 5 и нижние боковые стойки первого ряда глубокорыхлителя 7.

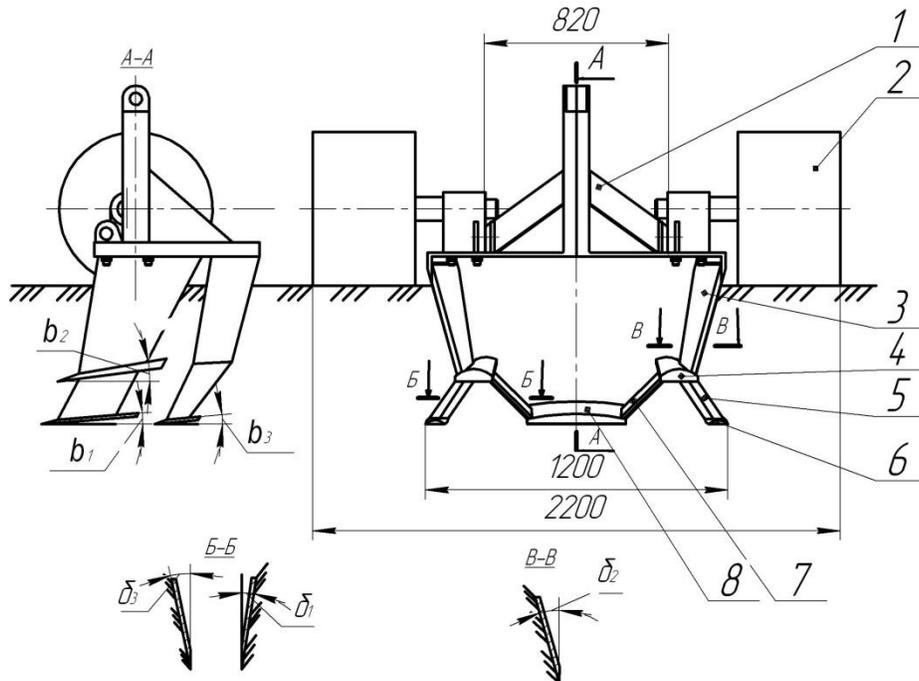


Рис. 1. Двухступенчатый двухрядный глубокорыхлитель РГ-0.5.2.

1 - рама глубокорыхлителя; 2 - опорные колеса; 3 – верхние боковые стойки первого ряда глубокорыхлителя; 4,6,8 - лемеха; 5 – стойка второго ряда глубокорыхлителя; 7 – нижние боковые стойки первого ряда глубокорыхлителя.

Основное отличие рыхлителя – конструкция, который выполнен V – образной формы боковые стойки (с двумя ступенями) состоит из лемеха и наличие второго ряда стоек и лемеха. Профиль каждого бокового стоек, т.е. верхние боковые стоек имеют угол 25° установки относительно продольной движение, а нижние боковые стоек угол 30° , с целью увеличения скорости разрушения грунта получение (однородности комков) почв, техническая характеристика РГ-0.5.2 в табл. 2.

Выводы

Использование рыхлителя с различным количеством стоек позволяет выполнять работы в зависимости от тяговых сопротивлений и мощности разрыхленного слоя. Обоснована конструкция, выбраны в соответствии с рекомендациями параметры двухступенчатого рыхлителя с учетом морфологических особенностей разуплотняемых почв.

References

1. Карапетян М.А., Шипанцов А.М. От предпосадочной подготовки почвы зависит производительность картофелеуборочного комбайна и качество уборки клубней./ Картофель и овощи. 2012. № 4. С. 7.
2. Карапетян М.Л., Абдулмажидов Х.Л. Теоретические исследования динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303./ Природообустройство. 2015. № 2. С. 78-80.
3. Карапетян М.А. Воздействие движителей трактора на физические свойства почвы./ Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 7. С. 50-51.
4. Теловов Н.К. Обработка почвы для улучшения структуры сельскохозяйственных земель./ В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 561-565.
5. Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Обработка почвы нечерноземных земель РФ глубокорыхлителем-удобрителем для увеличения производства сельскохозяйственных культур./ Агропродовольственная экономика. 2019. № 10. С. 7-16.
6. Тойгамбаев С.К., Ногай А.С., Нукашев С.О. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области./ Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2008. № 1 (26). С. 86-89.
7. Karpuzov V., Golinitzkiy P., Cherkasova E., Antonova U., Toygambaev S. Development of knowledge management process at the enterprise of technical service of the agro-industrial complex. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. С. 12031.
8. Улюкина Е.А., Апатенко А.С., Гусев С.С., Андреев А.А.. Эксплуатационные материалы./ Практикум. Москва, 2022. 188с.

CONCLUSION

In our journal, "International Journal of Professional Science," we strive to provide a platform for the exchange of knowledge and ideas across various fields of science and technology. We hope that the articles in this issue will help you better understand and appreciate the significance of scientific research and its impact on our lives.

We extend our heartfelt gratitude to all the authors for their valuable contributions to our journal and to the scientific community at large. Your diligence and passion for research play a crucial role in advancing science and technology. We also thank our readers for their interest in our journal, and we hope you will find a wealth of useful and inspiring information in this issue.

As we remain dedicated to the ideals of science, we will continue to support scientific development and knowledge exchange in the future. Thank you for making our journal a part of your scientific journey.

Sincerely,
Natalia Krasnova, Ph.D.
Chief Editor

Electronic scientific editions

International journal of Professional Science

international scientific journal
№10 (2) /2023

Please address for questions and comments for publication as well as suggestions
for cooperation to e-mail address mail@scipro.ru



Format 60x84/16. Conventional printed
sheets 3,0
Circulation 100 copies
Scientific public organization
“Professional science”