



**Самарский государственный
аграрный университет**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

ПУТОХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ

*СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ*

12 декабря 2023 г.

Кинель 2024

УДК 540
ББК 24
П 90

Рекомендовано научно-техническим советом Самарского ГАУ

Редакционная коллегия:

Троц Н. М. – д-р с.-х. наук, профессор;
Бакаева Н. П. – д-р биол. наук, профессор;
Салтыкова О. Л. – канд. с.-х. наук, доцент;
Жичкина Л. Н. – канд. биол. наук, доцент;
Запрометова Л. В. – ст. преподаватель;
Бокова А. А. – ассистент

П 90 Путохинские чтения: сборник научных трудов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 210 с.

Сборник содержит материалы экспериментальных и производственных исследований по проблемам и перспективам развития основных направлений в неорганической, органической и аналитической химии, химии в сельском хозяйстве и медицине. В издание включены научные труды преподавателей, аспирантов, соискателей, магистров, студентов вузов России. Сборник представляет интерес для специалистов и руководителей предприятий, научных и научно-педагогических работников, бакалавров, магистров, аспирантов.

Статьи приводятся в авторской редакции. Авторы опубликованных статей несут ответственность за патентную чистоту, достоверность и точность приведенных фактов, цитат, экономико-статистических данных, собственных имен и прочих сведений, а также за разглашение данных, не подлежащих открытой публикации.

**УДК 540
ББК 24**

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ И ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Тип статьи: обзорная
УДК 632.9; 661.7

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИ-N, N-ДИМЕТИЛ-3,4-ДИМЕТИЛЕНПИРРОЛИДОНИЙ ХЛОРИДА

Илья Леонидович Глазко¹, Алина Андреевна Иванова²

^{1,2}Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», Самара

¹glazko@ya.ru

²ivanova00alina@gmail.com

В последнее время все большее значение для практических целей приобретают полимеры и сополимеры, обладающие свойствами низкомолекулярных электролитов. В частности, к таким полимерам относится и поли-N,N-диметил-3,4-диметиленпирролидоний хлорид. Рассмотрены основные технологии синтеза данного вещества, выявлены основные их недостатки. Для улучшения качества полимера, предложено очищать мономер путем экстракции.

Ключевые слова: поли-N,N-диметил-3,4-диметиленпирролидоний хлорида, регулятор роста, сельское хозяйство, технология получения.

Для цитирования: Глазко И. Л., Иванова А. А. Усовершенствование технологии получения регулятора роста растений поли-N,N-диметил-3,4-диметиленпирролидоний хлорида // Путошкинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 3-9.

IMPROVING THE TECHNOLOGY FOR PRODUCING POLY-N, N-DIMETHYL-3,4-DIMETHYLENEPYRROLIDONIUM CHLORIDE

Ilya L. Glazko¹, Alina A. Ivanova²

^{1,2}Federal State Educational Institution of Higher Education "Samara State Technical University", Samara

¹glazko@ya.ru

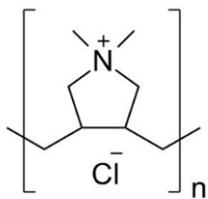
²ivanova00alina@gmail.com

Recently, polymers and copolymers that simultaneously possess the properties of low-molecular electrolytes and the properties of polymers have become increasingly important for practical purposes. In particular, such polymers include poly-N,N-dimethyl-3,4-dimethylenepyrrolidonium chloride. The main technologies for the synthesis of this substance are considered and their main disadvantages are identified.

Keywords: poly-N,N-dimethyl-3,4-dimethylenepyrrolidonium chloride, growth regulator, agriculture, chemistry, technology.

For citation: Glazko, I.L., Ivanova, A.A. (2024). Improving the technology for obtaining the plant growth regulator poly-N,N-dimethyl-3,4-dimethylenepyrrolidonium chloride. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC Samara State Agrarian University, 2023. (pp.3-9.) (in Russ.)

Поли-N,N-диметил-3,4-диметиленпирролидоний хлорид (ПолиДМДМПХ)



представляет собой высокомолекулярный катионноактивный полимер. Не является токсикантом: он не канцерогенен, не вызывает аллергию, не обладает хронической токсичностью. При применении в рекомендуемых дозах и с соблюдением регламента применения безопасен для человека, теплокровных животных и окружающей среды. Этот полимер разрешен к применению для очистки питьевой воды. Имеет следующие токсикологические свойства [1]:

- ЛД₅₀ для крыс – 3 г/кг;
- ЛД₅₀ для мышей – 1720 мг/кг;
- ЛД₅₀ для морских свинок – 3250 мг/кг.

Класс опасности:

- Для человека – 3;
- Для пчел – 3.

ПолиДМДМПХ обладает рядом уникальных свойств, что позволяет использовать его в различных областях: для структурирования почв при борьбе с ветровой и водной эрозией, в качестве коагулянта и флокулянта при очистке промышленных и бытовых стоков, для интенсификации процессов обезвреживания сточных вод нефтеперерабатывающей промышленности, также он применяется для стабилизации буровых жидкостей и повышения нефтеотдачи. В медицине с его помощью очищают растворы антибиотиков, стабилизируют коллоидные дисперсии в пищевой и парфюмерной промышленности, применяют для снижения жесткости воды, используют как добавки к ПАВ, используют в качестве коагулянта для осаждения латекса при получении синтетического каучука.

Более того, данный высокомолекулярный катионноактивный полимер является действующим веществом в дезинфектанте «Септопол». Данное средство прошло клинические исследования, разрешен к применению Минздравом РФ и выпускается отечественной промышленностью. Дезинфицирующее средство предназначено для дезинфекции объектов ветеринарного надзора [2].

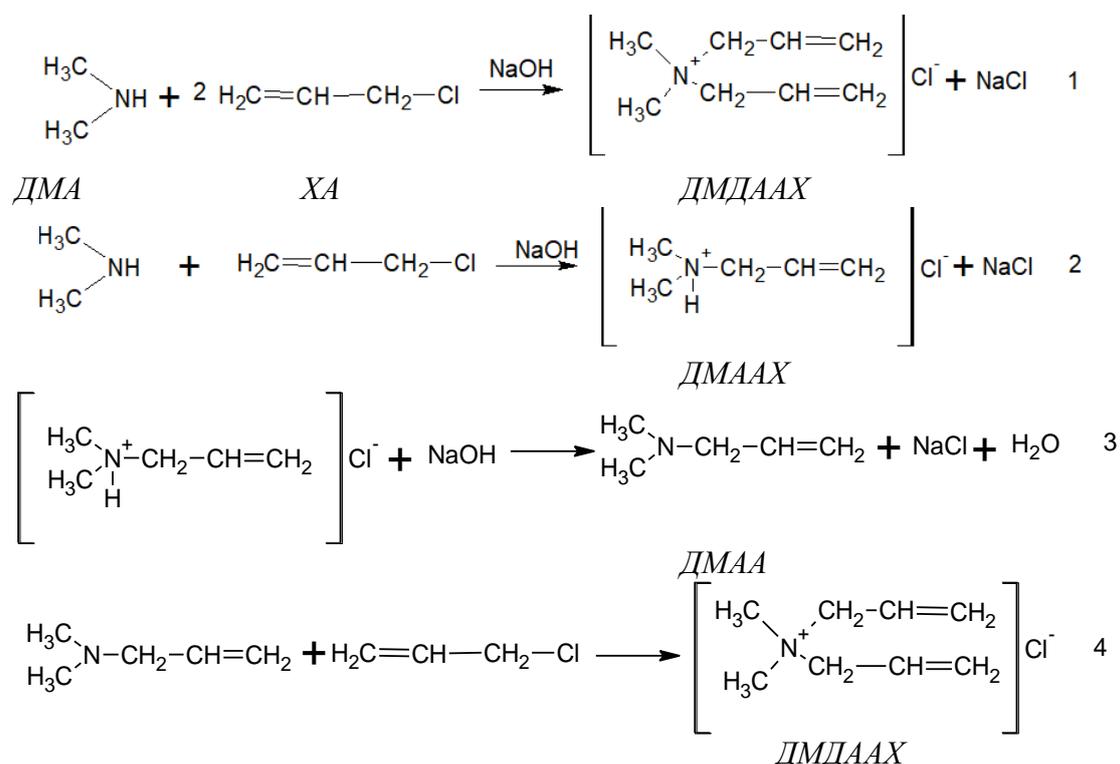
Для сельскохозяйственной отрасли уникальность поли-N,N-диметил-3,4-диметиленпирролидоний хлорид заключается в комплексности. Данное вещество обеспечивает увеличение полевой всхожести и энергии роста, устойчивости к неблагоприятным факторам среды, обеспечивает рациональное использование растениями воды, повышает эффективность минеральных удобрений, разлагается в почве и на поверхности растений полностью без образования токсичных продуктов [2].

Влияние поли-N,N-диметил-3,4-диметиленпирролидоний хлорида было изучено в работе [3] на ростовые процессы в семенах овса и гороха. При обработке раствором полимера в дозах 10-40 мг/кг почвы энергия прорастания и всхожесть семян овса увеличилась на 4,8-8,3%, для гороха – 13,8-16,3%. Увеличился процент проростков овса, вышедших на поверхность на 4,1-20,5%, для гороха – 11,3-40,3%, масса проростков: у овса – на 14,3-17,2%, у гороха – на 9,8-31,0% [3].

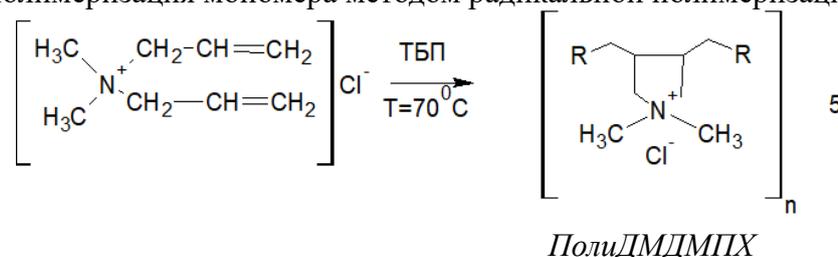
Известно, что полимер входит в состав регуляторов роста растений (торговое наименование Артафит и Авибиф), которые производятся в России. Механизм действия основан на антибактериальном и фунгипротекторном эффектах. Применение данных препаратов позволило увеличить всхожесть семян сои при предпосевной обработке на 2-12% [3].

Получение данного полимера состоит из двух основных этапов:

1. Синтез мономера – N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида (ДАДМАХ), которой протекает по следующим реакциям:



1. Полимеризация мономера методом радикальной полимеризации:



Процесс полимеризации протекает в присутствии инициатора радикальных процессов – трет-бутил гидропероксида (ТБП) или персульфат аммония и не представляет трудностей.

Синтез ДАДМАХ может осуществляться двумя способами:

2. В одну стадию согласно уравнению (1), без промежуточного выделения N,N-диметил-N-аллиламина (ДМАА);

3. В две стадии, т.е. с выделением промежуточного продукта (ДМАА), в соответствии с уравнениями (2), (3) и (4).

Исходя из этого существуют следующие технологии синтеза мономера:

1. Одностадийный способ получения без выделения третичного амина.

Синтез проводят в одном реакторе при температуре 44-46°C в течение 5-6 ч, смешивая водный раствор диметиламина (ДМА) с концентрацией 40-50% с хлористым аллилом (ХА) в растворе едкого натра концентрации 35-40% при соотношении ДДМА:ХА:NaOH=1:2:1. По истечению указанного времени из реакционной массы отгоняют непрореагировавшие реагенты, отделяют выпавший осадок хлорида натрия и направляют на полимеризацию при температуре 45-50°C и атмосферном давлении.

Преимуществом первого метода является его простота, дешевизна. Однако у этого способа есть большой недостаток - образующийся в реакции хлористый натрий частично остается в водной фазе и затем переходит в конечный продукт. Полученный по данному способу ПолиДМДМПХ может содержать до 10% хлористого натрия [3].

Выделение ДМДААХ свободного от хлорида натрия является сложной задачей, которая пока не решена. Так же в данных условиях протекают реакции конденсации хлористого аллила

с образованием смолы, которая осаждается на поверхности аппаратуры и на кристаллах выделившейся соли, что затрудняет выделение и утилизацию NaCl.

По мимо соли полимер может так же содержать в качестве побочных продуктов продукты конденсации хлористого аллила и не превращённые исходные компоненты.

2. Многостадийный способ с выделением третичного амина.

На первой стадии синтез проводят при тех же температуре, времени и концентрациях реагентов, что и в одностадийном методе, но при другом соотношении реагирующих веществ – ДМА:ХА:NaOH= 1:1:1. Далее из реакционной массы отгоняют третичный амин, получаемый по уравнениям (3). Полученный ДМАА вводят в реакцию с хлористым аллилом при соотношении ДМАА:ХЛ = 1:1 в растворе холодного ацетона. По завершении реакции полученную реакционную массу, содержащую ДАДМАХ в виде игольчатых кристаллов, фильтруют и промывают ацетоном, что позволяет получить чистый мономер.

Достоинством данного метода является возможность получения чистого мономера. К недостаткам можно отнести многостадийность, энергоёмкость и продолжительность, меньший выход ДАДМАХ, расход большого количества ацетона. Потери ДАДМАХ объясняются тем, что реакция алкилирования аминов является последовательной, на стадии образования третичного амина (реакция 3), образуется также и четвертичная аммонийная соль реакция (4), которая переходит в водную фазу, что приводит к потерям мономера. Так же ДАДМАХ очень гигроскопичен и поэтому его промывка и фильтрация становятся трудной технической задачей [4].

3. Многостадийный способ с рециркуляцией водного слоя содержащего ДАДМАХ.

Для уменьшения потерь ДАДМАХ научными работниками филиала ФГБОУ ВПО Уфимского государственного нефтяного технического университета совместно ОАО «Башкирская содовая компания» г. Стерлитамак была предложена технология с рециркуляцией водного слоя содержащего ДАДМАХ. Синтез предлагается проводить при соотношении реагентов – ДМА:ХА = 2.2:1 и дозировании хлористого аллила при работающей мешалке. Скорость дозирования регулируется в зависимости от температуры реакционной среды. После смешения реагентов реакционную массу выдерживают при работающей мешалке, далее отстаивают и разделяют на водную и органическую фазы. Нижний водный слой подается на омыление, где к водной фазе добавляют расчетное количество твердого едкого натра в соотношении 1:1 на полученный ДМАХ. Далее отфильтровывают выделившееся кристаллы NaCl, насыщают раствор ДМА и возвращают в реактор для дальнейшего синтеза.

Органический слой направляют на смешение с дополнительным количеством хлористого аллила в соотношении 1:1, выдерживают при работающей мешалке для полного прохождения реакции. Конечный продукт направляют на полимеризацию для получения ПолиДМДМПХ [5].

Достоинством данного метода является уменьшение образования сточных вод. Но в работе не указано, какого выхода целевого продукта удалось достичь за один цикл и каким образом происходит утилизация выделившегося хлористого натрия. Недостатком метода так же является его многостадийность.

Для сравнения методов синтеза ДАДМАХ по выходу и чистоте получаемого мономера были проведены эксперименты в условиях близких к промышленным.

Для очистки полученного мономера от хлорида натрия и продуктов конденсации хлористого аллила нами было предложено экстрагировать ДАДМАХ из реакционной массы изоамиловым спиртом при соотношении ДАДМАХ: спирт=1:2 с последующей рекстракцией мономер водой. Применение позволяет получить чистый мономер по одностадийному способу. Полученный водный раствор упаривали до необходимой концентрации при этом из раствора мономера удаляются летучие вещества, сконцентрированный водный раствор подвергали полимеризации.

Условия проведения синтезов:

а. Одностадийный способ без выделения третичного амина. Температура 35°C - 40°C, соотношение ДМА:ХА: NaOH=1:2:1, время проведения синтеза 6 часов, проводилась очистка экстракцией;

б. Одностадийный способ без выделения третичного амина, температура 20°C - 30°C, соотношение ДМА:ХА: NaOH=1:2:1, время проведения синтеза 6 часов. Понижение температуры позволило увеличить выход мономера, проводилась очистка экстракцией;

с. Многостадийный способ с выделением третичного амина, температура Т- 20°C - 30°C, соотношение ДМА:ХА: NaOH=1:2:1, время проведения первой стадии 3 часа, органическую фазу отделяют, отгоняют летучие соединения и добавляют расчетное количество ХА в растворе холодного ацетона и оставляют на 1-2 дня. Данный способ позволил получить наиболее чистый мономер, но выход ДАДМАХ не превышает 25%-47%, поэтому его стоит использовать только в качестве препаративного способа, для получения чистого мономера.

Полученный разными способами ДАДМАХ полимеризовали при температуре 50-70°C в присутствии инициатора – трет-бутил гидропероксида в различных концентрациях в течении 19 часов.

Были определены следующие физико-химические свойства полученных образцов полимера: массовая доля сухого вещества, содержание хлорида натрия, характеристическая вязкость.

Для определения массовой доли сухого вещества образцы высушивают до постоянного веса в сушильном шкафу.

Содержание хлорида натрия анализировали методом титрования раствором азотнокислой ртути (II) в присутствии индикатора дифенилкрбозона, количество ионов хлора приходящегося на хлористый натрий определяли по разности между общим ионным хлором и хлором, содержащимся в полимере.

Характеристическую вязкость определяли по вискозиметрическому методу при помощи капиллярного вискозиметра Оствальда и Уббелюде, измеряя вязкость 0,1%-0,6% растворов полимера в 3N растворе хлорида натрия. Полученные результаты приведены в таблице №2.

Условия проведения синтеза мономера представлены в таблице №1.

Таблица 1

Экспериментальные данные по проведенным опытам

№ синтеза	1	2	3	4	5*
Методика синтеза	а	b		с	
Экстракция	+	+	-	-	-
Выход мономера, %	42	79,2	76,2	25	47

5*– медленно прикапывали ДМА к ХА через капельную воронку, за счет чего удалось повысить выход продукта.

Таблица 2

Экспериментальные данные по полимеризации опытных образцов

№ синтеза	1				2	3	4	5
№ полимера	1	2	3	4*	5	6	7*	8*
Т, °С	70							
Кол-во иниц., г/г мономера	0,0001	0,0003	0,001	0,003	0,0049	0,0042	0,003	0,003
Конц-ия мономера, % масс.	50							
Содержание хлорида натрия, % масс.	0	0	0	0	0	2,1	0	0
Вязкость, см ³ /г	0,380	0,416	0,367	0,520	0,486	0,448	0,696	0,711
ММ	20178	22542	19357	29641	27248	24670	42297	43154

* При полимеризации инициатор добавляли двумя порциями. Время проведения процесса 20 часов.

Для сравнения свойств, полученных нами образцов полимеров с промышленными образцами, был проведен анализ трех промышленных образцов *ПолиДМДМПХ*. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства промышленных образцов

Опытный образец	Первый	Второй	Третий
Внешний вид	Раствор желтого цвета, прозрачный	Раствор оранжевого цвета, мутный	Раствор желтого цвета, прозрачный
Массовая доля сухого вещества, % масс.	25,3	52,2	44,2
Содержание хлорида натрия, % масс.	≤ 0,5	1,8	2,1
Характеристическая вязкость, см ³ /г	0,639	1,62	1,22
Растворение в метаноле	Наблюдается образование геля	Полностью растворился	Полностью растворился

Как видно из таблицы 2 во всех образцах содержится некоторое количество хлорида натрия, не превышающее нормы согласно ТУ 2227-184-00203312-98 (норма содержания поваренной соли составляет не более 10%).

В первом образце наблюдается выделение геля при растворении в метаноле, что говорит о наличии в полимере олигомеров меньшей молекулярной массы.

Вывод.

1. Наибольший выход мономера получен при однастадийном синтезе 76-79% от теоретического.

2. Наибольшая характеристическая вязкость сравнимая с характеристической вязкостью образцов полученных на чистом (препаративно полученным) мономере соответствует образцам полученным из мономера выделенного с помощью экстракции.

3. Рассмотренные в ходе литературного обзора технологии получения диметилдиаллиламмоний хлорида имеют ряд недостатков, которые не позволяют получить продукт достаточной чистоты. Решением данной задачи может стать экстракция мономера, которая позволит наиболее полно выделить мономер из реакционной массы без сопутствующих посторонних веществ, что позволит получить полимер с высокой молекулярной массой.

Список источников

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2022 год. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России).

2. Мисин В. М., Акимкин В. Г. Новый отечественный дезинфектант широкого спектра действия на основе полимерных четвертичных солей аммония // Тр VI Всерос. Науч. Семинара с молодежной научной школой «Химия и медицина», 2007. Уфа: Гилем, С.193-194.

3. Цыганов А. Р., Чернуха Г. А., Сергеева И. И. Влияние обработки почвы водорастворимым полимером на ростовые процессы в семенах // Вестник Белорусского государственной сельскохозяйственной академии. 2019. №2. С.106-109.

4. А.с. №1279984 СССР Способ получения диалилдиметиламмонийхлорида / Шаванов С. С., Толстикова Г. А. и др. // Б.И.-1986.- №48.

5. Калимуллин Л. И., Исламудинова А. А., Даминев Р. Р. Усовершенствование технологии получения полидиаллилдиметиламмонийхлорида // Башкирский химический журнал. 2014. Т. 21. №2. С.79-81.

6. Особенности получения бессолевого N,N-диметил-3,4-диаллиламмоний хлорида. / Р. Р. Даминев, Р. Н. Асфандияров, Р. Н. Фаткуллин, Л. Р. Асфандиярова, Г. В. Юнусова // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 43. №7. С.112-116.

References

1. State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation (2022). *Ministry of Agriculture of the Russian Federation* (Ministry of Agriculture of Russia) (in Russ.).
2. Misin, V.M. & Akimkin, V. G. (2007). New domestic broad-spectrum disinfectant based on polymer quaternary ammonium salts. Tr VI All-Russian. Scientific Seminar with the youth scientific school «*Chemistry and Medicine*» (pp. 193-194). Ufa (in Russ.).
3. Tsyganov, A. R., Chernukha, G. A. & Sergeeva, I. I. (2019). The influence of soil treatment with a water-soluble polymer on growth processes in seeds. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii* (Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy), 2, 106-109 (in Russ.).
4. Shavanov, S. S., Tolstikov, G. A. and others (1986). A.s. No. 1279984 USSR Method for obtaining dialyldimethylammonium chloride B. I., 48 (in Russ.).
5. Kalimullin, L. I., Islamutdinova, A. A. & Daminev, R. R. (2014) Improvement of technology for producing polydiallyldimethylammonium chloride. *Bashkirskij khimicheskij zhurnal* (Bashkir chemical journal), 21, 2. 79-81(in Russ.).
6. Daminev, R. R. Asfandiyarov, R. N., Fatkullin, R. N., Asfandiyarova, L. R. & Yunusova, G. V. (2015) Features of obtaining salt-free N,N-dimethyl-3,4-diallylammonium chloride. *Butlerovskie soobshcheniya* (Butlerov's messages), 43, 7, 112-116 (in Russ.).

Информация об авторах:

И. Л. Глазко – кандидат химических наук, доцент;
А. А. Иванова – магистрант.

Information about the authors:

I. L. Glazko – Candidate of Chemical Sciences, docent;
A. A. Ivanova – master student.

Вклад авторов:

И.Л. Глазко – научное руководство;
А.А. Иванова – написание.

Contribution of the authors:

I. L. Glazko – scientific management;
A. A. Ivanova – writing article.

Тип статьи: научная
УДК 547-326

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА ЭТЕРИФИКАЦИИ ПРИ СИНТЕЗЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ПЕНТАЭРИТРИТА И МАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

Юлия Федоровна Иванова¹, Владимир Владимирович Емельянов²,
Светлана Васильевна Леванова³

^{1,2,3}Самарский государственный технический университет, Самара

¹vaewa.yu@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3508-6032>

²dragonage2rus@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6228-5713>

³kinterm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2539-8986>

Проведено моделирование и оценка процесса этерификации масляной кислоты пентаэритритом в условиях самокатализа; в условиях катализа фосфорной кислотой; в условии растворителя – хинолина.

Ключевые слова: этерификация, полиол, селективность, пентаэритрит, эфир

Для цитирования: Иванова Ю. Ф., Емельянов В. В., Леванова С. В. Моделирование условий процесса этерификации при синтезе сложных эфиров пентаэритрита и масляной кислоты // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 9-13.

MODELING OF ESTERIFICATION PROCESS CONDITIONS IN THE SYNTHESIS OF ESTERS OF PENTAERYTHRITOL AND BUTYRIC ACID

Yulia F. Ivanova¹, Vladimir V. Emelyanov², Svetlana V. Levanova³

^{1,2,3}Samara State Technical University, Samara

¹vaewa.yu@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3508-6032>

²dragonage2rus@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6228-5713>

³kinterm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2539-8986>

The process of esterification of butyric acid with pentaerythritol under self-catalysis conditions was modeled and assessed; under conditions of catalysis with phosphoric acid; in a solvent condition – quinoline.

Key words: esterification, polyol, selectivity, pentaerythritol, ether

For citation: Ivanova, Yu. F., Emelyanov, V. V., Levanova, S. V. (2024). Modeling the conditions of the esterification process in the synthesis of esters of pentaerythritol and butyric acid. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC Samara State Agrarian University, (pp. 9-13.) (In Russ.)

Одним из трендов отрасли растениеводства является создание суспензионных концентратов (СК) для различных направлений использования. Данные концентраты, как правило, состоят из какого-либо агрохимического соединения (~ 5-30% мас.), находящегося в твердофазном состоянии при стандартных условиях; маслоподобного или маслогенного компонента (~ 20-55% мас.); (~ 25-30% мас.) соединения, представляющего собой либо неионогенный или анионный ПАВ. Концентраты подобного типа применяют в качестве фунгицидов для протравливания семян; причем, в зависимости от компонентного и структурного состава используемых соединений, возможно придание свойств, способствующих, например, повышению эффективности защитных функций растений от вредителей различного происхождения [1].

Для создания материалов, обладающих необходимым комплексом характеристик, предпочитают использовать сложноэфирные соединения. Так, например, в работе известны ПАВ неионогенной природы, получаемые путем направленного синтеза сложных эфиров полиолов C₂-C₈, дикарбоновых кислот C₄-C₁₆, монокарбоновых насыщенных кислот C₁₆-C₃₀ [2]. Полученные соединения играют роль структурообразователей.

Одним из потенциальных вариантов для создания СК можно назвать сложные эфиры пентаэритрита и насыщенных карбоновых кислот. Благодаря структуре пентаэритрита, имеющего 4 гидроксильные группы – возможно создание материала, сочетающего как алкильные части компонента, так и наличие свободных гидроксильных групп, что открывает возможность для разработки многофункционального компонента, работающего как неионогенный ПАВ, так и как структурообразователь, при этом обладающий высокой способностью к биодеградации. Поэтому крайне важно получение таких ценных продуктов как моно- и диэфиры на основе пентаэритрита и карбоновых кислот.

Поставленная задача затрудняется тем, что спирт является достаточно реакционноспособным даже в условиях самокатализа. В таких условиях необходим четкий кинетический и термодинамический контроль реакции, с целью избирательного получения таких продуктов

как моно- и диэфиры пентаэритрита, при отсутствии или незначительном количестве три- и тетра- замещенных структур.

Как показывают исследования, одним из способов контроля селективности процесса является использование растворителей различной природы, замедляющих или ускоряющих последовательные процессы этерификации. Рассмотрению данных зависимостей и посвящена данная работа, направленная на избирательное получение моно- и диэфиров пентаэритрита.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования избраны: пентаэритрит (АО «Метафракс»), масляная кислота (ТК Ант). Масляная кислота выбрана в качестве рассматриваемого реактива неслучайно, так как является экспериментально доступной и широко применяется в животноводческом хозяйстве. В качестве растворителя был выбран хинолин (Sigma-Aldrich); в качестве катализатора – ортофосфорная кислота (Merck).

Реакцию проводили в трехгорлой круглодонной колбе, погруженной в термостат с постоянным температурным режимом (110°C); снабженной механической мешалкой и насадкой Дина-Старка для смещения равновесия реакции (путем эффективного отвода реакционной воды) в сторону образования целевых продуктов.

Обсуждение результатов

Для оценки влияния растворителя – хинолина на ход реакции этерификации между масляной кислотой и пентаэритритом, нами была проведена серия экспериментов в следующих условиях : *вариант 1*) самокаталитическая этерификация в условиях избытка одного из реактивов – масляной кислоты, которую в дальнейшем будем называть в «субстрате»; *вариант 2*) самокатализ в хинолине; *вариант 3*) этерификация в «субстрате» при катализе ортофосфорной кислотой; *вариант 4*) этерификация в хинолине при катализе ортофосфорной кислотой.

На рисунке 1 представлены полученные нами результаты конверсии во времени по расходованию пентаэритрита на образования целевых продуктов реакции. По результатам видно, что процесс этерификации в «субстрате» при катализе ортофосфорной кислотой проходит наиболее быстро. Однако, стоит заметить, что несмотря на сокращении времени расходования пентаэритрита (почти в 2 раза по сравнению с проведением процесса в хинолине), хроматографически мы наблюдали образование некоторого количества побочных продуктов реакции, что, в свою очередь, нежелательно и в дальнейшем могло бы затруднить выделение необходимых для нас целевых продуктов реакции.

Отметим, что при самокаталитическом режиме результаты, полученные в условиях *варианта 1* и *варианта 2*, отличаются незначительно.

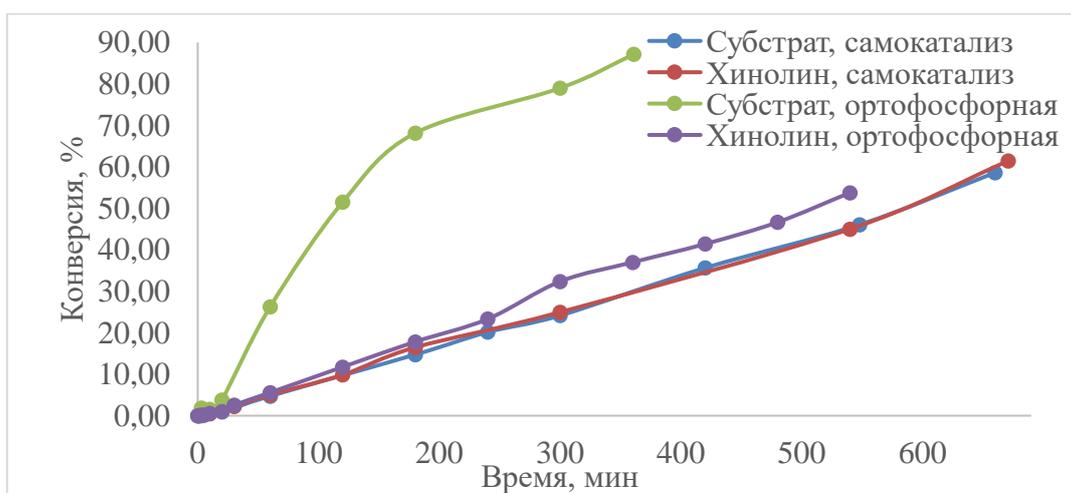


Рис. 1 Расходование пентаэритрита во времени в различных условиях

Процесс получения сложных эфиров масляной кислоты и пентаэритрита проходит через последовательное образование моно-, ди-, три-, тетра- замещённых продуктов реакции этерификации. Так как целью работы был подбор условий для селективного получения моно-, ди- эфиров пентаэритрита, нами были получены зависимости изменения селективности во времени для этих продуктов. На рисунке 2 показаны кривые образования моно- и ди- эфиров в самокаталитических условиях, которые показывают, что с увеличением времени реакции, что в условиях *варианта 1*, что в условиях *варианта 2* – становятся с течением времени близки. Иная ситуация складывается при катализе ортофосфорной кислотой, которая показана на рисунке 3. Видно, что введение хинолина позволяет за 9-10 часов синтеза получить моно- и диэфиры пентаэритрита с селективностью >80 %, что не скажешь о катализе ортофосфорной кислотой в «субстрате», при котором селективность получения необходимых нам продуктов низкая; это обусловлено образованием побочных продуктов.

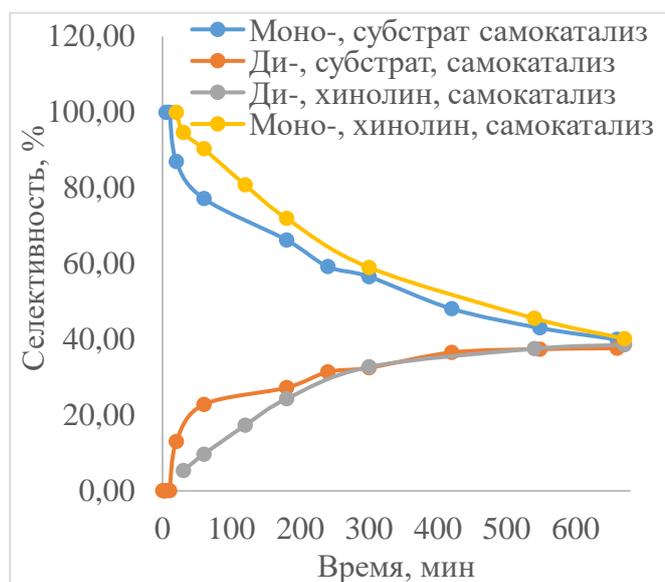


Рис. 2 Изменение селективности во времени моно- и ди-эфиров ПЭ и масляной кислоты в условиях самокатализа

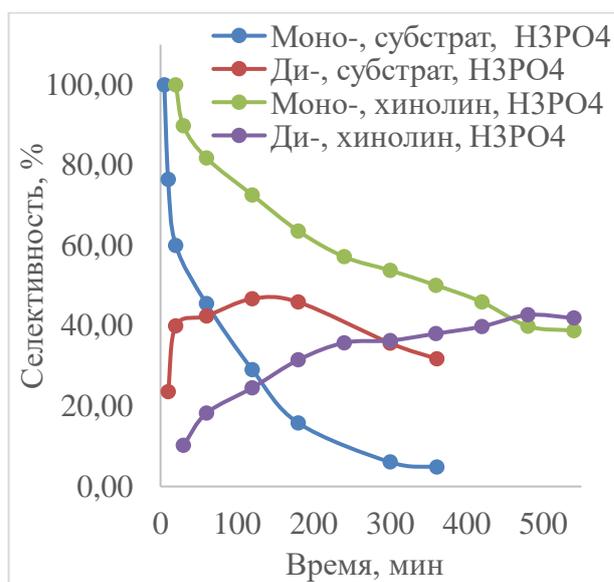


Рис. 3 Изменение селективности во времени моно- и ди-эфиров ПЭ и масляной кислоты в условиях катализа ортофосфорной кислотой

Мы предполагаем на основании имеющихся литературных данных [3], что такое поведение системы в среде хинолина возможно связано с сильным смещением кислотно-основного равновесия за счет основных свойств хинолина, приводящего к повышению концентрации эффективных протонов, катализирующих процесс этерификации.

Вывод. Таким образом, в работе нами был исследован хинолин – как растворитель для реакции этерификации масляной кислоты пентаэритритом. Для селективного получения моно-, ди- эфиров пентаэритрита – ценных для сельскохозяйственной отрасли продуктов, было подобрано сочетание растворителя - хинолина и ортофосфорной кислоты.

Список источников

1. Бурлакова С. В., Власенко Н. Г., Халиков С. С. Оценка влияния препаративных форм протравителей семян на основе триазолов на физиологические особенности всходов яровой пшеницы // *Агрохимия*. 2019. № 11. С. 27–32.
2. Пат. № 2702717 С1 Российская Федерация, МПК А01N 25/30. Агрохимические концентраты / К. М. Найт, Д. А. Флавелл; заявитель и патентообладатель КРОДА ИНТЕРНЭШНЛ ПиЭлСи (GB). - № 2016124569: заявл. 19.11.2014; опубл. 09.10.2019, Бюл. № 28. 31 с.
3. Савченкова А. С., Курбатова С. В., Земцова М. Н. Особенности сорбции некоторых производных хинолина из водноацетонитрильных растворов в условиях высокоэффективной

References

1. Burlakova, S. V., Vlasenko, N. G. & Khalikov, S. S. (2019). Assessment of the influence of preparative forms of seed disinfectants based on triazoles on the physiological characteristics of spring wheat seedlings. *Agrohimiya (Agrochemistry)*, 11, 27–32 (in Russ.).
2. Knight, C. M., & Flavell, J. A. (2019). *Agrochemical concentrates*. (Russian Patent No. 2702717 C1) The Federal Service for Intellectual Property (Rospatent).
3. Savchenkova, A. S., Kurbatova, S.V. & Zemtsova, M. N. (2014) Features of sorption of some quinoline derivatives from aqueous acetonitrile solutions under high-performance liquid chromatography. *Sorbcionnye i hromatograficheskie processy (Sorption and chromatographic processes)*, 14 (3), 468-476 (in Russ.).

Информация об авторах

Ю. Ф. Иванова – аспирант;
В. В. Емельянов – кандидат химической наук, доцент;
С. В. Леванова – доктор химических наук, профессор.

Information about author

Yu. F. Ivanova - graduate student;
V. V. Emelyanov – Candidate of Chemical Sciences, docent;
S. V. Levanova – Doctor of Chemical Sciences, professor.

Вклад авторов:

Ю. Ф. Иванова - написание статьи;
В. В. Емельянов – написание статьи;
С. В. Леванова – научное руководство.

Contributions of the authors:

Yu. F. Ivanova – writing article;
V. V. Emelyanov – writing article;
S. V. Levanova – scientific management.

Тип статьи: научная
УДК 546.722, 546.723

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III) С ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ

Александр Васильевич Кузин¹, Абдурасул Саидович Самадов²

¹Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

²Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

¹bossxim@mail.ru, SPIN-код: 4915-0693, AuthorID: 825885

²s.s.rasul@mail.ru, SPIN-код: 3295-7019, AuthorID: 932808

Было осуществлено исследование, посвященное изучению природы комплексов железа (III) с ортофосфорной кислотой в высоко концентрированных растворах методами УФ-видимой спектроскопии. Выявлено, что с повышением концентрации ортофосфорной кислоты в растворе, содержащем ионы железа (III), на основании УФ-данных, что мольная доля комплекса $Fe(H_2PO_4)_3$ в водном растворе растет.

Ключевые слова: УФ-спектроскопия, ионы железа (III), фосфатные комплексы, pH, электронные спектры.

Для цитирования: Кузин А. В., Самадов А. С. Комплексообразование ионов железа (III) с ортофосфорной кислотой // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 13-16.

COMPLEXATION OF IRON (III) IONS WITH ORTHOPHOSPHORUS ACID

Alexander V. Kuzin¹, Abdurasul S. Samadov²

¹Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia

²Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

¹bossxim@mail.ru, SPIN code: 4915-0693, AuthorID: 825885

²s.s.rasul@mail.ru, SPIN code: 3295-7019, AuthorID: 932808

A study was carried out to study the nature of iron (III) complexes with orthophosphoric acid in highly concentrated solutions using UV-visible spectroscopy. It was revealed that with an increase in the concentration of orthophosphoric acid in a solution containing iron (III) ions, based on UV data, the mole fraction of the $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ complex in an aqueous solution increases.

Key words: UV spectroscopy, iron (III) ions, phosphate complexes, pH, electronic spectra.

For citation: Kuzin, A. V., Samadov, A. S. (2024). Complexation of iron (III) ions with orthophosphoric acid. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 13-16. (in Russ.).

Наиболее чувствительными к изменениям во внутренней координационной сфере иона железа (III) являются спектры его электронных переходов. Для иона $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ в спектре имеется полоса переноса заряда при 238 нм. (рисунок 1) [1,2]. На рисунке 1 показана зависимость молярного коэффициента поглощения ($\epsilon \cdot 10^{-3}$) от длины волны (λ): 1 – раствор $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ в 16 М H_3PO_4 ; 2 – раствор смеси $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3 + \text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ в 8 М H_3PO_4 ; 3 – раствор $\text{FeH}_2\text{PO}_4^{2+}$ в 1 М H_3PO_4 ; 4 – раствор $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ в 1 М HClO_4 , (концентрация растворов $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) [2].

В работах [1,2] было показано, что с ростом концентрации ортофосфорной кислоты в водном растворе иона железа (III) полоса переноса заряда смещается в длинноволновую область; далее наблюдается обратный сдвиг при дальнейшем повышении концентрации ортофосфорной кислоты в растворе. Данные изменения связаны с постепенным замещением молекул воды в ионе $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ дигидрофосфат-ионами.

При появлении в растворе ортофосфорной кислоты максимум поглощения $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ иона при 238 нм исчезает (рис. 1, кривая 4), а соответствующая полоса, как отмечалось выше, смещается в длинноволновую область (рис. 1, кривая 3). Разложение спектра, соответствующего данному комплексу $\text{FeH}_2\text{PO}_4^{2+}$ на гауссовы компоненты дает две основные полосы поглощения с $\lambda_{\text{max}} = 202$ нм. и $\lambda_{\text{max}} = 268$ нм. По мере дальнейшего замещения молекул воды происходит сближение максимумов поглощения двух полос, изменение их относительной интенсивности и при концентрации ортофосфорной кислоты 8-10 моль/л формируется новый индивидуальный спектр для которого характерны две достаточно симметричные полосы с $\lambda_{\text{max}} = 205$ и $\lambda_{\text{max}} = 250$ нм. примерно одинаковой интенсивности (рис. 1, кривая 2) [2]. Дальнейшее увеличение концентрации ортофосфорной кислоты приводит к резкому увеличению интенсивности длинноволновой полосы и смещению ее максимума в коротковолновую область спектра (рис. 1, кривая 1) [2]. Наконец, при концентрации ортофосфорной кислоты больше 13-14 моль/л, максимум поглощения опять становится равным 238 нм.; при дальнейшем увеличении концентрации кислоты до значений 16–18 моль/л спектр не меняется [2].

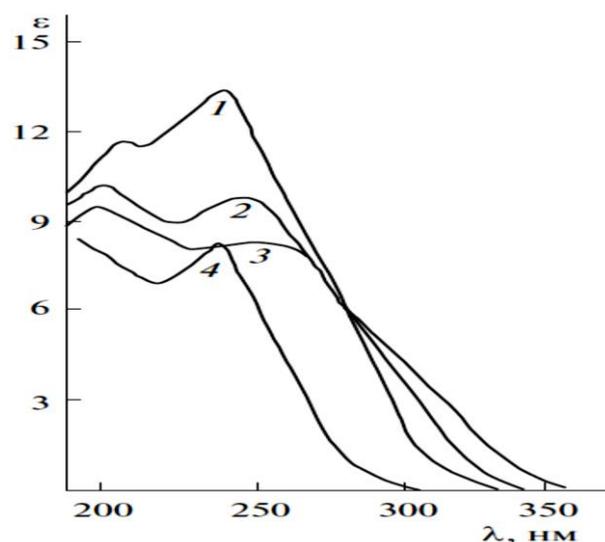


Рис.1 Электронные УФ-спектры фосфатных комплексов железа (III) в водном растворе [2]

Объяснением «интересного перемещения» полосы является факт близости спектральных характеристик раствора, содержащего ортофосфорную кислоту (15 моль/л) и ион железа (III) и водного раствора иона железа (III), что говорит о полном замещении воды в координационной сфере иона железа (III) и образовании комплекса $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$, параметры электронной структуры которого аналогичны параметрам $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$.

Данные УФ-спектроскопии, полученные нами при исследовании водных растворов, содержащих ортофосфорную кислоту и ион железа (III), говорят о аналогичных выше описанным результатам комплексообразования в водном растворе [1, 2]. Результаты теоретических расчетов, показывающие зависимость мольных долей ортофосфатных комплексов железа (III) от концентрации ортофосфорной кислоты в растворе, находятся в согласовании с полученными нами эмпирическими данными (рис. 2) [1, 3].

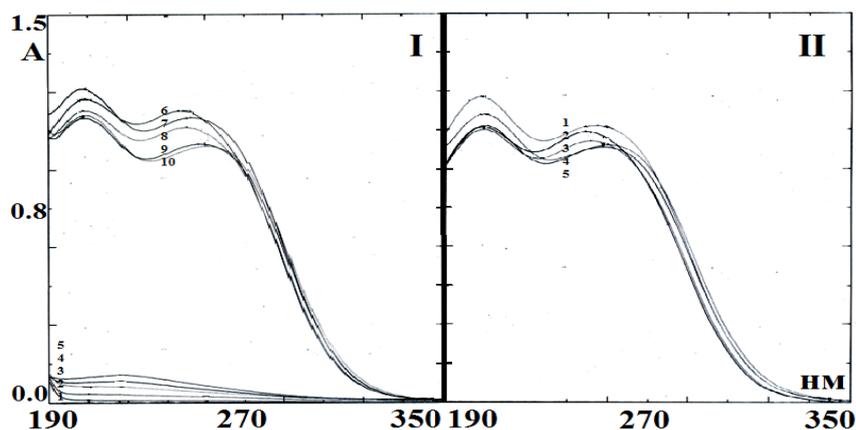


Рис. 2 Электронные спектры поглощения растворов ортофосфорной кислоты (I) (1-1.23 М, 2-2.46 М, 3-3.69 М, 4-4.92 М, 5-6.15 М) и растворов ортофосфорной кислоты (6-6.15 М; 7-3.69 М; 8-4.92 М; 9-2.46 М; 10-1.23 М), содержащих ионы железа(III) (0.16 г/л), зарегистрированные относительно воды. Электронные спектры поглощения растворов ортофосфорной кислоты (II): 1-3.69 М; 2-6.15 М; 3-4.92 М; 4-1.23 М; 5-2.46 М, содержащие ионы железа(III) (0.16 г/л), зарегистрированные относительно растворов ортофосфорной кислоты тех же концентраций

Таким образом, важно отметить, что с повышением концентрации ортофосфорной кислоты в растворе, содержащем ионы железа (III), на основании УФ-данных можно утверждать, что мольная доля комплекса $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ в водном растворе увеличивается.

Список источников

1. Продан И. Е., Ещенко Л. С., Печковский В. В. Роль комплексообразования в процессе кристаллизации фосфатов железа // Журнал неорганической химии. 1990, Т. 35, №4, с. 843-848.
2. Филатова Л. Н., Вендило А. Г., Санду Р. А. Исследование химических форм железа (III) в растворах ортофосфорной кислоты методом электронной адсорбционной спектроскопии // Журнал неорганической химии. 2012, Т. 57, №9, с. 1355-1358.
3. Ciavatta L., Iuliano M., Porto R. The complexation of iron (III) with phosphate ions in 3 M sodium perchlorate medium at 25 °C. // Ann. Chim. (Rome), 82, 447, 1992.

References

1. Prodan, I. E., Eshchenko, L. S., Pechkovsky, V. V. (1990). The role of complexation in the process of crystallization of iron phosphates. *Journal of Inorganic Chemistry*, 35, 4, 843-848 (in Russ.).
2. Filatova, L. N., Vendilo, A. G., Sandu, R.A. (2012). Study of chemical forms of iron (III) in solutions of orthophosphoric acid using electron adsorption spectroscopy. *Journal of Inorganic Chemistry*, 57, 9, 1355-1358 (in Russ.).
3. Ciavatta, L., Iuliano, M., Porto, R. (1992). The complexation of iron (III) with phosphate ions in 3 M sodium perchlorate medium at 25 °C. *Ann. Chim. (Rome)*, 82, 447, 1992.

Информация об авторах:

А. В. Кузин – старший преподаватель;
А. С. Самадов – кандидат химических наук, старший преподаватель.

Author information:

A. V. Kuzin – senior lecturer;
A. S. Samadov – Candidate of Chemical Sciences, senior lecturer.

Вклад авторов:

А. В. Кузин – написание статьи;
А. С. Самадов – написание статьи.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

A. V. Kuzin – the article writing;
A. S. Samadov – the article writing.
The author declares that there is no conflict of interest.

Тип статьи: научная
УДК 547.781.4

НОВЫЕ ГАЛОГЕНИДЫ СОЛЕЙ ИМИДАЗОЛИЯ С ОКСИ-ГРУППОЙ В СТРУКТУРЕ КАТИОНА

Александра Игоревна Нарыкина¹, Анастасия Сергеевна Шишова²,
Зоя Петровна Белоусова³

^{1,2,3}Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, г. Самара, Россия

^{1, 2}elzaowl@gmail.com

³zbelousova@mail.ru

Синтезированы 1-октилоксиметил-3-октилимидазолий бромид и 1-бензилоксиметил-3-бензилимидазолий хлорид, а также получен промежуточный 1-гидроксиметилимидазол для последующей стадии синтеза – кватернизации. Проведены расчёты с помощью программы PASS Online, позволившей обнаружить новые фармакологические свойства, представляющие интерес для дальнейших исследований.

Ключевые слова: имидазол, четвертичные соли, N-алкилирование, N,N-диалкилирование.

Для цитирования: Нарыкина А. И., Шишова А. С., Белоусова З. П. Новые галогениды солей имидазолия с окси- группой в структуре катиона // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 16-19.

THE NEW HALIDES OF IMIDAZOLIUM SALTS WITH AN OXY- GROUP IN THE CATION STRUCTURE

Alexandra I. Narykina¹, Anastasia S. Shishova², Zoia P. Belousova³

^{1, 2, 3}Samara National Research University, Samara

^{1, 2}elzaowl@gmail.com

³zbelousova@mail.ru

1-Octyloxymethyl-3-octylimidazoliumbromide and 1-benzyloxymethyl-3-benzylimidazolium chloride were synthesized, and the intermediate 1-hydroxymethylimidazole was also obtained for the quaternization stage. Calculations were carried out using the PASS Online program, which made it possible to discover new pharmacological properties.

Key words: imidazole, quaternary salts, N-alkylation, N,N-dialkylation.

For citation: Narykina, A. I., Shishova, A. S., Belousova, Z. P. (2024). The new halides of imidazolium salts with an oxy- group in the cation structure. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 16-19. (in Russ.).

Многочисленные исследования четвертичных солей имидазола и его производных, позволили установить некоторые закономерности между строением четвертичных солей и изменением их фармакологических свойств. Благодаря ионному строению четвертичные соединения легко модифицировать, замещая один анион на другой с помощью анионообменной реакции или вводя новый заместитель на промежуточной стадии N-алкилирования. Все эти преимущества делают эти соединения привлекательными для ученых-исследователей. Введение в структуру катиона четвертичного соединения окси- группы значительно снижает токсичность этих соединений для окружающей среды [1-3].

Синтезированные 1-октилоксиметил-3-октилимидазолий бромид (**I**) и 1-бензилоксиметил-3-бензилимидазолий хлорид (**II**) имеют в своей структуре окси- группу, ионное строение и проявляют свойства ионных жидкостей при комнатной температуре (RTIL). Синтез проводился в два этапа, первая стадия которого являлась получением промежуточного продукта – 1-гидроксиметилимидазола, который впоследствии кватернизировали соответствующим агентом в избытке.

Синтез 1-гидроксиметилимидазола (рис. 1) проводили при интенсивном перемешивании при комнатной температуре в хлористом метиле. Затем удаляли растворитель и полученную бесцветную жидкость оставляли затвердевать при 0 °С.

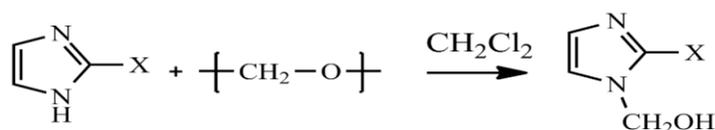


Рис. 1 Схема синтеза 1-гидроксиметилимидазола

Полученный промежуточный 1-гидроксиметилимидазол на втором этапе синтеза перемешивали с избытком алкилирующего агента (рис. 2), полученные бесцветные вязкие жидкости подвергли качественной реакции с водным раствором нитрата серебра, давшим качественную реакцию на галогенид-анион.

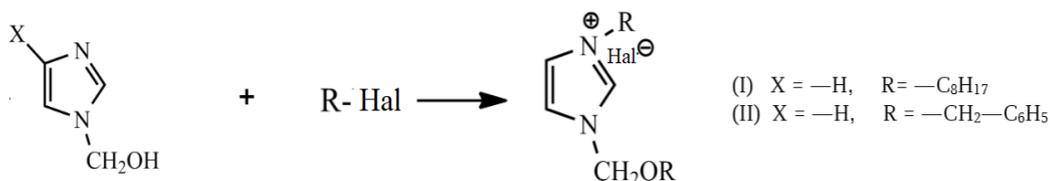


Рис. 2 Схема синтеза 1-октилоксиметил-3-октилимидазолий бромида (I) и 1-бензилоксиметил-3-бензилимидазолий хлорида (II)

По результатам расчетов в программе PASS online, у синтезированных соединений предположительно могут проявляться следующие свойства:

Таблица 1

Предполагаемые биологически активные свойства 1-октилоксиметил-3-октилимидазолий бромида

P_a	P_i	Активность
0,809	0,03	Phobic disorders treatment
0,765	0,022	Sugar-phosphatase inhibitor
0,757	0,01	Lysine 2,3-aminomutase inhibitor
0,753	0,003	Chemosensitizer
0,753	0,004	Radiosensitizer
0,749	0,031	Antieczematic
0,717	0,008	Vasodilator, peripheral

Таблица 2

Предполагаемые биологически активные свойства 1-бензилоксиметил-3-бензилимидазолий хлорида

P_a	P_i	Активность
0,744	0,011	ADP-thymidine kinase inhibitor
0,733	0,004	Chemosensitizer
0,644	0,05	Antiviral
0,631	0,02	Chloride peroxidase inhibitor

В данной работе были получены ранее не описанные в литературе соединения 1-октил-оксиметил-3-октилимидазолий бромид (I) и 1-бензилоксиметил-3-бензилимидазолий хлорид (II). Проведенные расчеты биологической активности, выявили радиосенсибилизирующие, хемосенсибилизирующие, антибиотические и антиэкземные свойства, которые возможно подтвердить биологическими исследованиями.

Список источников

1. C. W. Cho et al. Toxicity of imidazolium salt with anion bromide to a phytoplankton *Selenastrum capricornutum*: Effect of alkyl-chain length // *Chemosphere*. 2007. V. 69. P. 1003-007.
2. D. J. Couling et al. Assessing the factors responsible for ionic liquid toxicity to aquatic organisms via quantitative structure-property relationship modeling // *Green Chem*. 2006. V. 8. P. 82-90.
3. S. Stolte et al. Effects of different head groups and functionalized side chains on the aquatic toxicity of ionic liquids // *Green Chemistry*. 2007. 9. P. 1170-1179.

References

1. C. W. Cho et al. (2007) Toxicity of imidazolium salt with anion bromide to a phytoplankton *Selenastrum capricornutum*: Effect of alkyl-chain length. *Chemosphere*, 69, 1003-1007.
2. D. J. Couling et al. (2006) Assessing the factors responsible for ionic liquid toxicity to aquatic organisms via quantitative structure-property relationship modeling. *Green Chem*, 8, 82-90.
3. S. Stolte et al. (2007) Effects of different head groups and functionalized side chains on the aquatic toxicity of ionic liquids. *Green Chemistry*, 9, 1170-1179.

Информация об авторах:

З. П. Белоусова – доктор химических наук, профессор;
А. И. Нарыкина – аспирант;
А. С. Шишова – студент.

Information about the authors

Z. P. Belousova – Doctor of Chemistry Sciences, professor;
A. I. Narykina – postgraduate student;
A. S. Shishova – student.

Вклад авторов:

З. П. Белоусова – научное руководство;
А. И. Нарыкина – написание статьи;
А. С. Шишова – написание статьи.

Contribution of the authors:

Z. P. Belousova – scientific management;
A. I. Narykina – writing article;
A. S. Shishova – writing article.

Тип статьи: научная

УДК 631.87: 631.453: 633.9

СОДЕРЖАНИЕ СОЛАНИНА В КАРТОФЕЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ

Серافим Романович Раков¹, Наталья Павловна Бакаева²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Самара, Россия

¹Rakov_rakovserafim05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7856-3688>

²Bakaeva_bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

В данной статье говорится о гликозиде соланине, который содержится в растениях семейства *Solanum* (Паслёновые). Большое содержание соланина содержалось в клубнях, находящихся на солнечном свете и комнатных условиях при температуре воздуха 20°C, на срезах под кожурой и вокруг глазков, к середине клубня содержание соланина было меньше. Отсутствие соланина было у клубней, хранящихся в темном прохладном месте, но, он мог накапливаться при длительном хранении картофеля. Знание о свойствах, синтезе, содержании, изменениях и др. определяет его значение и применение.

Ключевые слова: соланин, гликозид, синтез, вредоносное воздействие, применение

Для цитирования: Раков С. Р., Бакаева Н. П. Содержание соланина в картофеле в зависимости от условий хранения // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 19-24.

SOLANINE CONTENT IN POTATOES DEPENDING ON STORAGE CONDITIONS

Serafim R. Rakov¹, Natalia P. Bakaeva²

^{1,2}Samara State Agrarian University, Samara, Russia

¹Rakov_rakovserafim05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7856-3688>

²Bakaeva_bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

This article talks about the glycoside solanine, which is found in plants of the *Solanum* family (Solanaceae). A high content of solanine was contained in tubers exposed to sunlight and at room conditions at an air temperature of 20°C, in sections under the peel and around the eyes; towards the middle of the tuber the solanine content was less. The absence of solanine was observed in tubers stored in a dark, cool place, but it could accumulate during long-term storage of potatoes. Knowledge about properties, synthesis, content, changes, etc. determines its meaning and application.

Keywords: solanine, glycoside, synthesis, harmful effects, application

For citation: Rakov, S. R., Bakaeva, N. P. (2024). Solanine content in potatoes depending on storage conditions. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, 2024. P. 19-24. (in Russ.).

Введение. Соланин был впервые выделен в 1820 году из ягод европейского черного паслена (*Solanum nigrum*), в честь которого он и был назван [1]. Соланин растительный гликозид (алкалоид) является ядовитым органическим соединением [2]. Химически родственен стероидам, и обладает инсектицидным действием [3]. Относится к контаминантам. Неуглеводная часть молекулы – агликон, представлен стероидным алкалоидом соланидином, углеводная часть – остатками трёх моносахаридов (глюкозы, галактозы и рамнозы) (рис. 1)

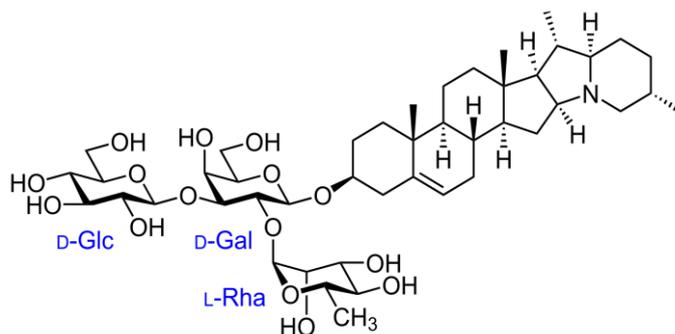


Рис.1 Соланин. Структурная формула

Соланин представляет собой гликоалкалоидный яд, обладает горьким вкусом [4]. Содержится в видах семейства паслёновых рода *Solanum*, таких как картофель (*Solanum tuberosum*), помидоры (*Solanum lycopersicum*), баклажаны (*Solanum melongena*) и паслен черный (*Solanum nigrum*), в любой части растения – в цветках, листьях, стеблях, плодах и клубнях картофеля. Соланин обладает горьким вкусом, наряду с другими алкалоидами предохраняет растения от поедания животными, обладает пестицидными свойствами и является одним из естественных защитных средств растения [5, 6].

Соланин синтезируется из холестерина [7]. Хотя, структура промежуточных продуктов при биосинтезе показана, но многие специфические ферменты, участвующие в этих химических процессах, неизвестны. Известно, что на начальных стадиях холестерин превращается в стероидный алкалоид соланидин. Это осуществляется реакциями гидроксирования, трансминирования, окисления, циклизации, обезвоживания и восстановления [8]. Затем соланидин превращается в соланин через серию реакций гликозилирования, катализируемых специфическими гликозилтрансферазами (рис.2).

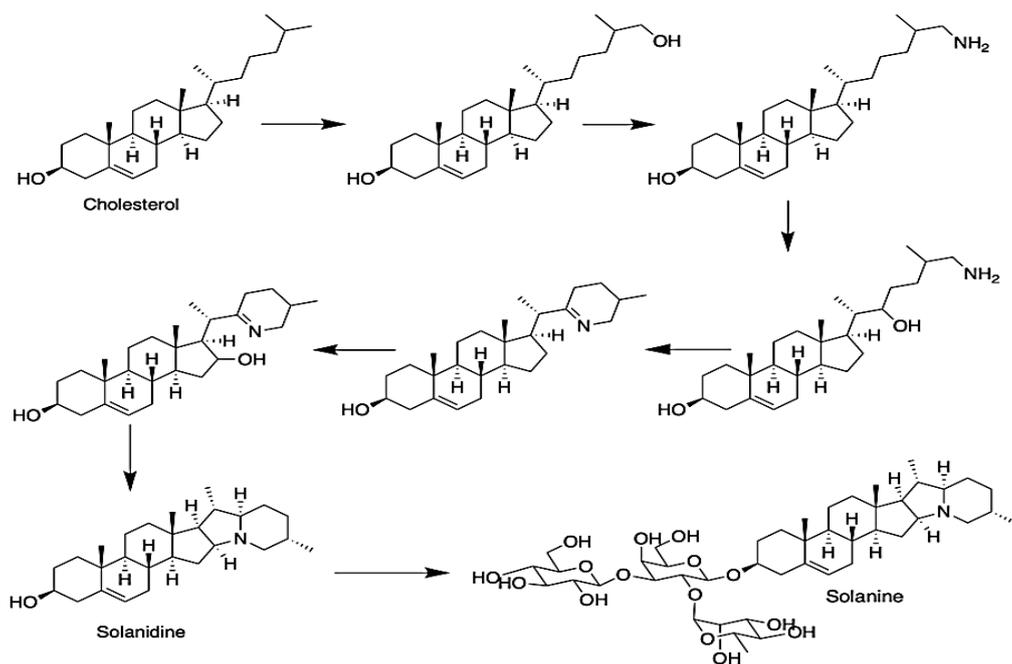


Рис.2 Биосинтез соланина

Растения картофеля и томатов постоянно синтезируют гликоалкалоиды, такие как соланин. Однако при стрессе, например, в присутствии вредителя или травоядного животного, биосинтез соланина усиливается. Это быстрое увеличение концентрации гликоалкалоидов придает картофелю горький вкус, что является естественной химической защитой. Солнечный свет оказывает стрессовое воздействие, стимулируют фотосинтез и накопление хлорофилла, в результате клубни картофеля зеленеет, и становится непривлекательным для вредителей [9, 10]. Существуют и другие стрессоры, которые стимулируют усиление биосинтеза соланина, это механические повреждения, неправильные условия хранения и прорастание. Наибольшая концентрация соланина обнаруживается на поверхности кожуры картофеля, что увеличивает защитный механизм от вредителей [11, 12].

Токсический механизм соланина, вероятно, вызван его взаимодействием с митохондриальными мембранами и ингибирующим воздействием на холинэстеразу. Показано, что воздействие соланина открывает калиевые каналы митохондрий, повышая их мембранный потенциал. Это, в свою очередь, приводит к тому, что ионы Ca^{2+} транспортируется из митохондрий в цитоплазму, и эта повышенная концентрация Ca^{2+} в цитоплазме вызывает повреждение кле-

ток и апоптоз. Также было показано, что гликоалкалоиды картофеля, помидоров и баклажанов, такие как соланин, влияют на активный транспорт натрия через клеточные мембраны. Это нарушение клеточной мембраны, вероятно, является причиной многих симптомов токсичности соланина, включая жжение во рту, тошноту, рвоту, спазмы в животе, диарею, внутреннее кровотечение и поражения желудка.

Методы и результаты исследования. Для качественного определения содержания соланина используется методика В. И. Ниловой. Клубень картофеля нарезается в виде пластинок толщиной 1 мм. Пластинки режутся от верхушки до основания по оси, затем, делаются поперечные срезы – у основания и у верхушки, а также с боков и с участков около глазков. Пластинки режутся в трех повторностях и ровно укладываются на поверхность. На срезы последовательно наносятся 80-90% уксусная кислота; концентрированная серная кислота и 3-5% свежая перекись водорода [13]. Пластинки, содержащие большое количество соланина, быстро краснели, и чем ярче было окрашивание, тем больше было его содержание. Особенно ярко окрашивалась область на срезах под кожурой и вокруг глазков, к середине клубня содержание соланина становилось меньше. Так же ярко-красное окрашивание отмечалось у пластинок клубней, находящихся на солнечном свете и комнатных условиях при температуре воздуха 20°C. Меньшая по интенсивности или полностью отсутствовала окраска у клубней, хранящихся в темном прохладном месте. Развитие окраски было тем интенсивнее, чем дольше хранился картофель.

Заключение. Прием соланина внутрь в умеренных количествах может привести к летальному исходу. Одно исследование показывает, что дозы от 2 до 5 мг/кг массы тела могут вызвать токсические симптомы, а дозы от 3 до 6 мг/кг массы тела могут привести к летальному исходу. Симптомы обычно возникают через 8-12 часов после приема, но могут проявиться уже через 10 минут после употребления продуктов с высоким содержанием соланина.

Отравление соланином в первую очередь проявляется желудочно-кишечными и неврологическими расстройствами. Симптомы включают тошноту, диарею, рвоту, спазмы желудка, жжение в горле, сердечную дисритмию, ночные кошмары, головные боли, головокружения, зуд, экзему, проблемы со щитовидной железой, а также воспаление и боль в суставах. В более тяжелых случаях сообщалось о галлюцинациях, потере чувствительности, параличе, лихорадке, желтухе, расширении зрачков, гипотермии и смерти.

Соланин обладает и полезными качествами – инсектицидными и фунгицидными свойствами. В этом качестве его применяют в современной медицине и агрономии. Соланин используют для производства лекарств, в частности от герпеса, а также для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, например, тлей.

Также на основе соланина существуют фунгициды, которые применяются при обработке картофеля от раннего проявления фитофтороза, а также для подавления скрытной инфекции. Данный фунгицид образует на поверхности растений непроницаемый для патогенов защитный барьер. Обеспечивает профилактическую защиту, предотвращая прорастание спор грибов-патогенов, инактивируя ферменты энергетического обмена.

Список источников

1. Орлов Б. Н. Ядовитые животные и растения СССР // Справочное пособие для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1990. С. 237-239.
2. Бакаева Н. П., Бабаджанова М. А. Очистка рибозофосфатизомеразы из листьев хлопчатника сорта 108-ф и его мутанта Дуплекс / Н. П. Бакаева, М. А. Бабаджанова // Известия Академии наук Таджикской ССР. Отделение биологических наук. 1984. №4. С.50-55.
3. Бакаева Н. П. Активность и свойства рибозофосфатизомеразы исходных и мутантных форм хлопчатника и арабидопсиса : специальность 03.00.12 – физиология растений : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Бакаева Наталья Павловна. – Душанбе, 1987. 24 с.

4. Бакаева Н. П., Бабаджанова М. А., Бабаджанова М. П. Различные формы структурно-функциональной организации ферментов цикла Кальвина // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 1994. Т. 37. № 9-10. С. 41-44.

5. Economics of spring wheat production in the Middle Volga / N. P. Bakaeva, O. L. Saltykova, N. Yu. Korzhavina, M. S. Prikazchikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 20–22 июня 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 315. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 22056. DOI 10.1088/1755-1315/315/2/022056. EDN GLQLYV.

6. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 3-9. DOI 10.12737/29828 EDN ХСЈНСЈ

7. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Царевская В. М. Динамика азота и формирование белковой продуктивности пшеницы при различных технологиях возделывания // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 3-9. EDN YIUIFN.

8. Babadzhanova M. A., Bakaeva N. P., Babadzhanova M. P. Functional properties of the multienzyme complex of Calvin cycle key enzymes // Russian Journal of Plant Physiology. 2000. Vol. 47, No. 1. P. 23-31. EDN XJLYVL.

9. Бакаева Н. П. Биохимические исследования при оценке качества зерна яровой пшеницы и ячменя // Актуальные вопросы агрономической науки в XXI веке : сборник научных трудов / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент кадровой политики и образования, Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Самара : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. С. 309-315. EDN VMYNLD.

10. Бакаева Н. П., Зудилин С. Н., Коржавина Н. Ю. Урожайность, количественное содержание белка и крахмала в зерне озимой пшеницы сорта Поволжская 86 // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 19-23. EDN UZCAAR.

11. Бакаева Н. П. Влияние интенсивных агротехнологий возделывания озимой пшеницы на белковую продуктивность // Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 27–28 февраля 2019 года / Ответственный редактор И.Я. Пигорев. Том 1. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2019. С. 79-84. EDN ZZNBFH.

12. Бакаева Н. П. Урожайность и углеводо-амилазный комплекс зерна ярового ячменя при возделывании в среднем Поволжье // Сетевой научный журнал РГАТУ. 2023. № 1(1). С. 40-49. DOI 10.36508/journal.2023.94.36.005. EDN НХНКУК.

13. Раков С. Р., Василькин В. С. Влияние Аминоката-10 на ростовые показатели яровой пшеницы сорта Кинельская 59 // Вклад молодых ученых в аграрную науку : Материалы международной научно-практической конференции, Кинель, 27 апреля 2023 года. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. С. 57-61. EDN ЕКНHFJV.

References

1. Orlov, B. N. (1990). Poisonous animals and plants of the USSR // Reference manual for universities. M.: Higher School, 237-239. (in Russ.).

2. Bakaeva, N. P., Babajanova, M. A. (1984). Purification of ribose phosphate isomerase from leaves of cotton variety 108-f and its mutant Duplex. *News of the Academy of Sciences of the Tajik SSR. Department of Biological Sciences*, 4, 50-55.

3. Bakaeva, N. P. Activity and properties of ribose phosphate isomerase of original and mutant forms of cotton and Arabidopsis: specialty 03.00.12 – plant physiology: abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Bakaeva Natalya Pavlovna. Dushanbe, 1987. 24 p.

4. Bakaeva, N. P., Babajanova, M. A., Babajanova, M. P. (1994). Various forms of structural and functional organization of Calvin cycle enzymes. *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*, 37. 9-10, 41-44.

5. Bakaeva N. P., Saltykova O. L., Korzhavina N. Yu., Prikazchikov M. S. (2019). Economics of spring wheat production in the Middle Volga. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (P. 22056). Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. DOI 10.1088/1755-1315/315/2/022056. EDN GLQLYV.

6. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. (2019). Productivity of spring wheat depending on the methods of basic soil treatment and fertilizers. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 3, 3-9. DOI 10.12737/29828 EDN XCJHCJ. (in Russ.).

7. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L., Tsarevskaya, V. M. (2018). Dynamics of nitrogen and the formation of protein productivity of wheat under various cultivation technologies. *News of the Samara State Agricultural Academy*, 4, 3-9. EDN YIUIFN. . (in Russ.).

8. Babadzhanova, M. A., Bakaeva, N. P., Babadzhanova, M. P. (2000). Functional properties of the multienzyme complex of Calvin cycle key enzymes. *Russian Journal of Plant Physiology*, 47, 1, 23-31. EDN XJLYVL.

9. Bakaeva, N. P. (2004). Biochemical studies in assessing the quality of grain of spring wheat and barley // Current issues of agronomic science in the 21st century: collection of scientific papers. (P. 309-315). Samara: Samara State Agricultural Academy. EDN VMYNLD. . (in Russ.).

10. Bakaeva, N. P., Zudilin, S. N., Korzhavina, N. Yu. (2015). Yield, quantitative content of protein and starch in the grain of winter wheat variety Povolzhskaya 86. *News of the Samara State Agricultural Academy*, 4, 19-23. . (in Russ.).

11. Bakaeva, N. P. The influence of intensive agricultural technologies for cultivating winter wheat on protein productivity. Innovative activities of science and education in agro-industrial production: materials of the International Scientific and Practical Conference. (pp. 79-84). Kursk. EDN ZZNBFH. . (in Russ.).

12. Bakaeva, N. P. (2023). Yield and carbohydrate-amylase complex of spring barley grain when cultivated in the middle Volga region. *Network scientific journal of RSATU*, 1(1), 40-49. (in Russ.).

13. Rakov, S. R., Vasilkin, V. S. (2023). Influence of Aminocat-10 on the growth performance of spring wheat variety Kinelskaya 59. Contribution of young scientists to agricultural science: Materials of the international scientific and practical conference (P. 57-61). Kinel: Samara State Agrarian University, 2023. EDN EKHFJV. . (in Russ.).

Информация об авторе

С. Р. Раков, студент;

Н. П. Бакаева – доктор биологических наук, профессор.

Author information

S. R. Rakov – student;

N. P. Bakaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor.

Вклад авторов:

С. Р. Раков подбор материала и написание статьи;

Н. П. Бакаева замысел, подготовка статьи к публикации, руководство научной работой.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

S. R. Rakov selection of material and writing of the article;

N. P. Bakaeva's idea, preparation of the article for publication, management of scientific work.

The author declares that there is no conflict of interest.

Тип статьи: обзорная
УДК 546.57

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА С ПОМОЩЬЮ БИОПОЛИМЕРОВ

Дастан Калимуратович Асержанов¹, Жанар Сайлаубековна Касымова²

^{1,2}НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан

¹dastan_2194@mail.ru <https://orcid.org/0009-0007-9217-9368>

²kasymova-z@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4971-6638>

Приведен литературный обзор разных современных методик по синтезу наночастиц серебра (AgНЧ). На основе сравнения достоинств и недостатков рассмотренных методов, выявлен наиболее оптимальный вариант – химический синтез AgНЧ с применением биополимеров в качестве стабилизаторов.

Ключевые слова: наночастицы серебра, зеленый синтез, биополимер, хитозан, антибактериальная активность, биосовместимость.

Для цитирования: Асержанов Д. К., Касымова Ж. С. Получение наночастиц серебра с помощью биополимеров // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024 С. 25-28.

PRODUCTION OF SILVER NANOPARTICLES USING BIOPOLYMERS

Dastan K. Asserzhanov¹, Zhanar S. Kassymova²

^{1,2}Shakarim University Semey, Republic of Kazakhstan

1dastan_2194@mail.ru <https://orcid.org/0009-0007-9217-9368>

²kasymova-z@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4971-6638>

A literature review of various modern methods for the synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) is provided. Based on a comparison of the advantages and disadvantages of the considered methods, the most optimal option was identified - the chemical synthesis of Ag AgNPs using biopolymers as stabilizers.

Keywords: silver nanoparticles, green synthesis, biopolymer, chitosan, antibacterial activity, biocompatibility.

For citation: Asserzhanov, D. K. Kassymova, Zh. S. (2024). Production of silver nanoparticles using biopolymers. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 25-28. (in Russ.).

В последние годы благодаря успехам в области наноматериалов, появляются все больше перспектив их использования. Среди наноматериалов можно особо выделить AgНЧ, обладающие уникальными биохимическими свойствами, такими как большая площадь поверхности и антибактериальная активность. Эти особенности делают их эффективными антимикробными агентами и позволяют использовать успешно в медицинских целях [1].

Механизм антибактериального действия AgНЧ включает несколько ключевых аспектов (рисунок 1). Прежде всего, происходит адсорбция частиц и проникновение внутрь клетки благодаря наноразмерности, что вызывает повреждение мембраны и приводит к потере целостности клетки. Кроме того, AgНЧ могут вмешиваться в жизненно важные процессы бактериальных клеток, вызывая их гибель. Этот многопроцессорный эффект обеспечивает широкий спектр антимикробной активности AgНЧ и делает их перспективными для разработки новых антибактериальных лекарств [2].

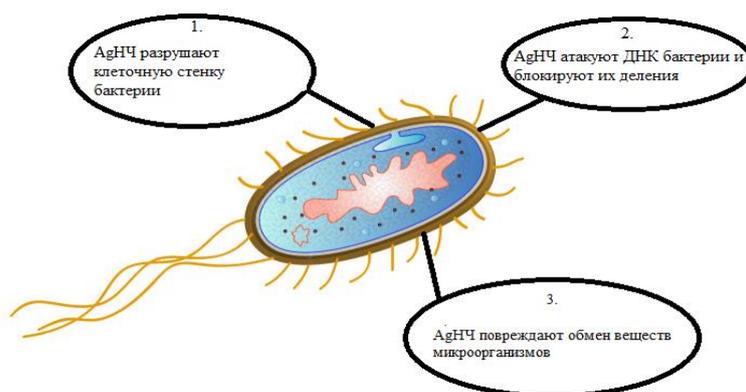


Рис. 1 Антибактериальное действие AgНЧ

Данный обзор литературы представляет собой синтез актуальных знаний о получении AgНЧ, стабилизированных биополимерами, и их применении в разработке антибактериальных лекарств. Нами выделены важные аспекты свойств AgНЧ, методов их получения, роли биополимеров в этом процессе, а также механизмы антибактериального действия, что является основой для будущих исследований и разработок в этой области [3].

Синтез AgНЧ можно проводить используя разные методы, которые разработаны на сегодняшний день. Существуют 4 типа методов синтеза: физические, физико-химические, химические, и биологические (табл. 1) [4].

Таблица 1

Методы синтеза AgНЧ

Методы	Описание синтеза	Особенности
Физические	диспергирование металлического серебра (криохимический синтез, метод лазерной абляции, метод электроконденсации и др.)	позволяют получать продукт, в составе которого отсутствуют посторонние химические вещества, но требуют применения сложного оборудования и высоких затрат электроэнергии
Физико-химические	инициирование процесса восстановления ионов серебра путем физического воздействия на прекурсоры (радиолиз, сонолиз, фотолиз)	требуют применения специального оборудования
химические	восстановление ионов серебра из водных растворов солей серебра с помощью различных химических веществ, служащих восстановителями	не требуют специального оборудования и позволяют при синтезе управлять размером и морфологией наночастиц путем изменения типа и концентрации реагентов и условий синтеза; однако в составе готового продукта, полученного этими методами, содержатся посторонние химические вещества (стабилизаторы, компоненты реакционной смеси, побочные продукты)
Биологические	синтез наночастиц микроорганизмами	не требуют специальных химических веществ, выполняющих роль восстановителей и стабилизаторов; имеется возможность получения комбинированных антибиотиков; для практического применения имеется сложность контроля размеров получаемых наночастиц, сложность выделения полученных наночастиц из среды, в которой осуществлялся синтез и отделение наночастиц от биомассы

Таким образом, можно отметить, что из изученных четырех методов химический и биологический методы являются наиболее практичными и малозатратными. Также при необходимости синтеза наночастиц с конкретными размерами и параметрами, желательнее

выбирать химические методы. Для достижения экологической биосовместимости полученных AgНЧ нужно применять природными стабилизаторы и восстановители.

Современные исследования активно занимаются синтезом и стабилизацией AgНЧ с применением биополимеров с целью разработки эффективных антибактериальных лекарств. Биополимеры, такие как хитозан, альгинаты, белки служат не только стабилизаторами для наночастиц, но и обеспечивают уникальные возможности для управления доставкой лекарственных препаратов [5].

Биополимер хитозан – полисахарид, извлеченный из хитина, естественно встречающегося в природе. Его поликатионные, хелатирующие и пленкообразующие свойства обусловлены активными amino- и гидроксильными функциональными группами. Хитозан проявляет различную биологическую активность, включая антимикробные свойства, способность увеличивать устойчивость растений к болезням, а также воздействие на различные типы клеток животных и человека. Антимикробная активность хитозана в сочетании с серебром используется с целью получения эффективных, экологически безопасных и легко производимых антимикробных препаратов. В научной литературе описан синтез AgНЧ на основе хитозана и их антибактериальная активность по отношению к различным грамположительным и грамотрицательным бактериям [6]. Благодаря высокой аффинности к ионам серебра и способности образовывать стабильные комплексы хитозан обеспечивает эффективную стабилизацию наночастиц. Этот метод отличается высокой устойчивостью наночастиц к агглютинации и окислению, что является ключевым моментом в создании стабильных дисперсий. Особенностью метода является его более мягкое воздействие, что позволяет сохранить биологическую активность биополимеров и максимизировать антибактериальные свойства наночастиц.

Биополимеры также могут служить не только стабилизаторами, но и позволяют функционализировать размеры и формы наночастиц для целевой доставки в организме, что открывает новые перспективы для инженерии материалов с определенными свойствами [7].

Однако, при химическом синтезе с применением биополимеров необходимо учитывать условия, такие как стандартизация процессов синтеза и исследование возможных токсичных эффектов на биологические системы. В целом, синтез и стабилизация AgНЧ с использованием биополимеров представляет собой инновационную область, с перспективой для дальнейших исследований и практического применения в различных областях науки и промышленности.

Список источников

1. Довнар Р. И., Смотровин С. М., Ануфрик С. С., Соколова Т. Н., Анучин С. Н., Иоскевич Н. Н. Антибактериальные и физико-химические свойства наночастиц серебра и оксида цинка // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2022. Т. 20. № 1. С. 98-107.
2. Гудкова Е. С., Удегова Е. С., Гильдеева К. А., Рукосуева Т. В. Антибактериальный эффект наночастиц металлов на антибиотикорезистентные штаммы бактерий // Инфекция и иммунитет. 2021. Т. 11. № 4. С. 771–776.
3. Высоцкий В. В., Урюпина О. А., Уродкова Е. К., Зайцева А. В., Тихонов В. Е. Влияние молекулярной массы восстановителя (хитозана) на синтез дисперсий наночастиц серебра и свойства кольцевых осадков, формирующихся при испарении капель этих дисперсий // Коллоидный журнал. 2020. Т. 82. №6. С. 668-676.
4. Поджарая К. С. Анализ методов получения наноразмерных частиц серебра // Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т. XXVI. №7 (136). С. 85-87.
5. Nazihah N., Arjulijan R., Naozumi T., Mariatti J., Ku I., Mohd D. S., Zuratul A. H. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles by using turmeric extract and chitosan mixture // Materials Today: Proceedings. 2022. Vol. 66, Part 5. P. 3044-3048.
6. Salah M. A., Alaa E. E., Nashwa A. R., Asmaa O. E. Chitosan nanoparticles and green synthesized silver nanoparticles as novel alternatives to antibiotics for preventing *A. hydrophila*

subsp. hydrophila infection in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*// International Journal of Veterinary Science and Medicine. 2023. Vol. 11, № 1. P. 38–54. <https://doi.org/10.1080/23144599.2023.220533>

7. Muhammad I.H., Muhammad A., Ilham M., Suhartono S., Zinatul H., Noor H. B. Green synthesis of chitosan-stabilized silvercolloidal nanoparticles immobilized on white-silicagel beads and the antibacterial activities in a simulated-air-filter// Arabian Journal of Chemistry. 2022. 15. 103596. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103596>

References

1. Dovnar, R. I., Smotrin, S. M., Anufrik, S. S., Sokolova, T. N., Anuchin, S. N., Ioskevich, N. N. (2022). Antibacterial and physico-chemical properties of silver and zinc oxide nanoparticles. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo mediczinskogo universiteta (Journal of the Grodno State Medical University)*, V. 20, 98-107 (in Russ.).
2. Gudkova, E. S., Ozhegova, E. S., Gildeeva K. A., Rukosueva T. V. (2021). Antibacterial effect of metal nanoparticles on antibiotic-resistant bacterial strains. *Infekziya i immunitet (Infection and immunity)*, V. 11, 4, 771–776 (in Russ.).
3. Vysotsky V. V., Uryupina O. A., Urodkova E. K., Zaitseva A. V., Tikhonov V. E. (2020). The effect of the molecular weight of the reducing agent (chitosan) on the synthesis of silver nanoparticle dispersions and the properties of annular precipitation formed by evaporation of droplets of these dispersions. *Kolloidny`j zhurnal (Colloidal' journal)*, V. 82, 6, 668-676 (in Russ.).
4. Pozharaya K. S. (2012). Analysis of methods for obtaining nanoscale silver particles. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii (Advances in chemistry and chemical technology)*, V. XXVI, 7(136), 85-87 (in Russ.).
5. Nazihah N., Arjulijan R., Naozumi T., Mariatti J., Ku I., Mohd D. S., Zuratul A. H. (2022). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles by using turmeric extract and chitosan mixture. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 66, Part 5, 3044-3048.
6. Salah M. A., Alaa E.E., Nashwa A. R., Asmaa O.E. (2023). Chitosan nanoparticles and green synthesized silver nanoparticles as novel alternatives to antibiotics for preventing *A. hydrophila subsp. hydrophila* infection in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, Vol.11, №1, 38–54. <https://doi.org/10.1080/23144599.2023.220533>
7. Muhammad I. H., Muhammad A., Ilham M., Suhartono S., Zinatul H., Noor H. B. (2022). Green synthesis of chitosan-stabilized silvercolloidal nanoparticles immobilized on white-silicagel beads and the antibacterial activities in a simulated-air-filter. *Arabian Journal of Chemistry*, 15, 103596. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103596>

Информация об авторах

Д. К. Асержанов – докторант;

Ж. С. Касымова – кандидат биологической наук, доцент;

Information about the authors

D. K. Asserzhanov –doctoral student

Zh. S. Kassymova – candidate of biological sciences, associate professor.

Вклад авторов

Д. К. Асержанов – написание статьи;

Ж. С. Касымова – научное руководство.

Contribution of the authors

D. K. Asserzhanov – writing article

Zh. S. Kassymova – scientific management.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Тип статьи: научная

УДК 535.24.022

ПРОТОЧНАЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ ОНЛАЙН-АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛИ *NANNOCHLOROPSIS SP*

Евгений Вячеславович Базарнов¹, Андрей Юрьевич Богомолов²

^{1,2}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹ebazarnov2@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0002-5924-7297>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

*Была сконструирована, интегрирована в фотобиореактор и проверена проточная фотометрическая ячейка для онлайн-определения содержания биомассы микроводоросли *Nannochloropsis sp.* Данный процесс используется в технологии биотоплива третьего поколения. Полученные результаты показали линейную зависимость оптической плотности от содержания биомассы. Таким образом, была подтверждена идея онлайн определения содержания биомассы *Nannochloropsis sp.* с помощью фотометрического сенсора, на основе лазерного источника света.*

Ключевые слова: определение биомассы, онлайн-мониторинг, фотометрический сенсор, проточная ячейка, культивация *Nannochloropsis sp.*, контроллер AVR.

Для цитирования: Базарнов Е. В., Богомолов А. Ю. Проточная фотометрическая ячейка для онлайн анализа содержания биомассы микроводоросли *Nannochloropsis sp.*// Путохинские чтения: сб. науч. Тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 29-33.

A FLOW PHOTOMETRIC CELL FOR IN-LINE ANALYSIS OF THE BIOMASS CONTENT OF THE MICROALGAE *NANNOCHLOROPSIS SP*

Evgenii V. Bazarnov¹, Andrey Yu. Bogomolov²

^{1,2}Samara State Technical University, Samara, Russia

¹ebazarnov2@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0002-5924-7297>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

A photometric flow cell for in-line determination of the biomass content in a microalgae *Nannochloropsis sp.* cultivation has been constructed, integrated into the photobioreactor and tested. This process is used for the development of a third-generation biofuel technology. The results obtained have shown a linear dependence of the detected optical density on the biomass content. Therefore, the concept of in-line determination of the biomass content in similar cultivation processes using a photometric sensor based on a single laser light source has been proved.

Keywords: Microalgae biomass determination, online monitoring, photometric sensor, flow cell, cultivation of *Nannochloropsis sp.*, AVR controller.

For citation: Bazarnov, E.V., Bogomolov, A.Yu. (2024) A flow photometric cell for in-line analysis of the biomass content of the microalgae *Nannochloropsis* sp. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 29-33. (in Russ.).

Введение. Поточный мониторинг процессов находит все более широкое применение в биотехнологических производствах. Современные биотехнологии используются в различных областях, в том числе, для производства биотоплива [1]. В настоящее время наиболее перспективным возобновляемым сырьем для получения биотоплива являются микроводоросли. В отличие от традиционных ископаемых видов сырья, химический состав биомассы зависит от условий протекания процесса культивации. К примеру, азотная депривация *Nannochloropsis* sp. в сочетании с повышением яркости освещения приводит к увеличению содержания липидов в составе биомассы на 51% [2]. Таким образом, для успешного культивирования клеток фотоавтотрофных микроводорослей важны необходимое количество световой энергии и углекислого газа, наиболее благоприятные температура и кислотность среды культивации. Оптимизация процесса культивирования требует поточного аналитического контроля его основных параметров.

Одним из важнейших показателей биотехнологических процессов является концентрация биомассы в реакторе. В фотобиореакторах биомасса представлена фотосинтезирующими микроводорослями или бактериями. Стадии фотосинтеза занимают от 10^{-5} до 10^{-3} секунд, а этапы деления клеток и накопления биомассы исчисляются минутами. Поэтому в таких случаях традиционные методы определения биомассы, такие как камеры для подсчета клеток (камера Горяева, камера Фукса-Розенталя), являются слишком длительными и трудоемкими, и не подходят для поточного контроля. Существуют методы поточного определения биомассы в растворе с помощью датчиков мутности [3]. Такие датчики могут быть неточными из-за наличия взвешенных частиц, пузырьков газа в растворе, а также турбулентности среды, что также влияет на наблюдаемую мутность [4].

Целью данной работы является проверка возможности поточного определения биомассы при культивировании микроводоросли *Nannochloropsis* sp. с помощью фотометрической проточной ячейки на основе полупроводникового лазера, работающего на специально подобранной длине волны. Микроводоросль *Nannochloropsis* sp., в отличие от большинства культивируемых микроводорослей, содержит в своей фотосистеме только хлорофилл "a", что позволило исключить влияние других хлорофиллов и каротинов на результаты измерений [5].

Материалы и методы. Сконструирован фотобиореактор и проведено культивирование биомассы микроводоросли *Nannochloropsis* sp. в культуральной среде Guillard f/2. Отслеживание стадий роста культуры проводилось под визуальным контролем на микроскопе МИК-МЕД-6 с использованием камеры Levenhuk C1400NG. Подсчет концентрации клеток в растворе культуральной среды проводили в камере Горяева для подсчета клеток, модель 851. С учетом всех описанных выше проблем оптического определения концентрации биомассы была сконструирована внешняя проточная фотометрическая кювета. Кювета была выполнена с использованием прозрачной стеклянной трубки с двумя пересекающимися боковыми изгибами, на одной стороне которой был размещен источник поляризованного когерентного света на основе полупроводникового лазера с длиной волны 650 нм, соответствующей пику поглощения измеряемого вещества. С другой стороны стеклянной трубки располагался светочувствительный элемент на основе фотодиода для измерения интенсивности светового излучения, прошедшего через слой жидкости в стеклянной трубке. Использование источника света с узкой полосой излучения позволяет снизить влияние механических примесей в растворе на результаты измерений. Электрический сигнал с фотозлемента преобразовывался с помощью

аналого-цифрового преобразователя (АЦП), измерялся и записывался с помощью микроконтроллера Arduino Uno на диск памяти. Количественная оценка интенсивности света производилась с помощью Arduino Uno. Интенсивность света была пропорциональна сигналу с фотозлемента, который измерялся в милливольтгах (мВ) [6].

Результаты и обсуждение

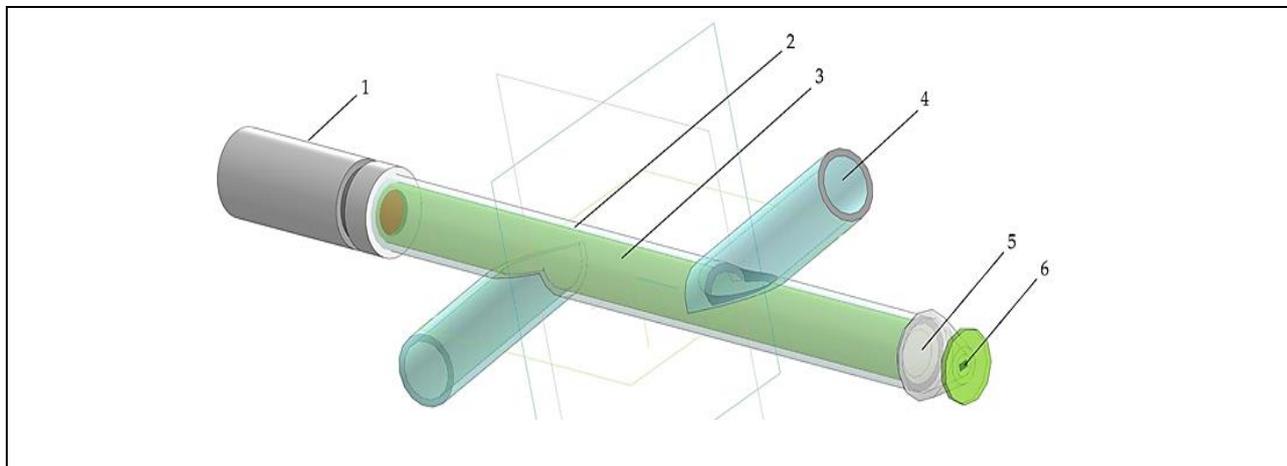


Рис. 1 Проточная фотометрическая ячейка: 1 – лазерный диодный модуль, 2 – проточная ячейка, 3 – слой образца, 4 – ввод/вывод образца, 5 – фокусирующая линза, 6 – фотоэлемент

Для эксперимента была приготовлена серия разбавленных растворов биомассы. Серию растворов проверяли на пропускание и поглощение светового когерентного излучения с длиной волны 650 нм, соответствующей пику поглощения хлорофилла "а". Эта же серия растворов была исследована на концентрацию клеток биомассы с помощью камеры для подсчета клеток Горяева. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты фотометрических измерений

Раствор	Концентрация клеток, млн×мл ⁻¹	T, пропускание	A, поглощение	Сигнал с фотоэлемента, мВ
Культуральная жидкость	0	0	0	70
1:4	5,0	10,15	0,0389	64
1:2	8,0	15,94	0,0892	57
1:1	12,4	24,64	0,1208	53
1:0,5	16,1	30,43	0,1730	47
1:0	24,5	42,03	0,2116	43

На основании полученных данных были построены графики зависимостей пропускания и поглощения от концентрации клеток в исследуемых растворах (рис.2), и по полученным графикам установлены математические зависимости.

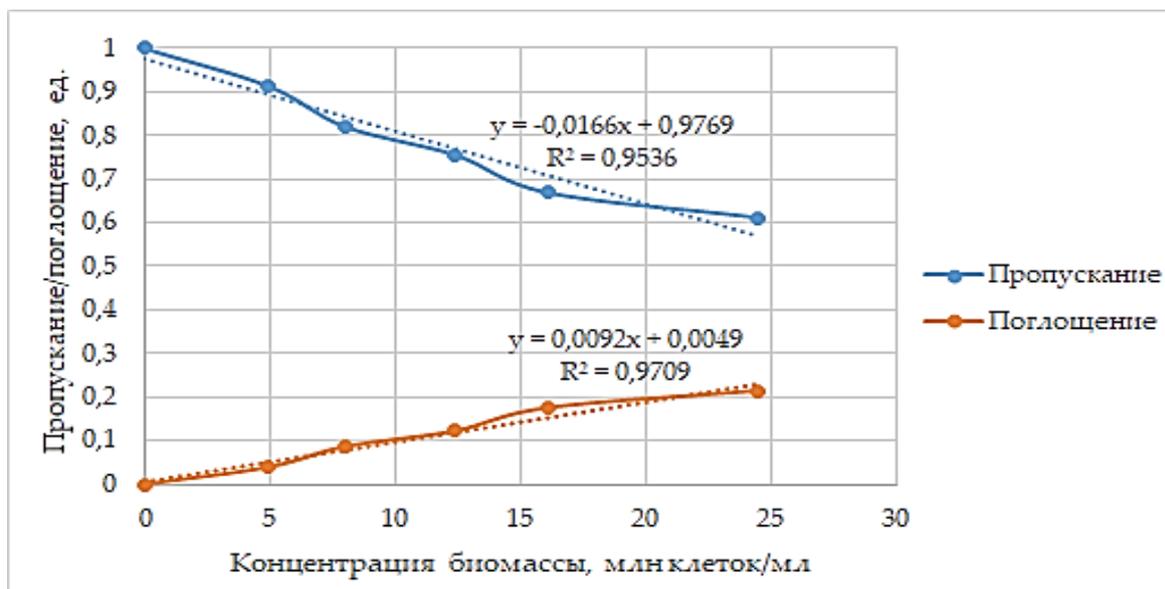


Рис. 2 Графические зависимости пропускания и поглощения от концентрации биомассы

Раствор биомассы не является идеальным раствором, и клетки биомассы способны не только поглощать, но и рассеивать световое излучение. Поэтому линейная зависимость поглощения от концентрации в соответствии с законом Бугера-Ламберта-Бера не ожидается. Тем не менее, результаты исследования показывают, что зависимость близка к линейной, особенно для значений поглощения.

Заключение. В работе проверена гипотеза о возможности измерения концентрации биомассы микроводоросли *Nannochloropsis sp.* фотометрическим методом с использованием проточной фотометрической ячейки. В результате эксперимента была получена математическая модель, позволяющая определять содержание биомассы (числа клеток микроводорослей на единицу объема) в культуральной среде из измеренного значения поглощения. Полученные данные позволяют сделать вывод о перспективности применения оптических мультисенсорных систем для контроля и оптимизации биотехнологических процессов культивирования микроводорослей. Для повышения точности и правильности определения необходимо оценить вклад рассеяния света в результаты измерений, что является целью дальнейшей работы.

Список источников

1. Muhammad U., Shamsuddin I., Danjuma A., RuS M., Dembo U. Biofuels as the starring substitute to fossil fuels // Petrol. Sci. and Eng. 2018. Vol. 2, Iss.1, P. 44-49.
2. Mishra N., Mishra P., Gupta E., Singh P. Synergistic effects of nitrogen deprivation and high irradiance to enhance biomass and lipid production in *Nannochloropsis* // Jour. of Microbiol., Biotech. And Food Sci. 2023. Vol 12, Iss. 6, P. 3632.
3. Nguyen B., Rittmann B. Low-cost optical sensor to automatically monitor and control biomass concentration in micro-algal cultivation // Algal Res. 2018. Vol. 32, P. 101-106.
4. Cáceres I., Alsina J., Zanden J., Ribberink D., Sánchez-Areilla A. The effect of air bubbles on optical backscatter sensor measurements under plunging breaking waves // Coast. Eng. 2020. Vol. 159, P. 103721.
5. Basso S., Simionato D., Gerotto C., Segalla A., Giacometti G., Morosinotto T. Characterization of the photosynthetic apparatus of the Eustigmatophycean *Nannochloropsis gaditana*: Evidence of convergent evolution in the supramolecular organization of photosystem I // Biocim. et Biophys. Act. 2014. Vol. 1837, P. 306-314.
6. Itterheimová P., Foret F., Kubáň P. High-resolution Arduino-based data acquisition devices for microscale separation systems // Anal. Chim. Act. 2021. Vol. 1153, P. 338294.

References

1. Muhammad, U., Shamsuddin, I., Danjuma, A., RuS, M., Dembo, U. (2018). Biofuels as the starring substitute to fossil fuels. *Petrol. Sci. and Eng.*, 2, 1, 44-49.
2. Mishra, N., Mishra, P., Gupta, E., Singh, P. (2023). Synergistic effects of nitrogen deprivation and high irradiance to enhance biomass and lipid production in *Nannochloropsis*. *Jour. of Microbiol., Biotech. And Food Sci.*, 12, 6, 3632.
3. Nguyen, B., Rittmann, B. (2018). Low-cost optical sensor to automatically monitor and control biomass concentration in micro-algal cultivation. *Algal Res.*, 32, 101-106.
4. Cáceres, I., Alsina, J., Zanden, J., Ribberink, D., Sánchez-Areilla, A. (2020). The effect of air bubbles on optical backscatter sensor measurements under plunging breaking waves. *Coast. Eng.*, 159, 103721.
5. Basso, S., Simionato, D., Gerotto, C., Segalla, A., Giacometti, G., Morosinotto, T. (2014). Characterization of the photosynthetic apparatus of the Eustigmatophycean *Nannochloropsis gaditana*: Evidence of convergent evolution in the supramolecular organization of photosystem I. *Biocim. et Bioiphs. Act.*, 1837, 306-314.
6. Itterheimová, P., Foret, F., Kubáň, P. (2021). High-resolution Arduino-based data acquisition devices for microscale separation systems. *Anal. Chim. Act.*, 1153, 338294.

Информация об авторах

А.Ю. Богомолов – доктор химических наук, доцент;
Е.В. Базарнов – аспирант.

Information about the authors

A. Yu. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, docent;
E. V. Bazarnov – graduate student.

Вклад авторов:

А.Ю. Богомолов – научное руководство;
Е.В. Базарнов – написание статьи.

Contribution of the authors:

A. Yu. Bogomolov – scientific management;
E. V. Bazarnov – writing article.

Тип статьи: научная
УДК 543.544.5.068.7

ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ ГАЛОГЕНАДАМАНТАНОВ НА ЦИКЛОДЕКСТРИНСОДЕРЖАЮЩЕМ СОРБЕНТЕ *CYCLOBOND*

Александр Вячеславович Базилин¹, Элина Витальевна Рыжихина²,
Дмитрий Алексеевич Светлов³, Сергей Николаевич Яшкин⁴

^{1,2,4}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

^{3,4}Самарский региональный центр для одарённых детей, Самара, Россия

³Испытательная лаборатория по Самарской области ФГБУ "ЦЛАТИ по ПФО", Самара, Россия

¹bazilin-shurik@mail.ru

²Elinasannikova@mail.ru

³dasvetlov@mail.ru

⁴snyashkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2549-5607>

В условиях обращено-фазовой ВЭЖХ исследована селективность разделения галогенадамантанов на сорбентах *CYCLOBOND* и октилсилиггель. Определен вклад макроциклического эффекта в суммарную энергию сорбции. Выполнен сравнительный анализ величин удерживания производных адамантана и *n*-декана в ВЭЖХ-системах с макроциклическим эффектом, определяющим структурную селективность при разделении структурных и пространственных изомеров галогенадамантанов.

Ключевые слова: высокоэффективная жидкостная хроматография, комплексы "гость-хозяин", разделение, структурная селективность, изомеры, галогенадамантаны.

Для цитирования: Базилин А. В., Рыжихина Э. В., Светлов Д. А., Яшкин С. Н. Жидкостная хроматография галогенадамантанов на циклодекстринсодержащем сорбенте *CYCLOBOND* // Путохинские чтения : сб. науч. Тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 33-39.

LIQUID CHROMATOGRAPHY OF HALOGENADAMANTANES ON CYCLODEXTRIN-CONTAINING SORBENT *CYCLOBOND*

Alexander V. Bazilin¹, Elina V. Ryzhikhina², Dmitriy A. Svetlov³, Sergey N. Yashkin⁴

^{1,2,4}Samara State Technical University, Samara, Russia

^{3,4}Samara Regional Center for Gifted Children, Samara, Russia

³Testing Facility in the Samara Region, Russian Federation Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Volga Federal District, Samara, Russia

¹bazilin-shurik@mail.ru

²Elinasannikova@mail.ru

³dasvetlov@mail.ru

⁴snyashkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2549-5607>

The selectivity of halogenadamantanes separation on *CYCLOBOND* and octyl siligagel sorbents was studied under conditions of reversed-phase HPLC. The contribution of the macrocyclic effect to the total sorption energy is determined. A comparative analysis of the retention values of adamantane and *n*-decane derivatives in HPLC systems with a macrocyclic effect determining structural selectivity in the separation of structural and spatial isomers of halogenadamantanes is performed.

Keywords: high performance liquid chromatography, guest-host complexes, separation, structural selectivity, isomers, halogenadamantanes.

For citation: Bazilin, A. V., Ryzhikhina, E. V., Svetlov, D. A., Yashkin, S.N. (2023) Liquid chromatography of halogenadamantanes on cyclodextrin-containing sorbent *CYCLOBOND*. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 33-39.

Введение. Производные адамантана, благодаря своим уникальным структурным и физико-химическим свойствам, а также высокой биологической активности, нашли широкое применение в химико-фармацевтической, нефтехимической, нанотехнологической и других областях промышленности. В связи с постоянно увеличивающейся сферой практического использования этих соединений, имеющих большое число близких по свойствам изомеров разного типа, по-прежнему актуальной остаётся задача поиска эффективных и селективных методов разделения и концентрирования, основу которых составляют различные варианты современной хроматографии.

Перспективными селекторами хроматографических систем, чувствительными к особенностям молекулярной структуры производных каркасных углеводородов являются различ-

ные макроциклические лиганды, среди которых особенно выделяются встречающиеся в природе циклодекстрины, образующие прочные комплексы включения с объемными молекулами сорбатов. Размеры адамантанового каркаса идеально соответствуют параметрам полости β -циклодекстрина (β -ЦД) и полностью удовлетворяет требованиям к 3D-селектору на этот молекулярный фрагмент (высокая гидрофобность полости, хорошая растворимость в полярных средах, нетоксичность, коммерческая доступность и др.). Несмотря на достигнутые успехи в исследовании комплексов "адамантаны - β -ЦД" многие вопросы остаются открытыми и актуальными [1-4]. Так, практически не изучены структурные и термодинамические аспекты комплексообразования "адамантаны - β -ЦД", не определены интервалы границ структурной селективности различных сред с β -ЦД-фрагментами в отношении соединений каркасного строения, а также отсутствуют надежные критерии априорной оценки возможности образования и устойчивости таких межмолекулярных комплексов. Решению этих и связанных с ними вопросов путем использования различных методов хроматографии посвящено настоящее исследование.

Целью работы явилось изучение влияния модифицирования октилсиликагельной НФ добавками β -ЦД на селективность разделения галогенадамантанов ВЭЖХ; определение интервала структурной селективности сорбента *CYCLOBOND* в отношении различных структурных и пространственных изомеров в ряду молекул каркасного и линейного строения.

Материалы и методы. Эксперимент проводили на жидкостном хроматографе "LC-20 Prominence" (Shimadzu, Japan), снабженного плунжерным насосом "LC-20AD", дегазатором подвижной фазы "DGU-20A3", УФ-спектрометрическим детектором "SPD-20A" и краном дозатором "Rheodyne" (объем петли 20 мкл). Хроматографические измерения проводили в изократическом режиме при соотношении компонентов органический модификатор-вода 60:40 (об. %); органический модификатор ПФ - CH_3OH . Объемная скорость элюента 300 мкл/мин. Для достижения стационарных условий в хроматографической системе перед началом измерений элюент заданного состава пропускали через термостатированную колонку в течении 1.5-2.0 часов. Измерения проводили в изотермическом режиме. Адсорбентами служили β -ЦД-содержащий *CYCLOBOND I 2000* (Sigma-Aldrich Co. LLC., USA) (*CYCLOBOND*, SiO_2 -C8- β -ЦД) и октилсиликагель *SUPELCO SIL™ LC-8 HPLC Column* (Sigma-Aldrich Co. LLC, USA) (SiO_2 -C8). Температура колонки поддерживалась с помощью воздушного термостата "СТО-20А". Статистическую обработку первичных хроматографических данных выполняли по стандартной методике [5]. Пробы исследуемых адсорбатов (галогенадамантаны и *n*-1-бромдекан) вводили в хроматографическую колонку не менее 5 раз в виде сильноразбавленных растворов в водно-органическом элюенте.

Расчет факторов удерживания (k_i') в условиях равновесной ВЭЖХ осуществляли по известной формуле [5]:

$$k_i' = (V_R - V_M)/V_M, \quad (1)$$

где $V_R = t_R \cdot F$ – удерживаемый объем (мкл); $V_M = t_M \cdot F$ – мертвый объем (мкл) (t_R – время удерживания адсорбата (мин), t_M – время удерживания несорбирующегося вещества (мин)), F – объемная скорость элюента (300 мкл/мин).

Для определения параметров температурных зависимостей $\ln k_i' = f(1/T)$ измерения проводили в интервале температур от 303.15 К до 333.15 К с шагом 5 К. Аппроксимацию полученных при разных температурах величин $\ln k_i'$ осуществляли с помощью линейной зависимости [5]:

$$\ln k_i' = A_1 + B_1/T = \Delta_{\text{сор}} \bar{S}_i^{\circ} / R + \Delta_{\text{сор}} \bar{U}_i^{\circ} / RT, \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{сор}} \bar{U}_i^{\circ}$ (кДж/моль) и $\Delta_{\text{сор}} \bar{S}_i^{\circ}$ (Дж/(моль·К)) – стандартные молярные изменения внутренней энергии и энтропии адсорбата при переходе из элюента в равновесное адсорбированное состояние.

В таблице 1 приведены полученные значения термодинамических характеристик сорбции на колонках *CYCLOBOND* и *SiO₂-C8* в описанных выше условиях.

Таблица 1

Термодинамические характеристики сорбции исследованных галогенадамантанов и 1-бромдекана на колонках с *CYCLOBOND* и *SiO₂-C8* в условиях ВЭЖХ (ПФ: CH₃OH-H₂O (60:40) (об. %), $T=298.15-333.15$ К; $T_{av}=318$ К)

Сорбат	<i>CYCLOBOND</i>					<i>SiO₂-C8</i>				
	k_i'			$-\Delta_{sorp} \bar{U}_i^o$	$-A_i$	k_i'			$-\Delta_{sorp} \bar{U}_i^o$	$-A_i$
	303 К	313 К	323 К			303 К	313 К	323 К		
1	9.27	5.76	3.61	38.5	13.06	28.02	20.37	15.43	24.2	6.28
2	9.88	5.66	2.94	53.9	19.00	16.08	11.77	9.04	23.5	6.55
3	7.20	4.02	2.18	51.4	18.34	18.42	13.58	10.45	23.2	6.30
4	4.99	2.88	1.66	44.8	16.16	15.24	11.08	8.43	24.2	6.89
5	3.14	1.77	0.99	47.0	17.48	15.57	11.30	8.58	24.4	6.94
6	6.44	3.19	1.71	53.9	19.53	12.73	9.33	7.18	23.5	6.79
7	1.32	0.78	0.49	40.3	15.71	22.64	16.05	11.88	26.4	7.35
8	8.17	4.76	2.84	43.0	14.97	9.88	7.51	5.91	21.0	6.04
9	-	-	-	-	-	31.28	22.77	17.26	24.3	6.21
10	17.29	9.64	5.44	47.2	15.87	23.77	17.01	12.76	25.3	6.90
11	9.74	5.68	3.32	43.9	15.15	26.64	19.02	14.27	25.5	6.83
12	6.68	3.85	2.32	43.0	15.16	13.47	9.99	7.77	22.4	6.30
13	5.81	3.54	2.15	41.9	14.83	13.71	10.35	7.95	22.2	6.19
14	4.34	2.58	1.59	40.8	14.73	20.99	15.10	11.54	24.3	6.62
15	3.83	2.20	1.32	43.3	15.82	11.00	8.11	6.27	23.0	6.73
16	0.07	-	-	-	-	95.06	62.79	43.74	31.6	7.98

Примечание: **1** – адамантан; **2** – 1-бромадамантан; **3** – 2-бромадамантан; **4** – 1,3-дибромадамантан; **5** – *цис*-1,4-дибромадамантан; **6** – *транс*-1,4-дибромадамантан; **7** – 1,3,5-трибромадамантан; **8** – 1-бромметиладамантан; **9** – 1,3,5,7-тетрабромадамантан; **10** – 1-иодадамантан; **11** – 2-иодадамантан; **12** – 1-хлорадамантан; **13** – 2-хлорадамантан; **14** – 2,2-дихлорадамантан; **15** – 1,3-дихлорадамантан; **16** – 1-бромдекан.

Результаты и обсуждение. В ряду исследованных адсорбатов самыми значениями k_i' на сорбенте *SiO₂-C8-β-ЦД* (*CYCLOBOND*) характеризуется молекула незамещённого адамантана (исключение составляет 1-иодадамантан, что скорее всего обусловлено высокой атомной массой атома иода и его удачным расположением относительного каркасного адамантанового фрагмента). Этот факт хорошо согласуется с данными о том, что между высоколипофильными молекулами адамантана и гидрофобной полостью фрагментов *β-ЦД* реализуются прочные межмолекулярные взаимодействия. Отметим, что при переходе от НФ *SiO₂-C8-β-ЦД* к НФ *SiO₂-C8* значения k_i' для незамещённого адамантана увеличиваются, что также свидетельствует о проявлении высокого сродства неполярной молекулы адамантана к неполярным *C8*-фрагментам НФ. Заметим, на НФ *SiO₂-C8* значения k_i' для всех без исключения галогенадамантанов выше по сравнению со значениями k_i' на НФ *SiO₂-C8-β-ЦД*, что, однако, не является доказательством большего сродства НФ *SiO₂-C8* к исследованным каркасным соединениям по сравнению с *β-ЦД*-содержащей НФ, поскольку поверхностная концентрация привитых *β-ЦД*- и *C8*- групп у сравниваемых сорбентов, очевидно, разная. О большем сродстве НФ *SiO₂-C8-β-ЦД* к высоколипофильным производным адамантана свидетельствуют значения теплот сорбции ($\Delta_{sorp} \bar{U}_i^o$). Для соответствующих сорбатов в идентичных условиях элюирования величины $\Delta_{sorp} \bar{U}_i^o$, полученные для НФ *SiO₂-C8-β-ЦД* оказываются в среднем в 2 раза выше по сравнению с НФ *SiO₂-C8*. Последнее указывает на возможность образования прочных комплексов включения объёмных молекул сорбатов в гидрофобную полость *β-ЦД*-фрагментов. В пользу этого также свидетельствуют и значительные большие значения энтропийного параметра A_i для НФ *SiO₂-C8-β-ЦД*, указывающие на значительную потерю степеней свободы молекулами сорбатов при образовании прочных комплексов включения с *β-ЦД*-фрагментами НФ

CYCLOBOND. Заметим, что разница в численных значениях $\Delta_{\text{сорб}} \bar{U}_i^0$ для изученных сорбатов на НФ $\text{SiO}_2\text{-C8-}\beta\text{-ЦД}$ заметно выше, чем для НФ $\text{SiO}_2\text{-C8}$.

Сорбент *CYCLOBOND* обнаружил высокую селективность в отношении структурных и пространственных изомеров галогенпроизводных адамантана. Незамещенный адамантан, а также 1-монопроизводные (хлор-, бром-, иод-) характеризуются заметно более высокими значениями факторов удерживания (k_i') по сравнению с соответствующими 2-монопроизводными, что может свидетельствовать о различной стабильности образуемых ими комплексов включения "сорбат- $\beta\text{-ЦД}$ ". Увеличение числа заместителей в узловых положениях адамантанового каркаса (1,3-ди- и 1,3,5-трипроизводные) приводит к резкому уменьшению удерживания, что может свидетельствовать об ослаблении взаимодействий "сорбат-сорбент", обусловленных стерическими препятствиями для попадания объёмных молекул сорбатов во внутреннюю полость $\beta\text{-ЦД}$. Отметим, что для НФ $\text{SiO}_2\text{-C8}$ подобная зависимость не наблюдается. В результате для ди- и тризамещённых производных адамантана макроциклический эффект практически не проявляется. Заметим, что для линейной молекулы *n*-1-бромдекана макроциклический эффект с фрагментами $\beta\text{-ЦД}$ не наблюдается и, как следствие, этот адсорбат практически не удерживается на фазе *CYCLOBOND* в то время как на НФ $\text{SiO}_2\text{-C8}$ линейная молекула *n*-1-бромдекана характеризуется самыми высокими значениями k_i' , а также термодинамическими параметрами относительно всех рассмотренных галогенадамантанов.

Среди изомерных *цис*-/*транс*-1,4- и 1,3-дибромадамантанов самыми высокими значениями k_i' на НФ $\text{SiO}_2\text{-C8-}\beta\text{-ЦД}$ характеризуется *транс*-1,4-изомер, а самыми низкими *цис*-1,4-изомер. Отметим, что в случае сорбции на НФ $\text{SiO}_2\text{-C8}$ указанные изомеры элюируются в иной последовательности: *транс*-1,4- < 1,3- < *цис*-1,4-. Следует отметить, что удлинение длины привитой *n*-алкильной фазы на адсорбенте с C8 до C18 также изменяет порядок элюирования изомеров дибромадамантанов: 1,3- < *цис*-1,4- < *транс*-1,4- (*Диасфер-110-C18*) [6]. Данный факт свидетельствует об очевидных различиях в механизме сорбции на рассмотренных в работе типах сорбентов. Как следует из сопоставления хроматограмм, представленных на рис.1, сорбент *CYCLOBOND* характеризуется не меньшими высокими показателями структурной селективности в отношении *цис*-/*транс*-изомерных производных адамантана, как и графитоподобный адсорбент *Hypercarb*. Важно подчеркнуть, что сорбент на основе $\text{SiO}_2\text{-C8-}\beta\text{-ЦД}$ характеризуется т.н. 3D-типом структурной селективности (ключевую роль в межмолекулярных взаимодействиях играет *размерный эффект*), а графитоподобный сорбент *Hypercarb* обладает 2D-типом селективности, в реализации которого главное значение достижение максимального контакта молекулы сорбата с плоской поверхностью адсорбента.

Оценив поверхностную концентрацию привитых групп, содержащих $\beta\text{-ЦД}$ -фрагменты, в работе также были определены значения констант комплексообразования "сорбат- $\beta\text{-ЦД}$ ", а также величины теплот и энтропий комплексообразования. Анализ параметров комплексообразования, выполненный в координатах графика энтальпийно-энтропийной компенсации, позволил определить вклад различных факторов в устойчивость комплексов включения "сорбат-

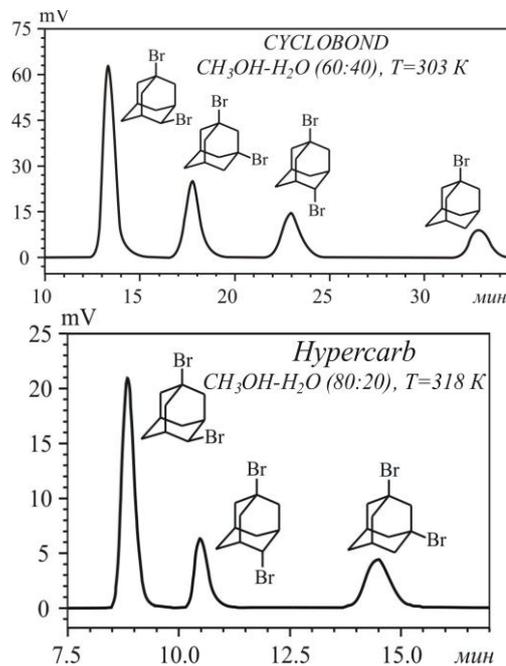


Рис. 1 Хроматограммы разделения модельной смеси дибромадамантанов на различных сорбентах в условиях ВЭЖХ

β -ЦД". Полученные данные сопоставлены с результатами аналогичных исследований в условиях ГЖХ на бинарном сорбенте глицерин- β -ЦД [2-3]. По результатам выполненного исследования предложено ряд аналитических решений по практическому использованию сорбента *CYCLOBOND* для разделения и концентрирования производных адамантана из сложных по составу смесей.

Заключение. В условиях ОФ ВЭЖХ впервые определены ТХС производных адамантана на оксилсилагеле с привитыми фрагментами β -ЦД. Показано влияние макроциклической добавки общую и структурную селективность разделения смесей структурных и пространственных изомеров производных адамантана. Впервые выполнен сравнительный анализ величин удерживания производных адамантана и *n*-декана в ВЭЖХ-системах с 3D- (β -ЦД-содержащий *CYCLOBOND*) и 2D-типом (графитоподобный *Hypercarb*) структурной селективности. Показано, что указанные сорбенты характеризуются высокой селективностью в отношении сорбатов каркасного строения. Найденные закономерности могут быть использованы для разработки эффективных ВЭЖХ-методик разделения и концентрирования галогенпроизводных адамантана из сложных по составу смесей.

Список источников

1. Li S., Purdy W.C. Cyclodextrins and their applications in analytical chemistry // *Chemical Reviews*. 1992. V.92. №6. P.1457-1470.
2. Базилин А. В., Яшкина Е. А., Яшкин С. Н. Хроматографическое изучение комплексообразования производных адамантана с β -циклодекстрином // *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2016. Т.65. №1. С.103-109.
3. Яшкин С. Н., Базилин А. В., Яшкина Е. А. Термодинамические характеристики сорбции производных адамантана в глицерине с добавками β -циклодекстрина в условиях равновесной газожидкостной хроматографии // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2016. Т.52. №6. С.593-603.
4. Яшкин С. Н., Агеева Ю. А. Газохроматографическое изучение термодинамики сорбции производных адамантана на углеродном адсорбенте, модифицированном полиэтиленгликолем с добавками β -циклодекстрина // *Журнал физической химии*. 2013. Т.87. №11. С.1953-1961.
5. Яшкина Е. А., Светлов Д. А., Яшкин С. Н. Влияние комплексообразования "сорбат- β -циклодекстрин" на удерживание производных анилина на графитоподобном адсорбенте в условиях ВЭЖХ // *Журнал физической химии*. 2015. Т.89. №10. С.1651-1660.
6. Solovova N. V., Yashkin S. N., Danilin A. A. Thermodynamic characteristic of sorption and the mechanism of the retention of adamantane derivatives under conditions of reversed-phase HPLC // *Russian Journal of Physical Chemistry*. 2004. V.78. Suppl. 1. S.182-187.

References

1. Li, S., Purdy, W. C. (1992). Cyclodextrins and their applications in analytical chemistry. *Chemical Reviews*, 92, 6, 1457-1470.
2. Bazilin, A. V., Yashkina, E. A., Yashkin, S. N. (2016). Chromatographic study of complex formation of adamantane derivatives with β -cyclodextrin. *Russian Chemical Bulletin*, 65, 1, 103-109. (in Russ.).
3. Yashkin, S. N., Bazilin, A. V., Yashkina, E. A. (2016). Thermodynamic characteristics of the sorption of adamantane derivatives in glycerol containing the additions of β -cyclodextrin under the conditions of equilibrium gas-liquid chromatography. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 52, 6, 986-995. (in Russ.).
4. Yashkin, S. N., Ageeva, Yu. A. (2013). Gas-chromatographic Studies of the sorption thermodynamics of adamantanes on a carbon adsorbent modified with polyethylene glycol with β -cyclodextrin additives. *Russian Journal of Physical Chemistry*, 8, 11, 1921-1928. (in Russ.).
5. Yashkina, E. A., Svetlov, D. A., Yashkin, S. N. (2015). Effect of sorbate- β -cyclodextrin

complexation on the retention of aniline derivatives on a graphite-like adsorbent under HPLC conditions. *Russian Journal of Physical Chemistry*, 89, 10, 1914-1923. (in Russ.).

6. Solovova, N. V., Yashkin, S. N., Danilin, A. A. (2004). Thermodynamic characteristic of sorption and the mechanism of the retention of adamantane derivatives under conditions of reversed-phase HPLC. *Russian Journal of Physical Chemistry*, 78, 182-187.

Информация об авторах:

А. В. Базилин – научный сотрудник;

Э. В. Рыжихина – аспирант;

Д. А. Светлов – кандидат химических наук, ведущий инженер;

С. Н. Яшкин – доктор химических наук, профессор.

Information about the authors:

A. V. Bazilin - Research associate;

E. V. Ryzhikhina – Graduate student;

D. A. Svetlov – Candidate of Chemical Sciences, lead engineer;

S. N. Yashkin – Doctor of Chemical Sciences, professor.

Вклад авторов:

А. В. Базилин - написание статьи, эксперимент;

Э. В. Рыжихина – написание статьи, эксперимент;

Д. А. Светлов – обсуждение результатов, эксперимент;

С. Н. Яшкин – научное руководство.

Contribution of the authors:

A. V. Bazilin - writing article, experiment;

E. V. Ryzhikhina – writing article, experiment;

D. A. Svetlov – discussion of the results, experiment;

S. N. Yashkin – scientific management.

Тип статьи: научная

УДК 543.6

АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РЕК ЯУЗА И ПЕХРА В РАМКАХ ШКОЛЬНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

София Владиславовна Зубова¹, Антон Валерьевич Лобанов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Москва

¹sofia.zubova2002@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0007-3402-7921>

²av.lobanov@mpgu.su, <http://orcid.org/0000-0003-4205-7630>

В работе представлены результаты исследования химического состава рек Яуза и Пехра. В процессе анализа использованы стандартные методики, для определения были выбраны показатели содержания хлорид-ионов, сульфат-ионов, ионов железа, общей жесткости и щелочности. Все данные обрабатывались статистически и использовались средние показатели. В результате работы были установлены случаи отклонения от норм СанПиН 2.1.3684-21.

Ключевые слова: аналитический контроль, вода рек, фотометрический анализ, титриметрия.

Для цитирования: Зубова С. В., Лобанов А. В. Аналитический контроль рек Яуза и Пехра в рамках школьной проектной деятельности // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 39-42.

ANALYTICAL CONTROL OF THE YAUZA AND PEHRA RIVERS WITHIN THE FRAMEWORK OF SCHOOL PROJECT ACTIVITIES

Sofiya V. Zubova¹, Anton V. Lobanov²

^{1,2}Moscow Pedagogical State University, Moscow

¹sofia.zubova2002@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0007-3402-7921>

²av.lobanov@mpgu.su, <http://orcid.org/0000-0003-4205-7630>

The paper presents a study of the chemical composition of the Yauza and Pehra rivers. In the course of the study, standard methods were carried out, indicators for the determination of chloride ions, sulfate ions, iron ions, total hardness and alkalinity were selected. All statistical data were processed and average indicators were used. As a result of the work, deviations from the norms of SanPiN 2.1.3684-21 were established.

Keywords: analytical control, river water, photometric analysis, titrimetry.

For citation: Zubova, S. V., Lobanov, A. V. (2024). Analytical control of the yauza and pehra rivers within the framework of school project activities. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 39-42. (in Russ.).

Как известно, вода – один из основных компонентов абиотической части биосферы, важнейший фактор, поддерживающий жизнедеятельность на Земле. Одной из основных проблем в настоящее время является негативное воздействие на водные бассейны России объектов, в которых интенсивно развита промышленность.

Актуальная проблема загрязнения водной части биосферы связана с вопросом экологической защиты и мониторинга поверхностных вод суши. К поверхностным водам относятся воды, которые текут или собираются на поверхности земной коры, а также выделяют морские, озерные, речные, болотные и другие воды.

В настоящее время в рамках проектной деятельности обучающиеся выбирают в качестве тем исследования мониторинг объектов окружающей среды. Учащиеся школ заботятся об экологии, о чем свидетельствует разнообразие экологических мероприятий: сбор макулатуры, добрые крышечки, уборка лесов, посадка деревьев и отдельный сбор мусора. Все экологические акции, которые проводятся в школе, побуждают обучающихся начинать исследования в рамках мониторинга окружающей среды.

В данной работе нами были выбраны воды двух рек города Москвы и Московской области – Яуза и Пехра. На протяжении существования рек, на территории их протекания находились заводы и фабрики, отходы производства которых сбрасывались в стоки рек. В настоящее время главной проблемой остается мелководье рек, но реки остаются судоходными, вследствие чего производятся выбросы горючего в воду, приводящие к загрязнению их неочищенными стоками топлива и нефтепродуктами. Так же остается существенным загрязнение рек мусором вдоль берегов, что также приводит к загрязнению пластиком и причинению вреда фауне рек.

В соответствии с ГОСТ в исследования проб воды, входят: правильный отбор пробы, транспортировка пробы, подготовка к исследованию, которая включает цикл действий. В данной работе исследования проводились следующими методами анализа: органолептический, количественный и физико-химический методы [1].

Органолептический метод показал небольшие отклонения в качестве воды, воды рек имели небольшую мутность, а также желтоватый оттенок, тогда как запах отсутствовал. Анализ был продолжен исследованием количественным и физико-химическим методами.

Потенциометрическим методом анализа был определен водородный показатель. Данные исследования показали, что рН находится в норме, но проходит по верхнему пределу обнаружения. Нами был проведен также ряд исследований титриметрическим методом по обнаружения сульфат-ионов, хлорид-ионов, общей жесткости.

Исследования на сульфат-ионы проводили титриметрическим методом определения в присутствии дитизона [3]. Точкой эквивалентности служил переход окраски раствора из изумрудной до красно-фиолетовой, что свидетельствует об образовании комплексного соединения свинца с дифенилтиокарбазоном. Хлорид-ион также определяли классическим методом титрования нитратом серебра, точкой эквивалентности по данной методике служило образование творожистого осадка кирпичного цвета, представляющего собой хромат серебра (Ag_2CrO_4). Кроме того, была использована методика определения общей жесткости обнаружения ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), где точкой служит переход окраски с фиолетово-розовой до голубой. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Общие результаты исследования и сравнение их с ПДК

Показатель	Пехра	Яуза	ПДК
рН	8,4	7,5	6,5-8,5
Общая щелочность	2,5	3	30-400 мг-экв/л
Общая жесткость	8,0	5,6	≤ 7 мг-экв/л
Fe (общее)	3,5	0,94	0,3 мг/л
Cl^-	213	284	350 мг/л
SO_4^{2-}	57,6	59,2	500 мг/л

Определение общего железа проводили фотометрическим методом на приборе КФК-3. Метод основан на том, что в результате взаимодействия железа с сульфосалициловой кислотой происходит образование комплексного соединения, окраска которого зависит от величины рН. Для определения концентрации железа в образцах строили градуировочный график (рис. 1). В школьных проектных работах он может быть построен в программе Excel. Для нахождения концентрации общего железа в анализируемых пробах нужно отметить значение оптической плотности по оси ординат, далее провести линию до пересечения с графиком и опустить прямую на ось абсцисс. Результаты анализа представлены в таблице 1.

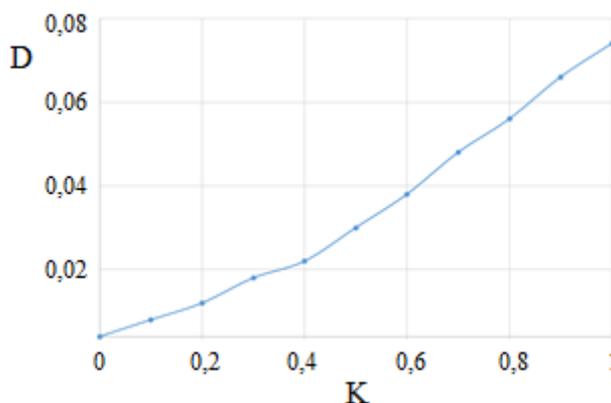


Рис. 1 Градуировочный график обнаружения общего железа

Проанализировав данные в таблице 1 по показателям воды из рек, можно сделать заключение, что значения рН для реки Яуза находятся в нейтральной области в пределах ПДК,

а показатель pH для Пехры находится в верхнем пределе ПДК, что уже при небольшом изменении может привести к отклонению от нормы. Показатели общей щелочности, а также содержание хлорид-ионов и сульфат-ионов полностью соответствуют ПДК. В воде присутствует большое количество Ca^{2+} и Mg^{2+} (общая жесткость) (в пробе реки Пехры они соответствуют верхним пределам ПДК, а в пробе реки Яузы значения находятся в пределах нормы). Так же при анализе обнаружено большое количество Fe^{3+} , – в Яузе превышение в 3 раза по сравнению с ПДК, а в Пехре в 11,6 раз. По итогам проведенного анализа было установлено, что пробы воды, отобранные в Пехре, по сумме всех исследуемых показателей являются наиболее загрязненными.

Список источников

1. ГОСТ 58573-2019 «Охрана природы. Гидросфера. Качество воды». М.: Стандартинформ, 2008.

References

1. GOST R 58573-2019 (2008). "Nature protection. The hydrosphere. Water quality". Moscow: Standardinform (in Russ.).

Информация об авторах

А. В. Лобанов – доктор химических наук, профессор РАО;

С. В. Зубова – студент.

Information about the authors

A. V. Lobanov – Doctor of Chemical Sciences, professor of RAE;

S. V. Zubova – student.

Вклад авторов:

А. В. Лобанов – научное руководство;

С. В. Зубова – написание статьи.

Contribution of the authors:

A. V. Lobanov – scientific management;

S. V. Zubova – writing article.

Тип статьи: научная

УДК 543.42.063

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ В ОПТИЧЕСКИХ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ СИСТЕМАХ

Егор Андреевич Игнатьев¹, Александра Михайловна Никитина²,
Андрей Юрьевич Богомолов³

^{1,2,3}Самарский Государственный Технический Университет, Самара

¹egor.ignatiev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2705-3390>

²Evseevasaha111@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3709-8390>

³c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

Исследовано влияние перекрывающихся спектральных интервалов на качество градуировочной модели при проектировании оптических мультисенсорных систем. С помощью синтетических и реальных данных показано, что регрессионные модели для суммарных сигналов на широких, в том числе, перекрывающихся интервалах могут быть не менее точными, чем при использовании полных спектров.

Ключевые слова: оптическая мультисенсорная система, градуировка, спектральные интервалы, светодиод.

Для цитирования: Игнатьев Е. А., Никитина А. М., Богомолов А. Ю. Использование пересекающихся спектральных интервалов в оптических мультисенсорных системах // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 42-47.

THE USE OF INTERSECTING SPECTRAL INTERVALS IN OPTICAL MULTISENSORY SYSTEMS

Egor A. Ignatiev¹, Alexandra M. Nikitina², Andrey Yu. Bogomolov³

^{1,2,3} Samara State Technical University, Samara

¹egor.ignatiev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2705-3390>

²Evseevasaha1111@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3709-8390>

³c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

The present study investigates the impact of overlapping spectral intervals on the quality of calibration models in the context of optical multisensor system design. Through the using of both synthetic and real data, it has been demonstrated that regression models developed for combined signals spanning wide-ranging intervals, including instances of overlap, exhibit comparable or superior levels of accuracy compared to models constructed using complete spectra.

Keywords: optical multisensor system, graduation, spectral intervals, LED.

For citation: Ignatiev, E. A., Nikitina, A. M., Bogomolov, A. Yu. (2024). The use of intersecting spectral intervals in optical multisensory systems. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 42-47. (in Russ.).

Введение. Оптическая мультисенсорная система (ОМС) представляет собой устройство, содержащее несколько источников света, поочередно облучающих образец, а также простой фотометрический детектор, который измеряет суммарную интенсивность излучения после взаимодействия с образцом [1]. В качестве источников света часто выступают светодиоды [2,3], которые испускают свет в определенном диапазоне длин волн. Эффективность ОМС зависит от выбора рабочих спектральных интервалов и соответствующих им светодиодов [4]. Таким образом, задача выбора оптимальных интервалов длин волн является важной стадией разработки ОМС.

Определение интервалов для синтетических данных. Для проведения исследования были созданы искусственные спектральные данные, представленные на рисунке 1. Эти данные представляют собой спектры двухкомпонентной смеси веществ, чистые спектры которых представлены красной и синей линиями, а их смесь – черной. 25 серых линий – это спектры веществ полученных при смешивании компонентов, взятых с концентрациями от 0 до 1 с шагом 0.25 (условные единицы).

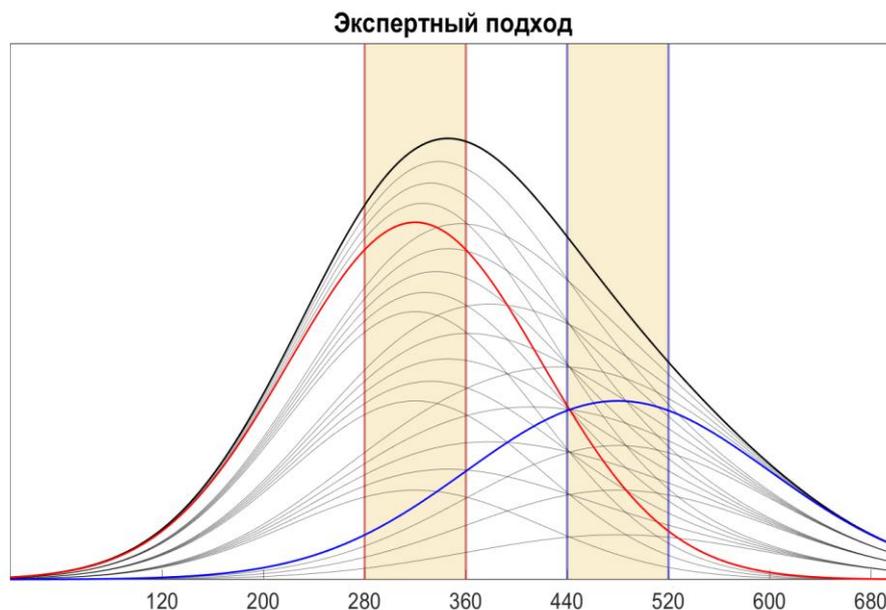


Рис. 1 Синтетические спектральные данные двухкомпонентной смеси с интервалами выбранными экспертным подходом

В классической спектроскопии, для анализа обычно используется полный спектр высокого разрешения. При выборе интервалов для ОМС используют математическое усреднение полносектральных данных на выбранных интервалах. При этом стараются максимально избегать их наложения друг на друга. Наиболее популярен так называемый «экспертный» подход (рисунок 1), когда относительно узкие интервалы выставляются на максимумы пиков поглощения спектров известных веществ. Однако, в наших предыдущих исследованиях [6] было показано, что такой подход не является оптимальным. Например, для данных на рис. 1 полносектральные модели для компонентов 1 и 2 имеют R^2 cv (коэффициент детерминации) равный 0.9706 и 0.9705, что уступает результатам полученным при использовании некоторых наборов интервалов. Наилучшие полученные результаты представлены в таблице 1, а сами эти интервалы представлены на рисунках 2а и 2б для 1 и 2 компоненты соответственно. Темно-желтые зоны на рисунках показывают зоны, где полученные интервалы пересекаются. Как мы видим пересечение интервалов не мешает получению качественных результатов.

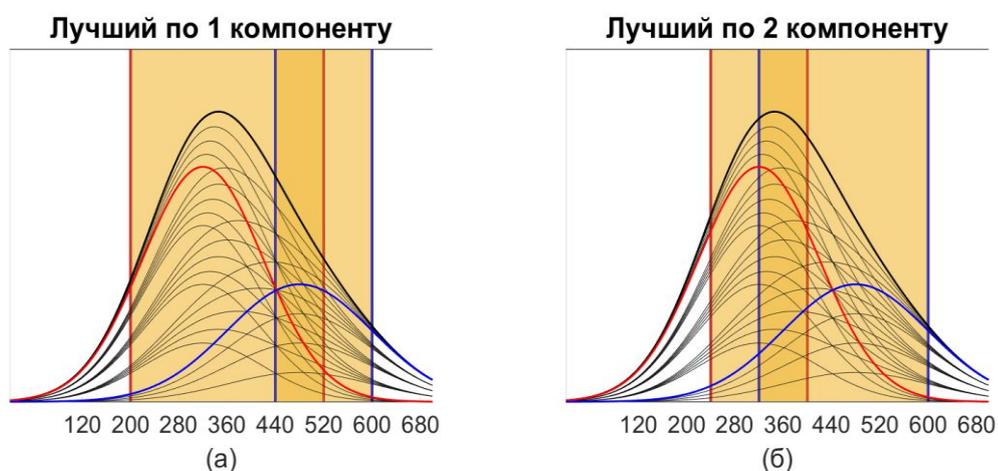


Рис. 2 Интервалы, на которых построенные модели дают наилучший результат для 1 (а) и 2 (б) компонента. Зоны в которых происходит пересечение интервалов выделяются более темным цветом

Результаты анализа синтетических спектральных данных

Компонент	Полный спектр R^2cv	Лучший интервал R^2cv	Количество наборов интервалов лучше полного спектра
1 компонент	0.9706	0.9713	1.69%
2 компонент	0.9705	0.9706	0.15%

Определение интервалов для реальных данных

Для продолжения исследований было произведено изучение реальной смеси. Для выбора интервалов на реальных спектрах был изготовлен набор из 27 водных смесей нитратов двухвалентных металлов: меди, кобальта и никеля, взятых в различных концентрациях в соответствии со схемой диагонального дизайна (рис. 3) [5]. В этом методе образцы имеют по 27 уровней концентрации для каждого компонента и занимают диагонали латинского куба (один образец занимает один и только один уровень, см. рис. 5). Каждая смесь была представлена тремя образцами для учета воспроизводимости измерения. Спектры образцов представлены на рисунке 4. Также на этом рисунке представлены наиболее оптимальные наборы интервалов.

Проверка эффективности набора интервалов, происходила путём построения модели методом частичных наименьших квадратов. В качестве индикатора качества построенной модели выступал ее R^2cv . Наиболее оптимальными являются интервалы где данный параметр максимально приближен к единице.

Было выявлено, что для реальных данных также существуют спектральные интервалы, для которые точность градуировочных моделей по компонентам лучшие, чем использование полносектральных данных, по всем компонентам, и даже по всем трём компонентам одновременно. Результаты представлены в таблице 2.

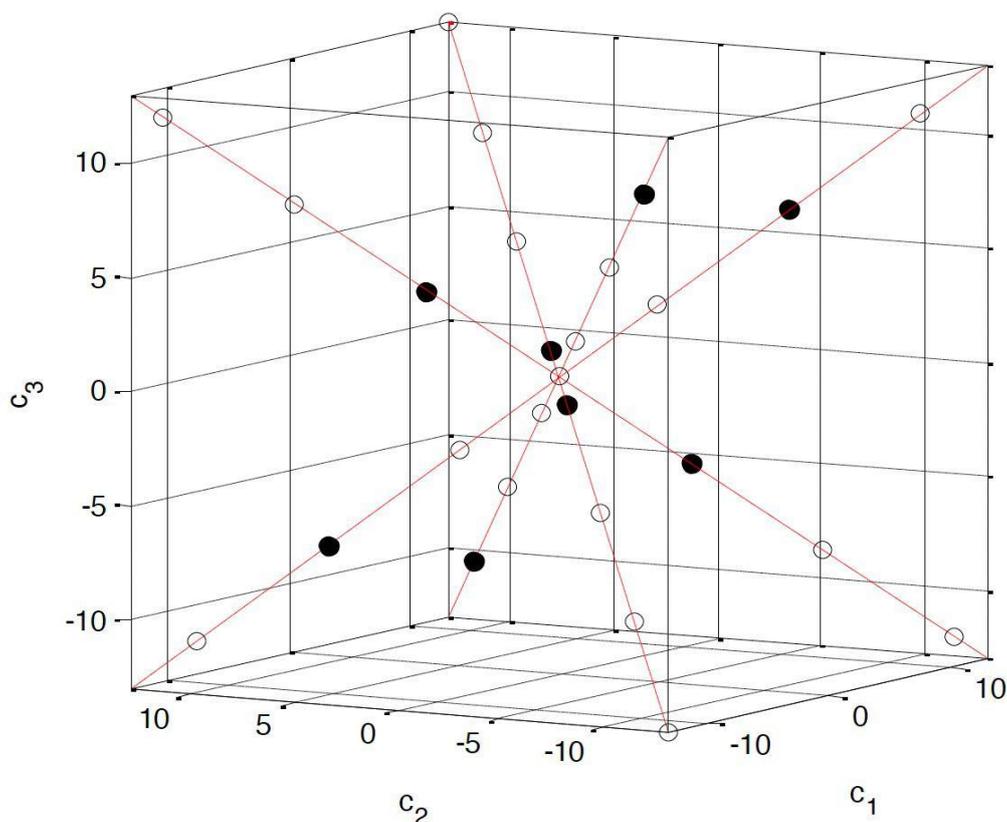


Рис. 3 Диагональный дизайн для трех компонентов [5]

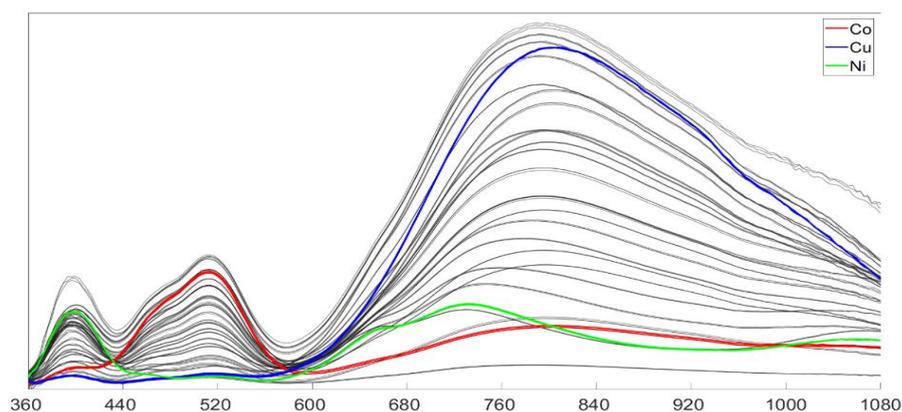


Рис. 4 Спектры 27 смесей нитратов Cu(II), Co(II), Ni(II). Спектры наиболее чистых компонентов выделены жирными линиями и цветами: медь – синим, кобальт – красным и никель – зеленым

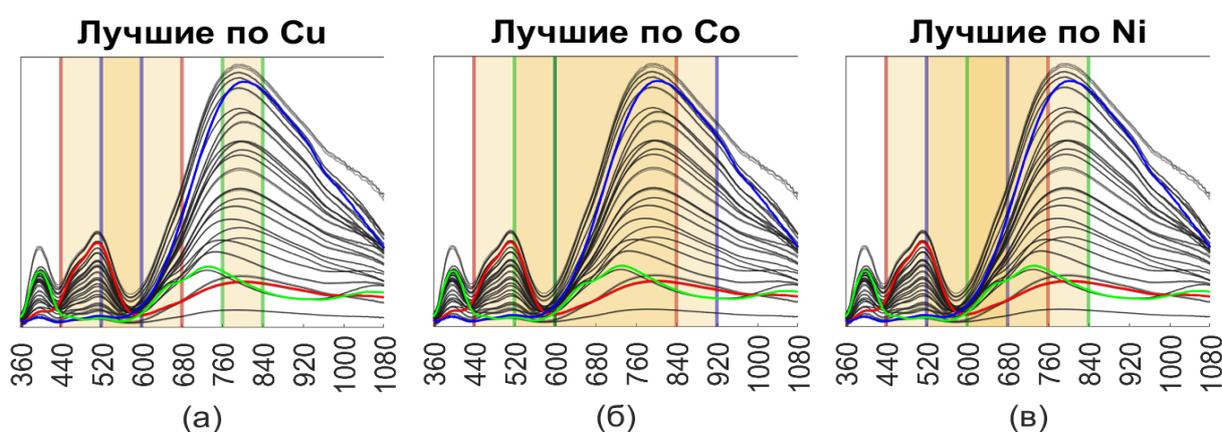


Рис. 5 Интервалы, на которых построенные модели дают наилучший результат для меди (а), кобальта(б) и никеля (в). Зоны в которых происходит пересечение интервалов выделяются более темным цветом

Таблица 2

Статистика проверки градуировочных моделей для определения нитратов меди, кобальта и никеля из спектральных и сенсорных данных

Компонент	Полный спектр R^2 cv	Лучший интервал R^2 cv	Количество наборов интервалов лучше полного спектра
Медь	0.9704	0.9949	27.2%
Кобальт	0.9944	0.9951	19.3%
Никель	0.9960	0.9966	2.6%

Выводы. Анализ искусственных и экспериментальных спектров многокомпонентной смеси показал, что использование усредненных интенсивностей на спектральных интервалах является эффективным инструментом разработки оптических мультисенсорных систем. Частичное или даже полное перекрытие интервалов при их оптимизации не только допустимо, но может приводить к улучшению точности градуировки по сравнению с аналогичными полносспектральными данными.

Список источников

1. Bogomolov A. Developing multisensory approach to the optical spectral analysis// Sensors. 2021. Vol. 21, 3541. doi:10.3390/s21103541
2. Kovac J., Peternai L., Lengyel O. Advanced light emitting diodes structures for optoelectronic applications // Thin Solid Films. 2003. Vol. 433, P. 22–26. doi:10.1117/12.818081.

3. Yeh P., Yeh N., Lee C.-H., Ding T.-J. Applications of LEDs in optical sensors and chemical sensing device for detection of biochemicals, heavy metals, and environmental nutrients // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017. Vol. 75, P. 461–468. doi:10.1016/j.rser.2016.11.011.
4. Surkova A., Shmakova Y., Salukova M., Samokhina N., Kostyuchenko J., Parshina A., Ibatullin I., Artyushenko V., Bogomolov A. LED-Based Desktop Analyzer for Fat Content Determination in Milk // *Sensors*. 2023. Vol. 23, 6861. doi:10.3390/s23156861
5. Bogomolov A. Diagonal designs for a multi-component calibration experiment // *Analytica Chimica Acta*. 2017. Vol. 951, P. 46–57. doi:10.1016/j.aca.2016.11.038.
6. Bogomolov A., Evseeva A., Ignatiev E., Korneev V. New approaches to data processing and analysis in optical sensing // *Trends in Analytical Chemistry*, 2023, Vol. 160, 116950 doi:10.1016/j.trac.2023.116950.

References

1. Bogomolov, A. (2021). Developing multisensory approach to the optical spectral analysis. *Sensors*, 21, 3541. doi:10.3390/s21103541.
2. Kovac, J., Peternai, L., Lengyel, O. (2003). Advanced light emitting diodes structures for optoelectronic applications. *Thin Solid Films*, 433, 22–26. doi:10.1117/12.818081
3. Yeh, P., Yeh, N., Lee, C.-H., Ding, T.-J. (2017). Applications of LEDs in optical sensors and chemical sensing device for detection of biochemicals, heavy metals, and environmental nutrients. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 75, 461–468. doi:10.1016/j.rser.2016.11.011.
4. Surkova, A., Shmakova, Y., Salukova, M., Samokhina, N., Kostyuchenko, J., Parshina, A., Ibatullin, I., Artyushenko, V., Bogomolov, A. (2023). LED-Based Desktop Analyzer for Fat Content Determination in Milk. *Sensors*, 23, 6861. doi:10.3390/s23156861.
5. Bogomolov, A. (2017). Diagonal designs for a multi-component calibration experiment. *Analytica Chimica Acta*, 951, 46–57. doi:10.1016/j.aca.2016.11.038.
6. Bogomolov, A., Evseeva, A., Ignatiev, E., Korneev, V. (2023). New approaches to data processing and analysis in optical sensing. *Trends in Analytical Chemistry*, 160, 116950 doi:10.1016/j.trac.2023.116950.

Информация об авторах

А. Ю. Богомолов – доктор химических наук, доцент;

Е. А. Игнатъев – аспирант;

А. М. Никитина – аспирант;

Information about the authors

A. Y. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, docen;

E. A. Ignatiev – master student;

A. M. Nikitina – master student.

Вклад авторов:

А. Ю. Богомолов – научное руководство;

Е. А. Игнатъев – написание статьи;

А. М. Никитина – снятие спектров растворов.

Contribution of the authors:

A. Y. Bogomolov – scientific management;

E. A. Ignatiev – writing article;

A. M. Nikitina – removal of solution spectra.

Тип статьи: научная
УДК 543.4

НИВЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ФАКТОРОВ НА СТАТИСТИКУ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Владислав Павлович Корнеев¹, Андрей Юрьевич Богомолов²

^{1,2}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹gl.p.vlad@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0005-3074-0880>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

Разработан алгоритм и программное обеспечение для оценки достоверности достигнутой сходимости усредненного статистического показателя при использовании вероятностных факторов, таких как добавленный шум в данных или случайный проверочный набор. Достигнутые результаты послужат улучшению методов валидации регрессионных моделей в спектральном химическом анализе.

Ключевые слова: спектроскопия, градуировка, регрессионная модель, вероятностный фактор, валидация, хемометрика.

Для цитирования: Корнеев В. П., Богомолов А. Ю. Нивелирование влияния случайностных факторов на статистику математической модели // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 48-51.

LEVELING THE INFLUENCE OF PROBABILISTIC FACTORS ON THE STATISTICS OF A MATHEMATICAL MODEL

Vladislav P. Korneev¹, Andrey Yu. Bogomolov²

^{1,2}Samara State Technical University, Samara, Russia

¹gl.p.vlad@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0005-3074-0880>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

The algorithm and software have been developed to assess the reliability of the achieved convergence of an average statistical indicator using probabilistic factors, such as added noise in the data and a random test set. The achieved results will serve to improve methods for validating regression models in spectral chemical analysis.

Keywords: spectroscopy, calibration, regression model, probability factor, validation, chemometrics.

For citation: Korneev, V. P., Bogomolov, A. Y. (2024) Leveling the influence of random factors on the statistics of a mathematical model. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 48-51. (in Russ.).

Вероятностные факторы, влияющие на статистику математических моделей, таких как регрессионные модели, возникают при анализе данных с искусственно сгенерированным шумом [1] или при валидации моделей случайно выбранным подмножеством образцов. Это приводит к тому, что статистика модели, построенной на одних и тех же данных, разная, что затрудняет интерпретацию и сравнение результатов моделирования. Основным методом преодоления этой проблемы является многократное повторение моделирования и проверки модели с новым значением вероятностного фактора (шума, поднабора) и последующим усреднением статистических параметров. Проблему часто вызывает тот факт, что число требуемых

итераций усреднения для получения желаемой точности (сходимости) результирующей статистики заранее неизвестно. Даже при эмпирическом определении числа итераций остается вопрос о достоверности результата. В настоящей работе предложена методика и создан соответствующий алгоритм, позволяющий рассчитывать вероятность ошибки в определении каждого разряда числа. Это позволяет определить необходимое число итераций усреднения для получения достоверной (с точки зрения вероятности) статистики. В качестве усредняемого статистического параметра взят коэффициент детерминации R^2 , имеющий максимальное значение 1, означающее безошибочный прогноз. В качестве примера моделирования рассматривается построение и проверка градуировочных моделей по оптическим спектрам двухкомпонентной смеси.

Алгоритм (рис.1) принимает на вход матрицу спектральных данных и матрицу концентраций, а также опции: возможность выбора нужного числа знаков после десятичной точки в значении определяемого статистического параметра R^2 , требуемой вероятности допустимого отклонения (ошибки), количества итераций, нижнего порога R^2 , ограничения по временному признаку.

Очень часто при работе с данными нет задачи рассчитывать точные статистики модели, которые ниже определённого значения R^2 . Поэтому для экономии времени была добавлена возможность задать нижний порог по значению R^2 . Также пользователь может ввести верхний порог по количеству итераций и ограничение по времени для более точной настройки работы алгоритма.

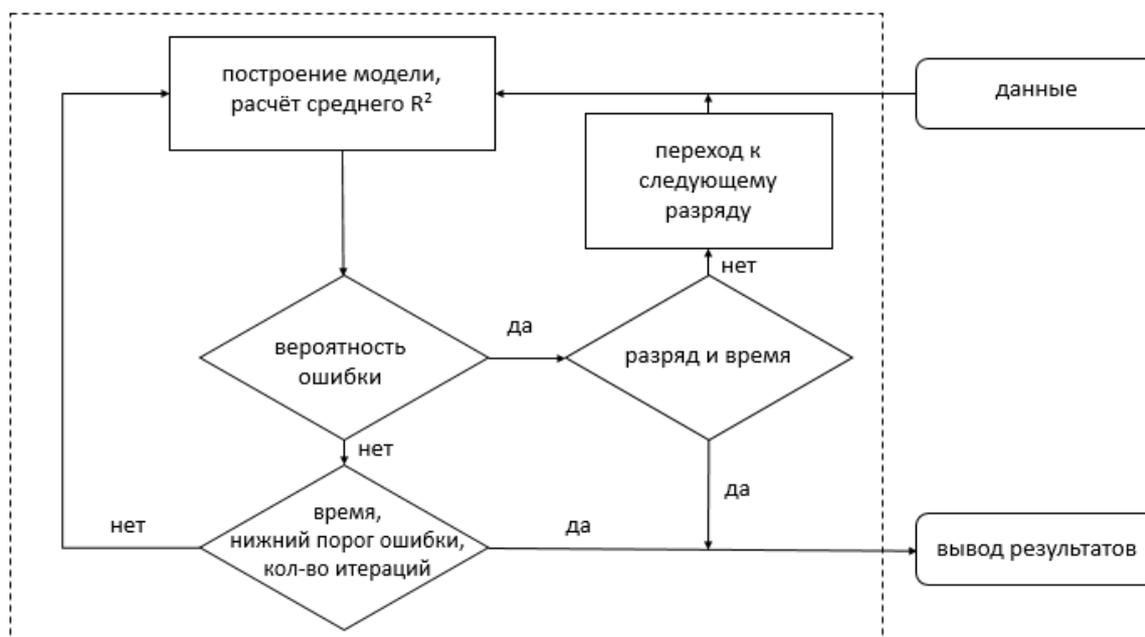


Рис. 1 Блок-схема алгоритма определения заданного десятичного знака статистического параметра с учетом заданной достоверности (вероятности ошибки)

После того, как нужные данные и параметры были заданы, запускается цикл, который моделирует и усредняет значение статистики R^2 . Выход из цикла происходит в ситуациях, когда достигнуты вероятность ошибки и точность результирующей статистики удовлетворяют пользователя.

Для этого формируется вектор, в который записывается вероятность каждой из десяти цифр (нужного нам знака после запятой), и, при достижении одной из этих десяти статистик заданного значения вероятности ошибки и нужного количества итераций, цикл прерывается, и нахождение показателя эффективности модели можно считать успешным.

На условия завершения цикла также влияют остальные параметры, такие как временное ограничение, ограничение по итерациям, нижний порог R^2 .

Разработанный алгоритм использовался для решения реальных задач. При разработке оптических мультисенсорных систем (ОМС) [2] решается проблема поиска оптимальных спектральных интервалов на полных спектрах, экспериментальных или синтетических [3]. В ОМС измеряется общая спектральная интенсивность на выбранных интервалах. В работе [3] поиск оптимальных интервалов осуществлялся на синтетических спектрах двухкомпонентной смеси с добавленным шумом. В качестве целевой функции оптимизации использовался коэффициент детерминации R^2 градуировочной модели, построенной на данных, усредненных по текущим выбранным интервалам. Задача заключалась в том, чтобы определить интервалы ОМС, которые дают наилучшие градуировочные модели (более высокий R^2). Ниже (рис.2) изображены примеры решений, для которых R^2 выше, чем для моделей, построенных на полносектральных данных.

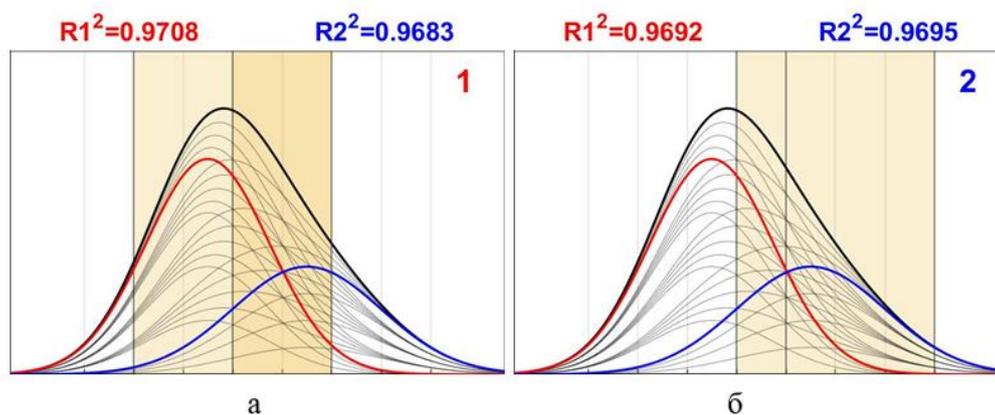


Рис. 2 Примеры оптимальных интервалов для определения концентраций вещества для (а) – первого и (б) – второго компонента смеси. На графиках красным цветом показан спектр первого компонента смеси, синим – второго. Черным цветом показан спектр смеси с максимальными концентрациями компонентов. Серым цветом показаны спектры 25 смесей двух компонентов с разными концентрациями по дизайну из статьи [4]

Поскольку статистика валидации градуировочной модели зависит от шума, который заново добавлялся на каждой итерации оптимизационного алгоритма, значение R^2 многократно усреднялось для достижения сходимости в третьем (значимом) десятичном знаке.

Разработанной программе было предложено определить значение R^2 с точностью до 3 знаков после запятой с достоверностью результатов 0.95 для каждой комбинации из двух интервалов. Так же было задано ограничение по количеству итераций. Ниже приведён пример вывода работы алгоритма определения R^2 для интервалов, показанных на рис. 1а (первый компонент):

```
>> 0.971  $R^2$  определён с точностью до 3 знаков после запятой с достоверностью 0.95058 за время: 26.8375с. Количество итераций – 271
```

В заключение отметим, что созданный алгоритм, может быть успешно использован для валидации моделей в хемометрике как при работе с синтетическими, так и с реальными данными. Пользователь может самостоятельно регулировать работу алгоритма для конкретных задач при помощи задаваемых параметров, влияющих на скорость вычисления и уровень сходимости выбранного статистического критерия.

Список источников

1. Bogomolov A., Diagonal designs for a multi-component calibration experiment // *Analytica Chimica Acta* 951, 2017, P. 46–57.

2. Богомолов А. Ю., Оптические мультисенсорные системы в аналитической спектроскопии // *Журнал аналитической химии*, 2022, том 77, №3, С. 227–247.

3. Набоков Е. Д., Компьютерная симуляция оптических спектральных данных для расчетных экспериментов в аналитической химии // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2023 (в этом же выпуске).

4. A. Bogomolov, A. Evseeva, E. Ignatiev, V. Korneev, New approaches to data processing and analysis in optical sensing // Trends in Analytical Chemistry 160, 2023, 116950.

References

1. Bogomolov, A. (2017). Diagonal designs for a multi-component calibration experiment. *Analytica Chimica Acta*, 951, P. 46-57.

2. Bogomolov, A. Y. (2022). Optical multisensor systems in analytical spectroscopy. *Journal of Analytical Chemistry*, volume, 77, no. 3, P. 227–247 (in Russ.).

3. Nabokov, E. D. (2023). Computer simulation of optical spectral data for computational experiments in analytical chemistry. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University (in the same issue) (in Russ.).

4. Bogomolov, A., Evseeva, A., Ignatiev, E., Korneev V. (2023). New approaches to data processing and analysis in optical sensing. *Trends in Analytical Chemistry*, 160, 116950.

Информация об авторах

В. П. Корнеев – магистрант;

А. Ю. Богомолов – доктор химических наук, доцент.

Information about the authors

V. P. Korneev – master student;

A. Yu. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, Assistant Professor.

Вклад авторов:

В. П. Корнеев – написание статьи;

А. Ю. Богомолов – научное руководство.

Contribution of the authors:

V. P. Korneev – writing article;

A. Yu. Bogomolov – scientific management.

Тип статьи: научная

УДК 543.616-073.584

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ МОЛОКА ИЗ КИНЕИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ С ПРИСТАВКОЙ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Юлия Александровна Костюченко¹, Андрей Юрьевич Богомолов²

^{1,2}Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

¹kostyuchenko_ya@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2476-5151>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

Показаны возможности использования спектроскопии среднего инфракрасного диапазона в сочетании с методом нарушенного полного внутреннего отражения для анализа качества молочной продукции. Применение хемометрики, в частности, метода разрешения кривых к спектральным данным процесса высушивания капли молока позволяет получить спектры его отдельных компонентов и делать количественные оценки состава образца.

Ключевые слова: анализ молока, жир, белок, ИК-спектроскопия, НПВО, метод разрешения кривых.

Для цитирования: Костюченко Ю. А., Богомолов А. Ю. Математическое разделение основных компонентов молока из кинетических данных, полученных методом ИК-спектроскопии с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 51-56.

MATHEMATICAL SEPARATION OF THE MAIN COMPONENTS OF MILK FROM KINETIC DATA OBTAINED BY ATTENUATED TOTAL REFLECTION INFRARED SPECTROSCOPY

Julia Kostyuchenko¹, **Andrey Bogomolov**²

^{1,2}Samara State Technical University, Samara, Russia

¹kostyuchenko_ya@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2476-5151>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

The possibilities of using mid-infrared (IR) spectroscopy in combination with the method of attenuated total reflection (ATR) to analyze the quality of dairy products are shown. Application of chemometrics, in particular, the curve resolution method (MCR) to spectral data of the milk drop drying process allows us to obtain spectra of its individual components and make quantitative estimates of the sample composition.

Keywords: milk analysis, fat, protein, infrared spectroscopy, attenuated total reflection, curve resolution method.

For citation: Kostyuchenko, J. Yu., Bogomolov, A. Yu. (2024). Mathematical separation of the main components of milk from kinetic data obtained by attenuated total reflection infrared spectroscopy. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 51-56.

Введение

Молоко – один из важнейших продуктов питания в рационе человека, поэтому анализ качества молочной продукции является важной задачей. Основными компонентами молока являются жир, белок и лактоза, определяющие питательную ценность, а значит, и стоимость продукта. Для определения этих показателей широко используются методы оптической спектроскопии. В настоящее время спектроскопия средней инфракрасной (ИК) области (4000 – 400 см⁻¹) является одним из наиболее распространенных методов, принятым в качестве промышленного стандарта в анализе качества молока и молочных продуктов. Колебательные ИК-спектры несут богатую структурную информацию об исследуемых компонентах, а наблюдаемые спектральные сигналы поглощения линейно зависят от их концентрации. Благодаря этому метод используется как для качественного, так и для количественного анализа [1].

В настоящей работе исследованы аналитические возможности использования ИК-спектроскопии в комбинации с методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), в котором анализ осуществляется за счет слабого взаимодействия света, отраженного внутренней поверхностью кристалла, с внешним образцом. Основной экспериментальной сложностью метода ИК-спектроскопии являются высокие коэффициенты экстинкции, что требует коротких оптических путей для получения спектров поглощения (около 50 мкм). Этот метод редко используется в анализе компонентов молока из-за небольшой (3-6 мкм) глубиной проникновения в образец молока, что затрудняет анализ его коллоидных частиц – глобул жира и мицелл белка [2]. Предложенный подход, состоящий в спектральном наблюдении процесса высушивания капли молока на НПВО-кристалле с последующим анализом полученного трехмерного массива данных, открывает новые возможности для исследования молока и продуктов его переработки. Предложенный подход может служить основой для создания новых методов контроля качества в молочной промышленности.

Материалы и методы

Образцы молока

В качестве образцов использовали коммерческое коровье молоко Самарской области. Каплю молока объемом около 20 мкл наносили на подогреваемую площадку НПВО (кристалл алмаза), высушивали при температуре 40°C, снимая спектры каждые 15 секунд. Образец сушили до полного высыхания, что занимало не менее 40 минут. Высыхание фиксировали с помощью встроенной камеры и по неизменности спектров.

Спектральные исследования

Эксперимент проводился на ИК-Фурье спектрометре ФТ-805 с приставкой НПВО с алмазным элементом с контроллером температуры (SIMEX, Новосибирск). Непосредственно перед каждым измерением регистрировали спектр воздуха как спектр сравнения (пустая площадка).

Метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) является перспективным методом анализа благодаря возможности использования оптоволоконных зондов [3]. По мере испарения воды в спектре проявляются сигналы всех основных компонентов.

Анализ данных

Спектры представляли в единицах поглощения и применяли для анализа компонентов метод разрешенных кривых (МРК). МРК – это метод разрешения, который применяется в различных областях, таких, как анализ гиперспектральных изображений [4, 5]. По мере испарения воды в спектре проявляются сигналы всех основных компонентов. Полученные данные были подвергнуты многомерному разрешению кривых, в результате чего получаются спектры чистых компонентов вместе с соответствующими им концентрационными профилями.

Анализ и обработка данных проводились с помощью программы PLS_Toolbox v 7.8 (Eigen-vector Research Inc., США) для Matlab R2022b (The Matworks, США).

Обсуждение результатов. На рис. 1 показаны спектры капли молока, высушенной на приставке НПВО при данной температуре и времени. Изменения в спектрах обусловлены высушиванием образца молока. В спектрах видны характерные полосы колебаний воды, молочного жира и лактозы [6]. В процессе высыхания капли происходит уменьшение интенсивности сигналов в области 3200-3500 см⁻¹. Одновременно растет группа сигналов в области 2800-3000 см⁻¹, относящаяся к валентным СН-колебаниям углеводородных остатков жира, которые присутствуют также в молекулах лактозы и белка, но преимущественно в СН₂-группах молекул жира. Молекула лактозы не имеет собственных отчетливых сигналов, не перекрывающихся с сигналами других компонентов молока.

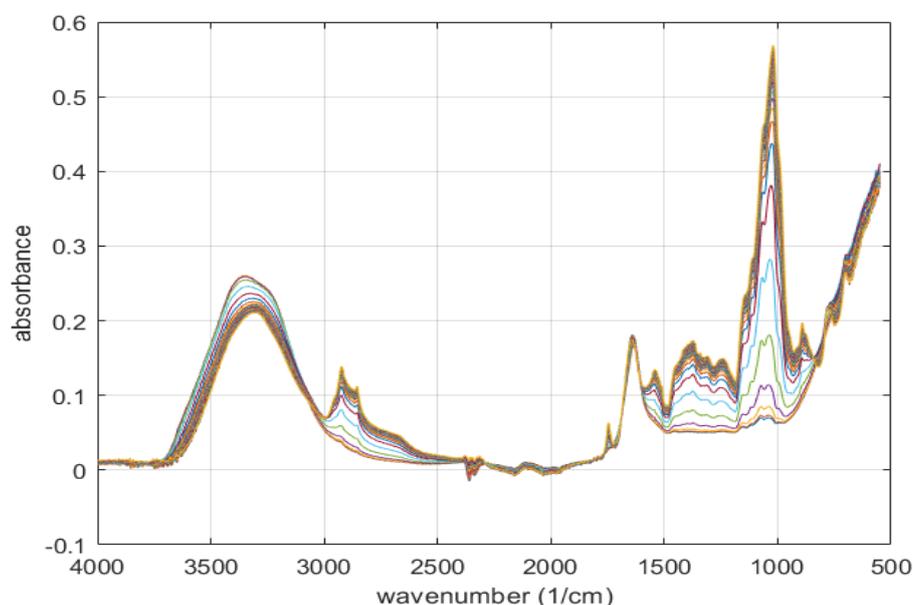


Рис. 1. ИК-спектр капли молока

Изменения сигналов компонентов в молочном спектре при высушивании капли имеют различную природу. Это создает дополнительную информацию, которая может быть использована при анализе данных. Применение метода МРК к данным, приведенным на рис. 1, дает три пары взаимодополняющих кривых: спектры жира, лактозы и воды (рис. 2а) и соответствующие им профили концентрации (рис. 2б).

Как видно из рис. 2а, полученные разрешенные спектры близки к известным спектрам компонентов. Основная трудность при разрешении спектров компонентов молока заключается в том, что в спектрах лактозы присутствуют сигналы, в значительной степени совпадающие с сигналами жира и воды. Полученные кинетические кривые подтверждают правильность полученных разрешенных спектров. Концентрация воды в процессе сушки ожидаемо падает, замедляясь к концу сушки. Кривая роста спектрального вклада жира антисимметрична уменьшению воды. Интересно, что в начале процесса коллоидные частицы – глобулы жира – практически не видны в спектрах, снятых методом НПВО, поскольку находятся на достаточно большом расстоянии от поверхности кристалла. В конце сушки жир концентрируется ближе к поверхности НПВО-элемента, и сигналы жира становятся основными в спектре

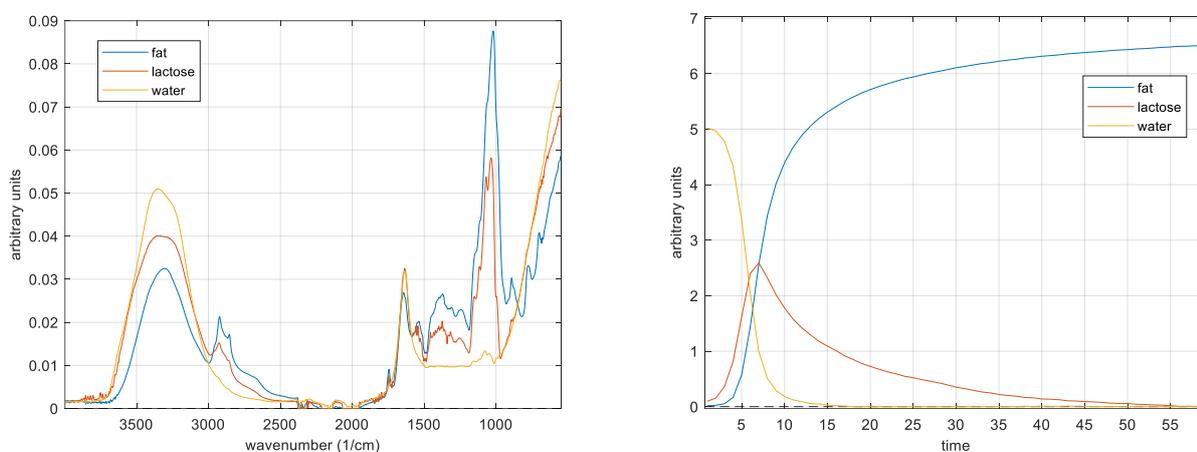


Рис. 2 Разрешенные (а)-спектры и (б)-концентрационные профили компонентов молока

Наблюдаемый спектральный сигнал лактозы при МРК -разрешении концентрации проходит через максимум. Это объясняется тем, что в процессе высушивания капли лактоза сначала концентрируется, а затем начинается ее кристаллизация, в результате которой кристаллы лактозы существенно вытесняются и маскируются жировой пленкой, образующейся на поверхности кристаллов в конце процесса.

В этом эксперименте не удалось выделить слабые сигналы белков. Возможно, они могут быть разрешены в ходе более детального исследования с использованием современных методов анализа данных, включая анализ объединенных данных образцов молока различного состава.

Выводы. Предложенный метод, дополненный хемометрическим анализом, может быть положен в основу новой методики качественного и количественного анализа молока и молочных продуктов. Представленные результаты предварительных исследований свидетельствуют о потенциальной возможности использования ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье для экспрессного, возможно, онлайн-определения компонентов нормализованного и сырого молока. Разрешение проблемы слабого спектра молочного белка является целью наших дальнейших исследований.

Список источников

1. Pereira C., Luiz L.C., Bell M.J.V., Anjos V. Near and mid infrared spectroscopy to assess milk products quality: A review of recent applications // J. Dairy Res. Technol. 2020, 3, 100014. doi: 10.24966/DRT-9315/100014.

2. Gorla G., Mestres M., Boque R., Riu J., Spanu D., Giussani B. ATR-MIR spectroscopy to predict commercial milk major components: A comparison between a handheld and a benchtop instrument // *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 2020, 200, 103995. doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103995.
3. Melling J. M., and M. Thompson. Fiber-optic probes for midinfrared spectrometry. // In *Handbook of Vibrational Spectroscopy*; Chalmer, J.M., Griffiths, P.R., Eds.; John Wiley & Sons: Chichester, UK, 2002. Available online: http://www.remspec.com/pdfs/2703_o.pdf (accessed on 15 July 2004).
4. Piqueras S., Duponchel L., Tauler R., de Juan A. Resolution and segmentation of hyperspectral biomedical images by Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares // *Anal. Chim. Acta* 2011, 705, 182–192. doi.org/10.1016/j.aca.2011.05.020
5. Kucheryavskiy S., Windig W., Bogomolov A. Spectral unmixing using the concept of pure variables // In *Data Handling in Science and Technology*, V. 30. Resolving Spectral Mixtures; Ruckebusch, C., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016; pp. 53–99. doi.org/10.1016/B978-0-444-63638-6.00003-6.
6. Da Costa Filho, P.A., Chen Y., Cavin C., Galluzzo R. Mid-infrared spectroscopy: Screening method for analysis of food adulterants in reconstituted skimmed milk powder // *Food Control* 2022, 136, 108884. doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108884.

References

1. Pereira, C., Luiz, L. C., Bell, M.J. V., Anjos, V. (2020). Near and mid infrared spectroscopy to assess milk products quality: A review of recent applications. *J. Dairy Res. Technol.*, 3, 100014. doi:10.24966/DRT-9315/100014.
2. Gorla, G., Mestres, M., Boque, R., Riu, J., Spanu, D., Giussani, B. (2020). ATR-MIR spectroscopy to predict commercial milk major components: A comparison between a handheld and a benchtop instrument. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 200, 103995. doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103995.
3. Melling, J. M., and M. Thompson. (2002) Fiber-optic probes for midinfrared spectrometry. In *Handbook of Vibrational Spectroscopy*; Chalmer, J.M., Griffiths, P.R., Eds.; John Wiley & Sons: Chichester, UK, 2002. Available online: http://www.remspec.com/pdfs/2703_o.pdf (accessed on 15 July 2004)..
4. Piqueras, S.; Duponchel, L.; Tauler, R.; de Juan, A. (2011). Resolution and segmentation of hyperspectral biomedical images by Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares. *Anal. Chim. Acta*, 705, 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.05.020>.
5. Kucheryavskiy, S.; Windig, W.; Bogomolov, A. (2016). Spectral unmixing using the concept of pure variables. In *Data Handling in Science and Technology*, V. 30. Resolving Spectral Mixtures; Ruckebusch, C., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. pp. 53–99. doi.org/10.1016/B978-0-444-63638-6.00003-6.
6. Da Costa Filho, P.A.; Chen, Y.; Cavin, C.; Galluzzo, R. (2022). Mid-infrared spectroscopy: Screening method for analysis of food adulterants in reconstituted skimmed milk powder. *Food Control*, 136, 108884. doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108884.

Информация об авторах

А. Ю. Богомолов – доктор химических наук, доцент;
Ю. А. Костюченко – аспирант.

Information about the authors

A. Yu. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, associate professor;
J. Yu. Kostyuchenko – postgraduate student.

Вклад авторов:

А. Ю. Богомолов – научное руководство;
Ю. А. Костюченко – написание статьи.

Contribution of the authors:

A. Yu. Bogomolov – scientific management;
J. Yu. Kostyuchenko – writing article.

Тип статьи: обзорная
УДК 54.061

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА И СВОЙСТВ ВОДЫ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ЕЕ ПРИГОДНОСТЬ ДЛЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Сергей Юрьевич Малышев¹, Артемий Леонидович Удальцов²,
Лариса Вячеславовна Запрометова³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, Самара, Россия

¹ malishev-su@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0003-6489-1965>

² artem.udaltsoff@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0002-5661-7379>

³ larisochk@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7798-5870>

В представленной работе приводятся результаты экспериментов по определению предельно-допустимых концентраций железа, кислотности, а также карбонатной и общей жесткости воды.

Ключевые слова: жесткость воды, кислотность, содержание железа.

Для цитирования: Малышев С. Ю., Удальцов А. Л., Запрометова Л. В. Характеристика состава и свойств воды как фактор, определяющий ее пригодность для водопользования // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 56-61.

CHARACTERIZATION OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF WATER AS A FACTOR DETERMINING ITS SUITABILITY FOR WATER USE

Sergey Yurievich Malyshev¹, Artemy Leonidovich Udaltsov²,
Larisa Vyacheslavovna Zaprometova³

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Samara, Russia

¹ malishev-su@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0003-6489-1965>

² artem.udaltsoff@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0002-5661-7379>

³ larisochk@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7798-5870>

The presented work presents the results of experiments to determine the maximum permissible concentrations of iron, acidity, as well as carbonate and total hardness of water.

Keywords: water hardness, acidity, iron content.

For citation: Malyshev, S. Y., Udaltsov, A. L., Zaprometova, L. V. (2024). Characteristics of the composition and properties of water as a factor determining its suitability for water use. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 56-61. (in Russ.).

Вода является одним из основных компонентов жизни на Земле, занимающего важную роль в поддержании здоровья человека, животных и растений. Однако химический состав воды может значительно влиять на ее пригодность для питьевого, хозяйственно-бытового, а также технического использования. Это определяет качество воды, которое представляет характеристику состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования. В частности, содержание различных элементов, таких как железо, может оказывать существенное воздействие на водные системы и использование воды в различных

сферах. Кроме того, активная реакция (рН) воды и ее жесткость также не менее важные параметры, что делает их объектом многочисленных экспериментов [1, 2].

Определение и контроль содержания железа, активной реакции и жесткости воды являются ключевыми задачами для обеспечения качества питьевой воды и поддержания работоспособности водопроводных систем. Поэтому изучение методов определения этих параметров и их сравнение с установленными нормами являются актуальной и важной задачей, определившее направление данной работы.

Цель исследования заключается в изучении основных требований к качеству воды, а также в определении основных показателей качества водопроводной воды.

Гипотеза состоит в том, что содержание железа, активная реакция (рН) и жесткость воды в водопроводных системах г. Нефтегорска не превышают предельно допустимых значений. Для проверки этой гипотезы были выделены следующие задачи: изучение требований к качеству воды, отбор проб воды в различных микрорайонах города Нефтегорска и Нефтегорского района, исследование показателей качества и ознакомление с аналитическими методами их определения.

Водные растворы могут изменять свою кислотность или щелочность, что измеряется параметром рН, отражающим концентрацию водородных ионов. Если значение рН ниже 7, то показывает – кислую среду водного раствора, а если больше 7 – на щелочную. Жесткость воды определяет содержание кальция и магния, что может привести к образованию накипи и влиять на эффективность моющих средств. Воду с общей жесткостью до 3,5 мг-экв/л называют мягкой, 3,5-7 – средней жесткости, 7-10 – жесткой, свыше 10-ти – очень жесткой [2, 3, 4]. Также важно содержание железа, которое может вызывать неприятный привкус и проблемы со здоровьем при употреблении воды [5].

Пробы воды были отобраны из водопроводов микрорайонов г. Нефтегорска, а также из природного источника, расположенного в с. Утевка Нефтегорского района. Родниковая вода из данного источника пользуется популярностью у жителей г. Нефтегорска, с. Утевки и близлежащих населенных пунктов. Отбор проб вод производился в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51593-2000. Исследование включало измерения рН воды, ее жесткости и содержания железа в образцах из разных источников. Метод потенциометрического измерения рН был использован в соответствии с ГОСТ 34774-2021. Образцы воды, в процессе экспериментов, были собраны в пластиковые флаконы и для предотвращения возможных изменений значений рН заполнялись до краёв, чтобы исключить снижение этого параметра за счет растворения углекислого газа из оставшегося в сосуде воздуха.

Для определения общей жесткости воды был использован метод, базирующийся на образовании прочных хелатных комплексов трилона Б (комплексона III) с катионами большинства щелочноземельных металлов. Титрование выполнено с применением раствора трилона Б в аммонийно-аммиачном буферном растворе при рН = 10 и с применением индикатора хромогена черного. Раствор трилона Б 0,05 н готовили из стандартного титра.

Во время реакции связывается кальций, который формирует более прочный комплекс с трилоном Б, а затем магний. Конечная точка титрования определялась по изменению окраски индикатора хромогена черного от винно-красной до синий.

Общая жесткость воды определяется концентрацией кальциевых и магниевых ионов в воде, которые являются основными источниками жесткости. Карбонатная жесткость, в свою очередь, определяется содержанием карбонатных и гидрокарбонатных ионов в воде, которые также вносят значительный вклад в общую жесткость. Для определения карбонатной жесткости использовали ацидометрическое титрование рабочим раствором соляной кислоты. Значение молярной концентрации эквивалента HCl определяли с использованием стандартного раствора тетрабората натрия (буры). Результаты определения рН, общей и карбонатной жесткости приведены в таблице 1.

Результаты измерений показателей качества питьевой воды

№	Образец воды	Значение рН	Карбонатная жесткость, ммоль/л	Общая жесткость, ммоль/л
1	Водопроводная микрорайон (А)	8,5	4,20	5,56
2	Водопроводная микрорайон (Б)	8,6	4,05	5,40
3	Водопроводная микрорайон (В)	8,4	4,10	5,14
4	Водопроводная микрорайон (Г)	8,5	4,30	5,72
5	Водопроводная микрорайон (Д)	8,4	4,16	5,52
6	Родниковая (с. Утевка)	8,2	3,82	4,91

Из данных таблицы 1 видно, значение рН исследуемых проб воды находилось в пределах от 8,2 ... 8,6, что соответствует нормативам ПДК – в пределах 6-9. При этом значение рН родниковой воды из села Утевка оказалось наименьшим.

Значение общей жесткости образцов исследуемой воды находился в пределах от 4,91 до 5,72 ммоль/л, что соответствует категории среднежесткой и также входит в пределы ПДК. В соответствии с санитарными нормами, оптимальный уровень общей жесткости воды для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд составляет от 2 до 7 ммоль/л. Карбонатная (временная) жесткость воды может быть снижена или полностью устранена в процессе кипячения воды. При этом уменьшение общей жесткости исследуемых образцов составит от 74 до 78%.

Высокое содержание железа в воде может вызвать технические проблемы при водоснабжении для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд. При значении содержания железа выше 1 мг/л, вода может приобретать мутный оттенок и характерный металлический привкус, что делает ее не пригодной для употребления как в питьевых целях, так и для технического использования [5,6].

Нормативы органолептических признаков содержания железа в воде обычно установлены на уровне 0,3 мг/л, в соответствии с нормами Европейского союза, даже на 0,2 мг/л [7]. Параметры вредности для здоровья в данном случае не установлены, однако высокое содержание железа в воде может оказывать негативное воздействие на организм человека.

Для проведения фотоэлектроколориметрического анализа (ГОСТ 4011-72), раствор, содержащий железо, подвергается воздействию света определенной длины волны, а затем измеряется его поглощение. Данный метод основан на том, что окрашенные вещества имеют специфическую зависимость поглощения света от их концентрации в растворе. Поэтому, фотоэлектроколориметрия позволяет точно определить содержание железа в воде. При использовании прибора КФК-2 с длиной волны света 460 нм и заданной толщиной кюветы, можно детектировать образование окрашенного иона при взаимодействии Fe^{3+} с сульфосалициловой кислотой. В кислой среде Fe^{3+} образует желтый раствор, что позволяет определить концентрацию железа в воде.

Для определения массовой концентрации общего железа была построена шкала стандартных растворов с известной концентрацией железа. После измерения оптической плотности всех стандартных растворов и построения градуировочного графика (рис.1), определили содержание общего железа C_{Fe} в анализируемой воде по формуле:

$$C_{Fe} = \frac{C_{\text{график}} \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{пробы}}}, \text{ где}$$

$C_{\text{график}}$ – концентрация железа, определенная по градуировочному графику, мг/л; $V_{\text{к}}$ – объем колбы (объем разбавления пробы), мл; $V_{\text{пробы}}$ – объем анализируемой воды, мл.

В результате получили данные о содержании общего железа в пробе, что отражено на рисунке 2.

Массовая концентрация железа в исследуемой воде находилась в пределах от 0,15 до 0,35 мг/л. Наименьшим значением характеризуется родниковая вода из села Утевка. В водопроводной воде микрорайонов А, Б, В, Г содержание железа находилось в пределах

допустимого (0,3 мг/л), а исследуемый показатель для водопроводной воды из микрорайона Д превышал предельно допустимую концентрацию на 16 %. Максимальное значение этого параметра наблюдается в воде микрорайона Д, а наименьшее в микрорайоне А.

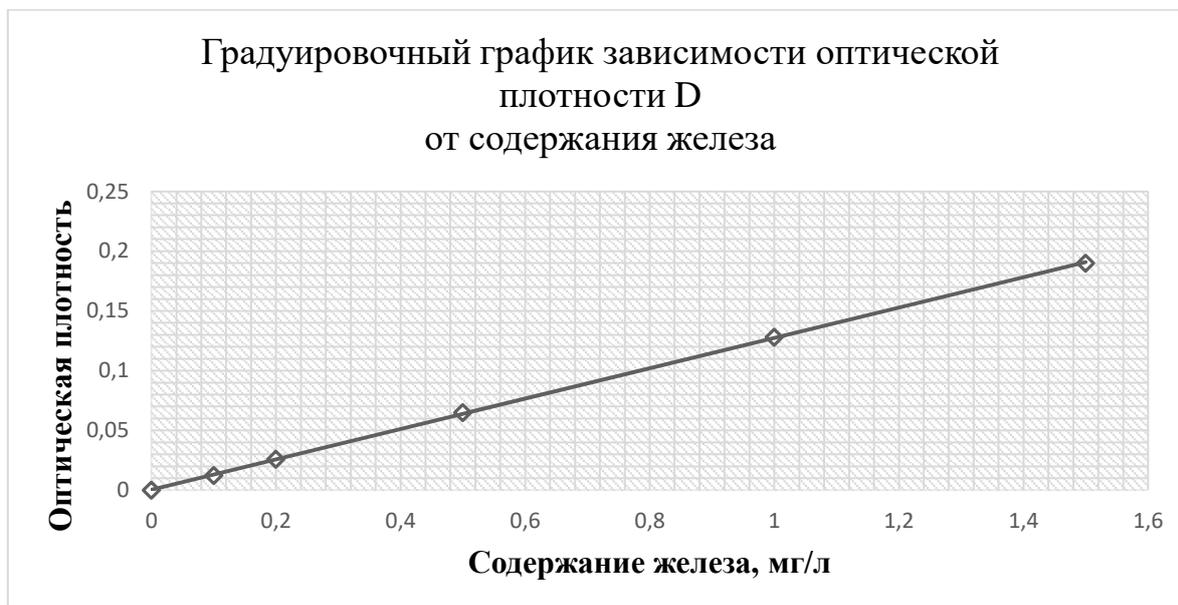


Рис. 1 Градуировочный график для определения железа

Родниковая вода из с. Утевка по содержанию железа входит в пределы допустимых концентраций.

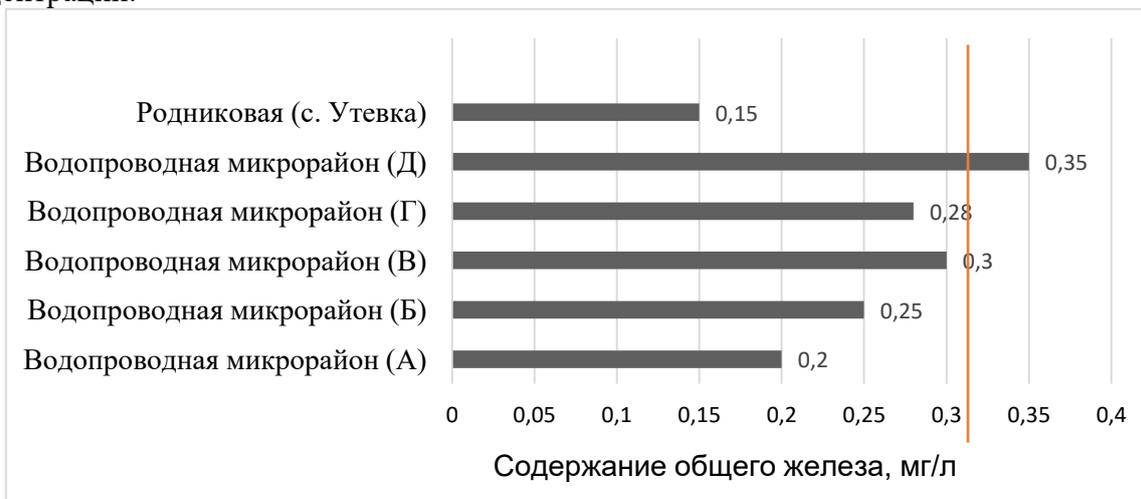


Рис. 2 Определение концентрации железа в исследуемой воде

На основе проведенных экспериментов и полученных данных, можно сформулировать следующие выводы:

1. Исследуемая вода по значению рН соответствует оптимальным нормам СанПиНа.
2. По значению общей жесткости исследуемую воду микрорайонов г. Нефтегорска Самарской области и воду из родника с. Утевка можно отнести к категории средней жесткости, при этом на карбонатную составляющую приходится от 75 до 78 % от общей.
3. Массовая концентрация общего железа в исследуемой воде не превышало значение ПДК и соответствовало требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды в пробах воды большинства микрорайонов г. Нефтегорска и природного источника с. Утевки. Данный показатель для водопроводной воды из микрорайона Д превышал предельно допустимую концентрацию на 16 %.

Таким образом, в ходе работы были изучены требования, предъявляемые к качеству воды и основные аналитические методы определения некоторых показателей качества, такие как рН, жесткость, массовая концентрация железа в воде; проведены исследования перечисленных показателей качества водопроводной воды в различных микрорайонах г. Нефтегорска и природного источника с. Утевки Нефтегорского района Самарской области.

Список источников

1. Зайцева Н. В., Сбоев А. С., Клейн С. В., Вековшинина С. А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. №2. С. 44-55.
2. Токтабаева З. К., Сергазина С. М., Нурмуханбетова Н. Н., Фахруденова И. Б. Сравнительный анализ питьевой воды г. Кокшетау Акмолинской области // МНИЖ. 2021. №12-1 (114). С. 189-192.
3. Саурбаева А. И. Питьевая вода в сфере окружающей среды // Вестник науки. 2023. №2 (59). С. 302-304.
4. Кузьминых А. Н. Влияние жесткости воды на её питьевые качества и свойства // Вклад молодых ученых в аграрную науку: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. С. 637-640.
5. Туйчиева М. Показатели качества воды // Мировая наука. 2018. №5 (14). С. 388-391.
6. Костоева А. И., Эльдиева З. Б., Темирханов Б. А. Фотометрическое определение общего железа в родниковой воде «Сув-Хяст» // Вестник науки. 2018. №9 (9). С. 226-229.
7. Скородед О. А. Ерофеева А. А., Шпиякин Д. В. Определение содержания ионов железа в водах Тюменской области методом титрования // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 3-8. С. 1218–1220.

References

1. Zajceva N. V., Sboev A. S., Klejn S. V., & Vekovshinina S. A. (2019). Drinking water quality: risk factors for public health and the effectiveness of control and supervisory activities of Rospotrebnadzor. *Analiz riska zdorov'yu* (Health Risk Analysis), (2), 44-55. (in Russ.).
2. Toktabaeva, Z. K., Sergazina, S. M., Nurmukhanbetova, N. N., & Fakhrudanova, I. B. (2021). Comparative analysis of drinking water in Kokshetau Akmolinsk region. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* (International Scientific Research Journal), (12-1 (114)), 189-192 (in Russ.).
3. Saurbaeva, A. I. (2023). Drinking water in the environmental sector. *Vestnik nauki* (Bulletin of Science), 4 (2 (59)), 302-304 (in Russ.).
4. Kuz'minyh, A. N. (2021). Vliyanie zhestko-sti vody na eyo pit'evye kachestva i svojstva. Contribution of young scientists to agricultural science: *collection of scientific papers*. (pp. 637-640). Kinel' (in Russ.).
5. Tujchieva, M. (2018). Water quality indicators. *Mirovaya nauka* (World science), (5 (14)), 388-391 (in Russ.).
6. Kostoeva, A. I., Ehl'dieva, Z.B., & Temirkhanov, B.A. (2018). Photometric determination of total iron in Suv-Khast spring water. *Vestnik nauki* (Bulletin of Science), 2 (9 (9)), 226-229 (in Russ.).
7. Skoroded, O. A. Erofeeva, A. A., Shpiyakin, & D. V. (2018). Determination of the content of iron ions in the waters of the Tyumen region by titration method. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik* (International student scientific newsletter), 3-8, 1218–1220 (in Russ.).

Информация об авторах

С. Ю. Малышев – студент;
А. Л. Удальцов – студент;
Л. В. Запрометова – старший преподаватель.

Information about the authors

S. Y. Malyshev – student;
A. L. Udaltsov – student;
L. V. Zaprometova – Senior Lecturer.

Вклад авторов:

С. Ю. Малышев – написание статьи;
А. Л. Удальцов – написание статьи;
Л. В. Запрометова – написание статьи, научное руководство.

Contribution of the authors:

S. Y. Malyshev – writing articles;
A. L. Udaltsov – writing articles;
L. V. Zaprometova – writing articles, scientific management.

Тип статьи: научная

УДК 543.052

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОБУЧАЮЩЕГО НАБОРА ОБРАЗЦОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ГРАДУИРОВОЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Александр Сергеевич Мананков¹, Андрей Юрьевич Богомолов²

^{1,2} Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹ s90w23.14@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-5428-4258>

² c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

Произведен анализ критериев оценки обучающего набора образцов для построения градуировочных моделей по спектральным данным двухкомпонентной смеси веществ. Даны основные численные критерии качества такого набора, показано их взаимное влияние на модель.

Ключевые слова: планирование эксперимента, градуировка, регрессионная модель, обучающий набор, оптимизация эксперимента.

Для цитирования: Мананков А. С., Богомолов А. Ю. Критерии оценки обучающего набора образцов при планировании многокомпонентного градуировочного эксперимента // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 61-64.

CRITERIA FOR EVALUATING A TRAINING SET OF SAMPLES WHEN PLANNING A MULTICOMPONENT CALIBRATION EXPERIMENT

Alexander S. Manankov¹, Andrey Yu. Bogomolov²

^{1,2} Samara State Technical University, Samara, Russia

¹ s90w23.14@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-5428-4258>

² c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

The evaluation criteria of the training set of samples for the construction of calibration models based on spectral data of a two-component mixture of substances have been analyzed. The main numerical criteria for the quality of such a set are given and their mutual influence on the model is shown.

Keywords: design of experiment, calibration, regression model, training set, experiment optimization.

For citation: Manankov, A.S., Bogomolov, A.Yu. (2024). Criteria for evaluating a training set of samples when planning a multicomponent calibration experiment. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 61-64. (in Russ.).

В химическом спектральном анализе часто исследуются сложные образцы, состоящие из 2 и более компонент. На основании спектральных данных строится модель, с помощью которой можно количественно определять концентрации веществ. Модель строится на основании некоторой обучающей выборки (набора).

Для создания градуировочного набора образцов нужны четкие критерии для его оценки. Критерии оценки качества обучающего и тестового наборов для создания многокомпонентных градуировочных моделей на спектральных данных были сформулированы ранее [1]. До этого принимали во внимание, как правило, только отсутствие корреляции между концентрациями компонентов. Однако, этого явно недостаточно, и в работе А. Богомолова [3] была показана важность еще двух параметров: полноты и равномерности заполнения пространства эксперимента (ПЭ). Под ПЭ понимается квадрат, куб или гиперкуб, образованный концентрациями компонентов (факторами) и ограничивающий их диапазоны. Набор образцов, таким образом, представляется координатами точек в ПЭ. Вручную выбрать оптимальный обучающий набор градуировочных образцов трудно даже для двух анализируемых компонентов, тем более для трех и более факторов. Для этого используют специальные алгоритмы.

Для оценки качества обучающих наборов и их сравнения между собой требуются численные критерии. Наиболее неоднозначным является критерий равномерности заполнения ПЭ. В качестве такого критерия исследователи применяли функцию размаха [3], функцию несоответствия [5] и критерий равномерности по Д. Кирсанову [4]. В настоящей работе была выбрана функция размаха из-за удобства ее использования при градуировке. Из работы Р. Лерарди [2] можно условно выделить следующие диапазоны значений функции размаха и связать их с качеством набора образцов следующим образом: 0.0-0.2 – хорошее; 0.2-0.4 – среднее; 0.4-1.0 – плохое; >1.0 – недопустимое.

Полнота заполнения ПЭ для двух факторов определяется как отношение площади выпуклого многоугольника (многогранника), занимаемого всеми точками набора, к площади самого ПЭ [3]. При значении параметра равным единице, можем считать, что по данному критерию пространство полностью заполнено.

Целью исследования было проверить необходимость всех трех вышеуказанных критериев для оценки качества набора образцов, а также исследовать их взаимосвязь. Для этого использовали простые графические построения с минимальным набором образцов.

На рис. 1 представлены схемы экспериментальных дизайнов для двух факторов с различным числом образцов (точек) от 3 до 8.

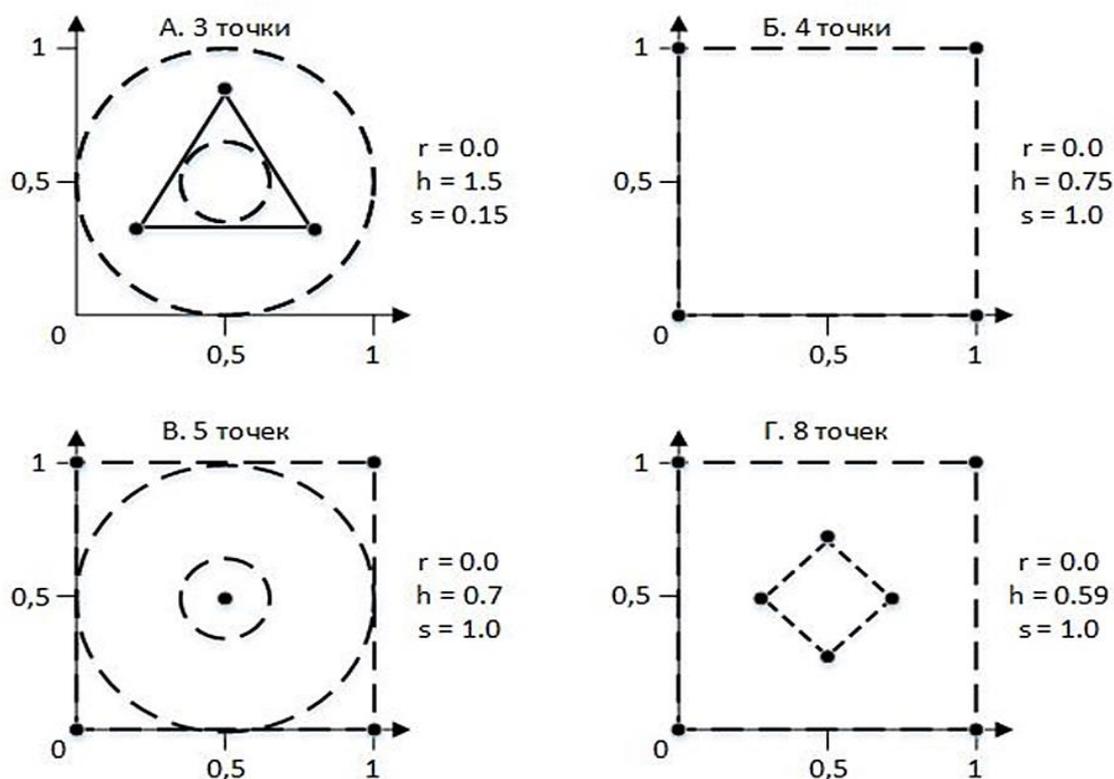


Рис. 1 Расчет критериев равномерности заполнения ПЭ для двух факторов

Расчёт критериев для наборов на рис. 1 показал, что любого критерия в отдельности недостаточно для оценки качества обучающего набора. Пример на рис. 1 Б показывает, что отсутствие корреляции и полное заполнение ПЭ не гарантирует качества набора образцов (значение функции размаха остается слишком высоким. С увеличением числа точек значение h улучшается (рис. 1), и приближается к допустимому. Для его дальнейшего улучшения можно либо перераспределить точки в схеме на рис. 1 Г, либо увеличить их число.

Пользоваться сразу тремя рассмотренными критериями для оптимизации набора образцов проблематично. Поэтому в дальнейшем необходимо разработать суммарный показатель качества обучающего набора, объединяющего (с определёнными весами) все три критерия в один.

Список источников

1. Eriksson L., Johansson E., Kettaneh-Wold N., Wikstrom C., Wold S. Design of Experiments: Principles and Applications // Umeå: Umetrics AB. 2008. P. 150-152, 231-239, 257-278.
2. Leardi R. Experimental design in chemistry: a tutorial // Anal. Chim. Acta. 2009. Vol. 652, P. 161-172.
3. Bogomolov A. Diagonal designs for a multi-component calibration experiment // Analytica Chimica Acta. 2017. Vol. 951, P. 46-57.
4. Kirsanov D., Panchuk V., Agafonova-Moroz M., Khaydukova M., Lumpov A., Semenova V., Legin A. A sample-effective calibration design for multiple components // The Analyst. 2014. doi: 10.1039/c4an00227j.
5. Liang Y.Z., Fang K.T., Xu Q.S. Uniform design and its applications in chemistry and chemical engineering, Chemom // Intell. Lab. Syst. 2001. Vol. 58, P. 43-57.
6. Ureel Y., Dobbelaere M. R., Ouyang Yi., De Ras K., Sabbe M. K., Marin G. B, Van Geem., K. M. Active Machine Learning for Chemical Engineers: A Bright Future Lies Ahead // Engineering 2023. doi: 10.1016/j.eng.2023.02.019.

References

1. Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Wikstrom, C., Wold, S. (2008). Design of Experiments: Principles and Applications. *Umeå: Umetrics AB*, 150-152, 231-239, 257-278.
2. Leardi, R. (2009). Experimental design in chemistry: a tutorial. *Anal. Chim. Acta*, 652, 161-172.
3. Bogomolov, A. (2017). Diagonal designs for a multi-component calibration experiment. *Analytica Chimica Acta*, 951, 46-57.
4. Kirsanov, D., Panchuk, V., Agafonova-Moroz, M., Khaydukova, M., Lumpov, A., Semenova, V., Legin, A. (2014). A sample-effective calibration design for multiple components. *The Analyst*. doi: 10.1039/c4an00227j.
5. Liang, Y. Z., Fang, K. T., Xu, Q.S. (2001). Uniform design and its applications in chemistry and chemical engineering, *Chemom. Intell. Lab. Syst*, 58, 43-57.
6. Ureel, Y., Dobbelaere, M. R., Ouyang, Yi., Ras, K. De, Sabbe, M. K., Marin G. B., Van Geem K. M. (2023). Active Machine Learning for Chemical Engineers: A Bright Future Lies Ahead. *Engineering*. doi: 10.1016/j.eng.2023.02.019.

Информация об авторах

А. Ю. Богомолов – доктор химических наук, доцент;
А. С. Мананков – аспирант.

Information about the authors

A. Yu. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, associate professor;
A. S. Manankov – postgraduate student.

Вклад авторов:

А. Ю. Богомолов – научное руководство;
А. С. Мананков – написание статьи.

Contribution of the authors:

A. Yu. Bogomolov – scientific management;
A. S. Manankov – writing article.

Научная статья

УДК 543.421/422

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИМУЛЯЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Егор Дмитриевич Набоков¹, Андрей Юрьевич Богомолов²

^{1,2}Самарский государственный технический университет, Самара

¹e.nabokov99@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-3462-9732>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

Многие задачи современной аналитической химии могут быть решены с использованием синтетических данных, то есть без эксперимента с реальными образцами. В настоящей

работе представлено программное обеспечение для компьютерной симуляции оптических спектральных данных для расчетных экспериментов с отдельными веществами и смесями.

Ключевые слова: аналитическая химия, спектроскопия, ИК-спектр, компьютерная симуляция.

Для цитирования: Набоков Е. Д., Богомолов А. Ю. Компьютерная симуляция оптических спектральных данных для расчетных экспериментов в аналитической химии // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 64-68.

COMPUTER SIMULATION OF OPTICAL SPECTRAL DATA FOR COMPUTATIONAL EXPERIMENTS IN ANALYTICAL CHEMISTRY

¹Nabokov Egor Dmitrievi, ²Bogomolov Andrey Yurievich

^{1,2}Samara State Technical University, Samara

¹e.nabokov99@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-3462-9732>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

Many problems in modern analytical chemistry can be solved using synthetic data, that is, without experimenting with real samples. This paper presents software for computer simulation of optical spectral data for computational experiments with individual substances and mixtures.

Keywords: analytical chemistry, spectroscopy, IR spectrum, computer simulation.

For citation: Nabokov, E. D., Bogomolov, A. Yu. (2024). Computer simulation of optical spectral data for computational experiments in analytical Chemistry. *Putokhin readings: collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 64-68. (in Russ.).

В современной аналитической химии огромную роль в анализе сложных химических соединений и смесей играет спектроскопия. Высокая специфичность оптической спектроскопии объясняется тем, что каждое вещество обладает своими спектральными свойствами, отличными от характеристик других веществ. Однако, построение хорошей модели, которая будет иметь достаточную степень точности при наименьших затратах весьма не тривиально. Ведь редко, когда в условиях отличных от базовых простых исследований, химические смеси ограничиваются двумя веществами в составе. Чаще всего это многокомпонентные сложные смеси, анализ которых отнимает время и ресурсов.

Чтобы построить хорошую модель, необходимо еще и на этапе планирования эксперимента решить: как минимальным числом образцов достичь максимального результата. Задача не из простых, особенно ввиду того, что финансовые затраты на получение образцов и их анализ могут превышать экономические возможности исследовательской группы. Многие задачи современной аналитической спектроскопии могут быть решены с использованием синтетических спектральных данных, то есть без эксперимента с реальными образцами. Например, при планировании эксперимента могут использоваться искусственные данные смесей для сравнения различных схем [1].

Одной из задач, связанных с проведением расчетных экспериментов в оптической спектроскопии, является разработка программного обеспечения (ПО) для компьютерной симуляции оптических спектральных данных. Такое ПО позволит не только создавать правдоподоб-

ные спектры веществ и смесей, но и вносить в них различные помехи, такие как шум, нелинейность, базовая линия, и другие факторы, характерные для реальных данных. Причем, в отличие от экспериментальных данных, эти факторы являются управляемыми, что может быть важно для изучения их влияния на данные и модели. Использование расчетных экспериментов может существенно снизить затраты на исследования в химическом анализе и других научных областях.

В настоящей работе разрабатывается ПО для создания искусственных спектральных данных. В качестве основного метода анализа выбрана спектроскопия в средней инфракрасной (ИК) области. ИК-спектроскопия основана на получении спектров колебательных переходов молекул газов, жидкостей и твердых тел путем измерения электромагнитного излучения в области $4000-400\text{ см}^{-1}$, прошедшего через образец или отразившегося. ПО реализовано на базе прикладного программного комплекса MATLAB.

Расчетная часть ПО основана на функции построения спектра, основными параметрами которой являются: координаты вершин пиков спектра (кН), ширина пиков на половинной высоте (кС) и коэффициент интенсивности спектра (кА).

Параметры желаемого спектра могут быть заданы как вручную, так и случайным образом (рис. 1). Используемые спектральные параметры могут быть сохранены во внутренней базе данных, которую можно будет в дальнейшем использовать в новых расчетных экспериментах.

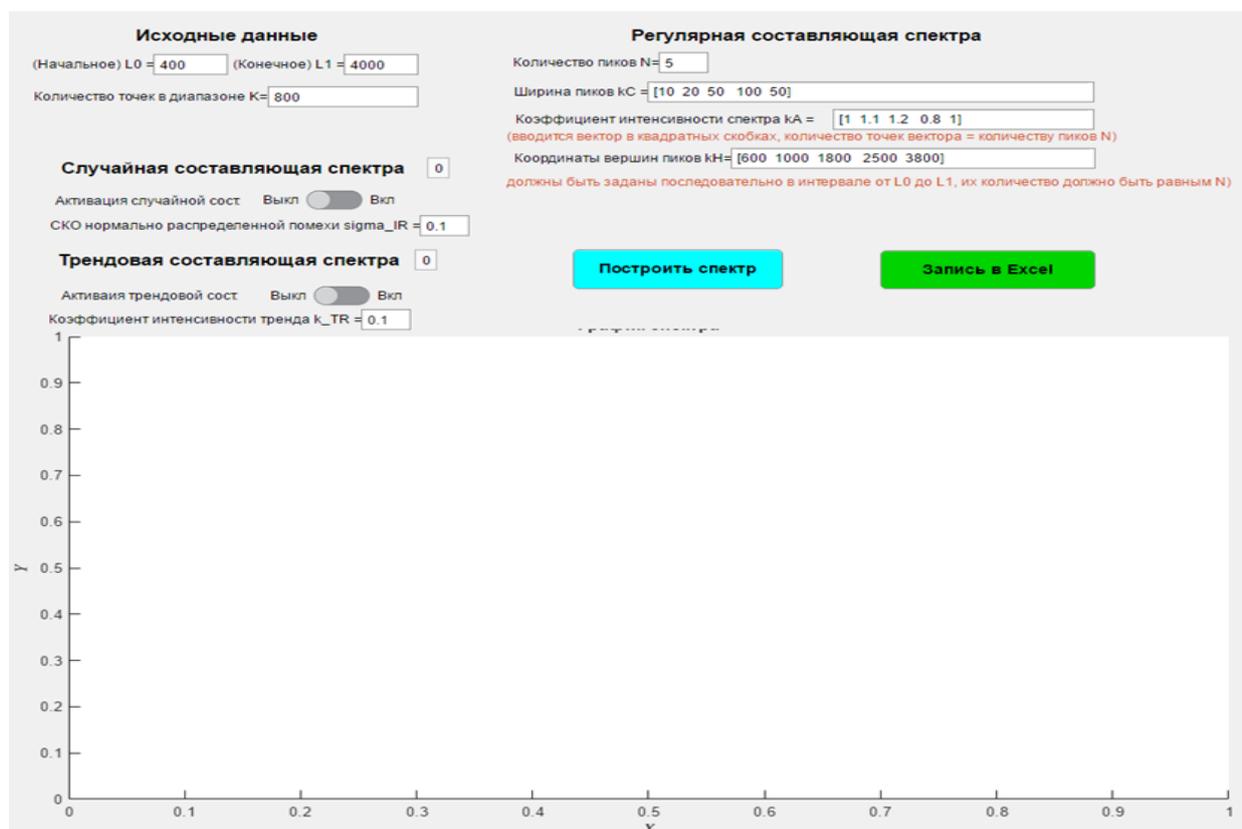


Рис. 1 Интерфейс программы для симуляции ИК-спектров

На рис. 2, к примеру, при задании диапазона волновых чисел от 400 до 4000 мы можем получить следующие графики спектров при разном заданном количестве пиков N:

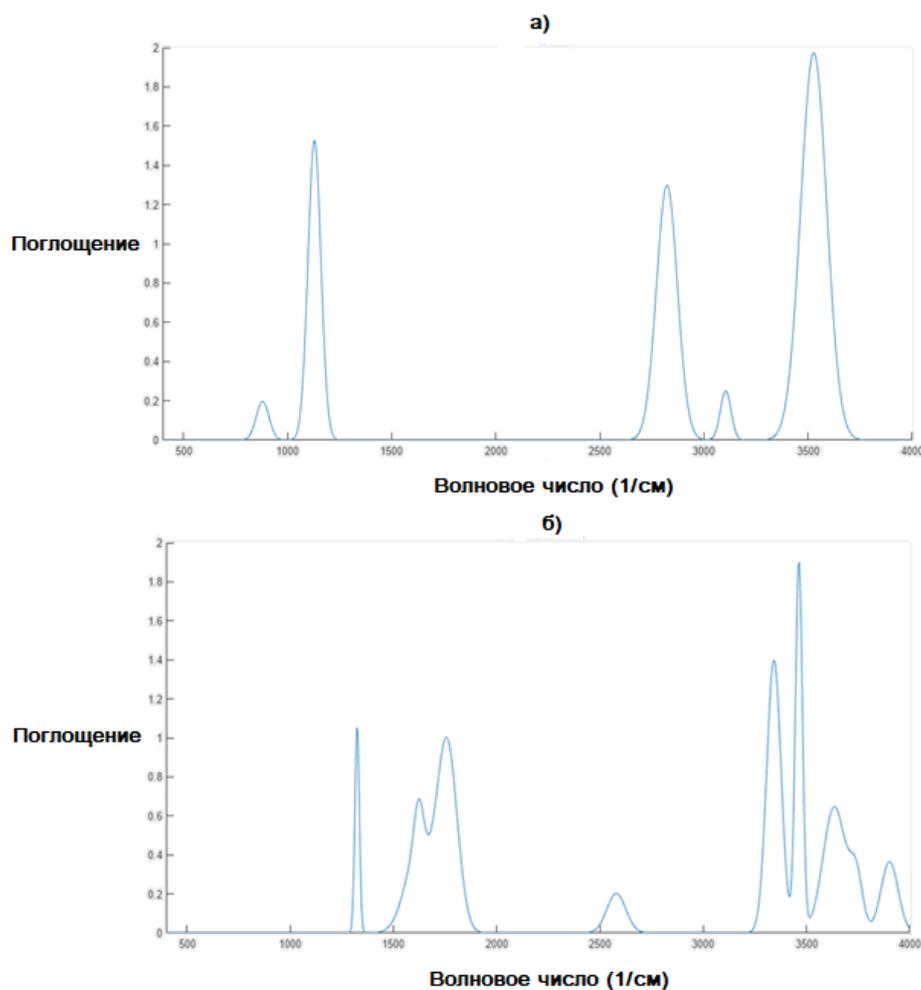


Рис. 2 Искусственный ИК-спектр со случайно выбранными параметрами
(а) – для 5 пиков, и (б) – для 15 пиков

В дальнейшем, функции ПО планируется расширить для генерации спектральных данных в ультрафиолетовой (УФ) и видимой области, в области ближнего ИК-излучения, а также для данных других спектральных и неспектральных методов анализа, например, хроматографических. Так, при разработке алгоритма взаимного отнесения пиков в высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с диодно-матричным УФ-детектором использовались искусственные хроматографические данные [2]. Разрабатываемое ПО сможет генерировать подобные данные после некоторой адаптации алгоритмов и интерфейса, что запланировано в будущем. Разрабатываемое ПО планируется реализовать в виде отдельного приложения, не требующего среды Матлаб.

Реализация данного вспомогательного инструмента для генерации ИК-спектров и других сходных инструментальных данных может значительно ускорить работу, связанную с разработкой и оптимизацией методов анализа сложных смесей. Более того, синтетические данные уже используются для разработки новых анализаторов, в частности, оптических мультисенсорных систем [3]. В целом компьютерный эксперимент с использованием синтетических данных можно считать одним из перспективных направлений развития современной аналитической химии.

Список источников

1. Andrey Bogomolov. Diagonal designs for a multi-component calibration experiment // Analytica Chimica Acta 951 (2017) 46-57.

2. Andrey Bogomolov, Michael McBrien. Mutual peak matching in a series of HPLC–DAD mixture analyses // *Analytica Chimica Acta* 490 (2003) 41-58.
3. Andrey Bogomolov, Alexandra Evseeva, Egor Ignatiev, Vladislav Korneev. New approaches to data processing and analysis in optical sensing // *Trends in Analytical Chemistry* 160 (2023) 116950.

References

1. Andrey Bogomolov. (2017) Diagonal designs for a multi-component calibration experiment. *Analytica Chimica Acta*, 951, 46-57.
2. Andrey Bogomolov, Michael McBrien. (2003) Mutual peak matching in a series of HPLC–DAD mixture analyses. *Analytica Chimica Acta*, 490, 41-58.
3. Andrey Bogomolov, Alexandra Evseeva, Egor Ignatiev, Vladislav Korneev. (2023) New approaches to data processing and analysis in optical sensing. *Trends in Analytical Chemistry*, 160 116950.

Информация об авторах

А. Ю. Богомолов – доктор химических наук, заведующий кафедрой «Аналитическая и физическая химия»;
Е. Д. Набоков – аспирант.

Information about the authors

A. Yu. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, Head of the Department of Analytical and Physical Chemistry;
E. D. Nabokov – master student.

Вклад авторов:

А. Ю. Богомолов – научное руководство;
Е. Д. Набоков – написание статьи.

Contribution of the authors:

A. Y. Bogomolov – scientific management;
E. D. Nabokov – writing article.

Тип статьи: научная
УДК 543.42.063

ОДНОВРЕМЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ Cu(II), Co(II) и Ni(II) ПРИ ПОМОЩИ СВЕТОДИОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

Александра Михайловна Никитина¹, Егор Андреевич Игнатъев,²
Андрей Юрьевич Богомолов³

^{1,2,3}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹Evseevasaha1111@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3709-8390>

²egor.ignatiev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2705-3390>

³c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

Показана возможность одновременного количественного анализа нитратов Co(II), Ni(II) и Cu(II) в водных смесях при помощи оптической мультисенсорной системы на основе трех светодиодов в видимой области спектра.

Ключевые слова: оптическая мультисенсорная система, определение солей тяжелых металлов, медь, кобальт, никель, светодиод.

Для цитирования: Никитина А. М., Игнатьев Е. А., Богомолов А. Ю. Одновременное определение Cu, Co, Ni с использованием оптических мультисенсорных систем // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 68-73.

SIMULTANEOUS DETECTION OF Cu(II), Co(II) and Ni(II) USING AN LED OPTICAL MULTI-SENSOR SYSTEM

Alexandra M. Nikitina¹, Egor A. Ignatiev², Andrey Bogomolov³

¹²³Samara State Technical University, Samara, Russia

¹Evseevasaha1111@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3709-8390>

²egor.ignatiev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2705-3390>

³c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

The possibility of simultaneous quantitative analysis of Co(II), Ni(II) and Cu(II) nitrates in aqueous mixtures using an optical multi-sensor system based on three LEDs in the visible spectral region is shown.

Keywords: optical multisensor system, determination of heavy metal salts, copper, cobalt, nickel, LED.

For citation: Nikitina, A. M., Ignatiev, E. A., Bogomolov, A. (2024). Simultaneous detection of Cu, Co, Ni using optical multisensor systems. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 68-73. (in Russ.).

Оптическая мультисенсорная система (ОМС) – это аналитическое устройство, которое включает в себя набор из двух или более оптических сенсоров (сенсорных каналов), оптимизированных для конкретного применения [1]. Работа мультисенсорных систем основана на получении и математической обработке сложного неразрешенного аналитического сигнала для построения прогностической математической модели, например, градуировочной модели для одного из компонентов смеси. На сегодняшний день, ОМС на основе светоизлучающих диодов (светодиодов) [2, 3] являются наиболее привлекательным направлением в создании недорогих аналитических устройств.

В работе проведен одновременный количественный анализ концентраций нитратов Co(II), Ni(II) и Cu(II) в 27 образцах – растворах трехкомпонентной водной смеси, составленных в соответствии с диагональным дизайном [4]. Актуальность исследования обусловлена тем, что выбранные металлы присутствуют вместе во многих реальных образцах.

Целью данной работы было тестирование ранее разработанной ОМС на основе мощного RGB-светодиода, представляющего собой сочетание трех светодиодов (красного, зеленого и синего) в одном корпусе для количественного анализа указанных ионов. Ранее была показана применимость этой ОМС для определения жирности молока [5]. Анализ был намеренно ограничен наиболее практичной областью спектра видимого света (360–780 нм) и реализован в настольном устройстве с использованием наиболее распространенных светодиодов и единственного фотометрического детектора. В настоящем исследовании была произведена проверка применимости системы для анализа водных смесей нитратов двухвалентных металлов: меди, кобальта и никеля, имеющих характерное поглощение в видимой области спектра.

Разработанная светодиодная ОМС состоит из нескольких модулей и работает в автоматическом режиме, обеспечиваемым микроконтроллером Arduino Nano. В качестве источников света используются светодиоды: красный (R), зеленый (G) и синий (B). Встроенный фотодиод детектирует свет, проходящий через образец. Исходным аналитическим сигналом является падение напряжения, генерируемое на выходе прибора. Затем данные передаются на компьютер

с использованием последовательного порта микроконтроллера через USB-кабель для дальнейшего анализа данных. Полученные данные используются для построения градуировочных моделей для определения концентраций аналитов.

Градуировочный набор был приготовлен путем смешивания водных растворов нитратов Co(II), Ni(II) и Cu(II) в различных пропорциях и содержал 27 смесей, составленных в соответствии со схемой диагонального дизайна [4]. Схема обеспечивает отсутствие попарных корреляций и равномерное взаимное распределение концентраций компонентов. Окраска образцов зависела от состава и варьировалась от различных оттенков отдельных цветов до светло-коричневато-черного. Спектры поглощения образцов показаны на рис. 1. Также на этом рисунке представлены диапазоны длин волн, на которых излучают используемые светодиоды.

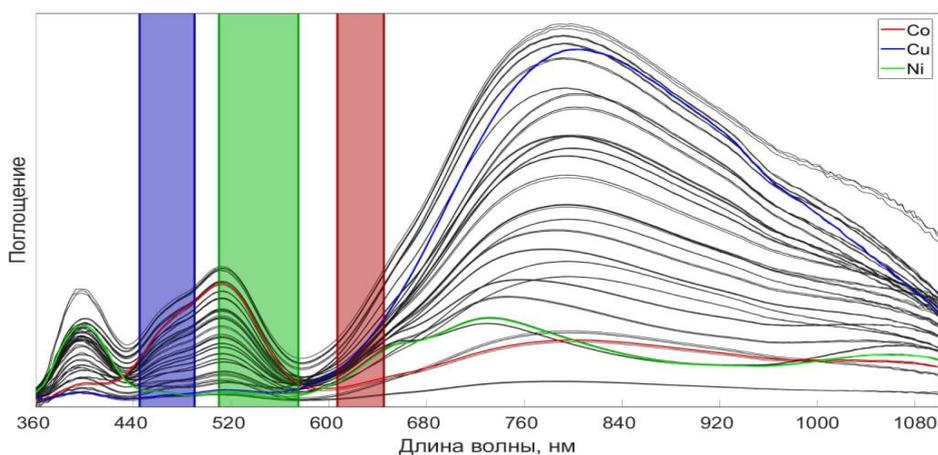


Рис.1 Спектры поглощения образцов и интервалы длин волн излучения синего, зелёного и красного светодиодов (раскрашены в соответствующие цвета), взятые на высоте 0.1 от нормированной интенсивности (рис. 2)

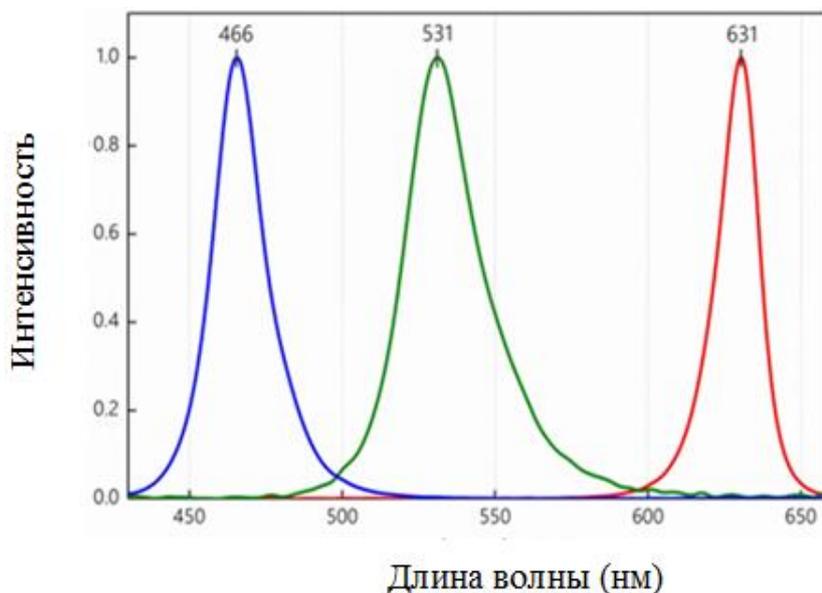


Рис. 2 Спектры излучения светодиодов, нормализованы к единице интенсивности

Прототип мультисенсорной системы работает следующим образом. Образец раствора объемом 3 мл помещают в стеклянную кювету с оптическим путем 10 мм. Кювета вставляется в кюветное отделение прибора и закрывается сверху крышкой, и исследуемый образец поочередно подсвечивается тремя светодиодами. Для подключения сенсора к компьютеру использу-

ется USB-кабель, и отображается монитор последовательного порта. Данные оцифровываются, фильтруются путем усреднения и выводятся в табличном виде на монитор компьютера каждые 100 мс. Интенсивность света, прошедшего через кювету с раствором, зависит от светопоглощения, то есть от концентраций компонентов смеси. Измеренные сигналы отражают чередующиеся импульсы излучения светодиодов на разных длинах волн с максимумами на 631 нм для красного, 531 нм для зеленого и 466 нм для синего каналов. Спектры светодиодов показаны на рис. 2 [6].

На рис. 3 представлены коэффициенты попарной корреляции (r) между интенсивностью сигналов светодиодов сенсора и концентрациями веществ. Зеленым цветом отображаются линии регрессии. Можно видеть, что наилучшие корреляции достигаются при анализе кобальта на синем и зеленых светодиодах. В остальных случаях корреляция недостаточно сильна для точного количественного определения. Сопоставление рис. 1 и 3 показывает, что сила корреляции зависит от того, попадает ли интервал излучения светодиода на область поглощения соответствующего иона, а также от того, накладывается ли в этой области поглощения других ионов. В тех случаях, когда наблюдается наложение спектров поглощения, как например для интенсивности зеленого светодиода для никеля (рис. 3), наблюдается крестообразная структура, соответствующая диагональному дизайну, использованному при составлении образцов. Это является дополнительным подтверждением того факта, что светодиодные каналы сенсора чувствительны к присутствию исследуемых ионов металлов.

На всех графиках рис. 3 четко виден выброс – три повторных измерения одного и того же образца с концентрациями (М): $[Cu] = 0.07$, $[Co] = 0.07$, $[Ni] = 0.038$. Выброс является результатом экспериментальной ошибки при изготовлении образца. При построении моделей данный образец не учитывался.

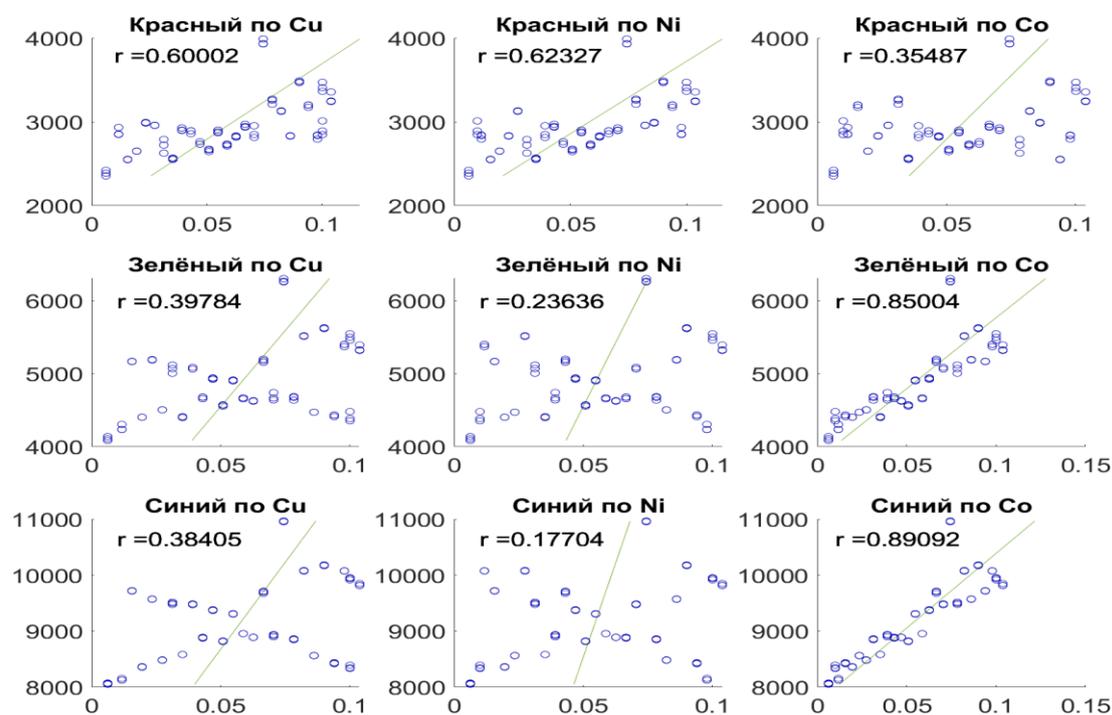


Рис. 3 Корреляционные зависимости сигналов синего, зеленого и красного светодиодов мультисенсорной системы от концентраций ионов меди, никеля и кобальта

Анализ данных проводился методом множественной линейной регрессии (МЛР). Результаты представлены в таблице 1. Анализ приведенных коэффициентов детерминации показывает, что статистика одномерных градуировочных моделей, построенных для отдельных

светодиодных каналов ОМС соответствует корреляциям наблюдаемым на рис. 3. Многомерные модели, построенные на полных данных ОМС, включая все три сенсорных канала системы, дают заметное улучшение статистики градуировочной модели по сравнению с одномерными моделями. Однако, практически приемлемый результат $R^2 = 0.91$ достигается только при определении иона кобальта, спектральный сигнал которого попадает на рабочие области сразу двух светодиодов, причем поглощение ионов меди и никеля в этой области незначительное (рис. 1). Основными проблемами в определении ионов меди и никеля является наложение их спектров в рабочей области красного светодиода с одной стороны и отсутствие спектральных сигналов этих ионов в рабочих областях синего и зеленого светодиодов.

Таблица 1

Статистика проверки градуировочных МЛР-моделей (R^2 кросс-валидации) для анализируемых ионов, построенных на отдельных каналах ОМС и на объединенных данных.

Данные	Cu(II)	Ni(II)	Co(II)	
R	0.439	0.456	0.041	
G	0.109	0.117	0.872	
B	0.084	0.095	0.907	
RGB	0.501	0.457	0.910	

Примечания: данные ОМС для R – красного, G – зеленого и B – синего светодиодов, RGB – всех трех светодиодов.

Выводы

Проведенное исследование показало принципиальную возможность использования разработанной ранее ОМС для анализа солей двухвалентных ионов меди, никеля и кобальта. Для нитрата кобальта получена градуировочная модель, имеющая практически приемлемую точность. Для анализа концентрации солей меди и никеля требуется оптимизация длин волн и интенсивностей используемых светодиодов.

Список источников

1. Bogomolov A. Developing multisensory approach to the optical spectral analysis// *Sensors*. 2021. Vol. 21, 3541. doi:10.3390/s21103541.
2. Kovac J., Peternai L., Lengyel O. Advanced light emitting diodes structures for optoelectronic applications // *Thin Solid Films*. 2003. 433, P. 22–26. doi:10.1117/12.818081.
3. Yeh P., Yeh N., Lee C.-H., Ding T.-J. Applications of LEDs in optical sensors and chemical sensing device for detection of biochemicals, heavy metals, and environmental nutrients // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017. 75, 461–468. doi:10.1016/j.rser.2016.11.011.
4. Bogomolov A. Diagonal designs for a multi-component calibration experiment// *Analytica Chimica Acta*. 2017. 951, 46–57. doi:10.1016/j.aca.2016.11.038.
5. Kucheryavskiy S., Melenteva A., Bogomolov A. Determination of fat and total protein content in milk using conventional digital imaging // *Talanta*. 2014. 121, 144–152. doi: 10.1016/j.talanta.2013.12.055.
6. Surkova A., Shmakova Y., Salukova M., Samokhina N., Kostyuchenko J., Parshina A., Ibatullin I., Artyushenko V., Bogomolov A. LED-Based Desktop Analyzer for Fat Content Determination in Milk // *Sensors*. 2023. 23, 6861. doi:10.3390/s23156861.

References

1. Bogomolov, A. (2021). Developing multisensory approach to the optical spectral analysis. *Sensors*, 21, 3541. doi:10.3390/s21103541.
2. Kovac, J., Peternai, L., Lengyel, O. (2003). Advanced light emitting diodes structures for optoelectronic applications. *Thin Solid Films*, 433, 22–26. doi:10.1117/12.818081.
3. Yeh, P., Yeh, N., Lee, C.-H., Ding, T.-J. (2017). Applications of LEDs in optical sensors and chemical sensing device for detection of biochemicals, heavy metals, and environmental nutrients. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 75, 461–468. doi:10.1016/j.rser.2016.11.011.

4. Bogomolov, A. (2017). Diagonal designs for a multi-component calibration experiment. *Analytica Chimica Acta*, 951, 46–57. doi:10.1016/j.aca.2016.11.038.
5. Kucheryavskiy, S., Melenteva, A., Bogomolov, A. (2014). Determination of fat and total protein content in milk using conventional digital imaging. *Talanta*, 121, 144–152. doi: 10.1016/j.talanta.2013.12.055.
6. Surkova, A., Shmakova, Y., Salukova, M., Samokhina, N., Kostyuchenko, J., Parshina, A., Ibatullin, I., Artyushenko, V., Bogomolov, A. (2023). LED-Based Desktop Analyzer for Fat Content Determination in Milk. *Sensors*, 23, 6861. doi:10.3390/s23156861.

Информация об авторах

А. Ю. Богомолов – доктор химических наук, зав. кафедрой «Аналитическая и физическая химия»;
А. М. Никитина – аспирант;
Е. А. Игнатьев – аспирант.

Information about the authors

A. Y. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, Head of the Department of Analytical and Physical Chemistry;
A. M. Nikitina – master student;
E. A. Ignatiev – master student.

Вклад авторов:

А. Ю. Богомолов – научное руководство;
А. М. Никитина – написание статьи;
Е. А. Игнатьев – построение графиков.

Contribution of the authors:

A. Y. Bogomolov – scientific management;
A. M. Nikitina – writing article;
E. A. Ignatiev – plotting.

Тип статьи: научная
УДК 543.616-073.584

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ В ПОЛИМЕРНОМ СЫРЬЕ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ В ДЛИННОВОЛНОВОЙ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ

**Дмитрий Андреевич Сеницын¹, Артём Алексеевич Русляков²,
Елизавета Сергеевна Беляева³, Степан Сергеевич Ерегин⁴,
Андрей Юрьевич Богомолов⁵**

^{1,2,3,4,5}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹sinitsyndasamara@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-7773-8313>

²911rdd@gmail.com

³liza.s.belyaeva@gmail.com

⁴stepanereg@gmail.com

⁵c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

В статье сообщается о потенциале метода спектроскопии в ближней инфракрасной области для определения влаги в полимерах. Проведён ряд экспериментов по определению

влаги в различных полимерах с помощью портативного БИК спектрометра, получены обработаны и показаны данные, подтверждающие целесообразность дальнейших исследований.

Ключевые слова: влагосодержание, вода, полимер, БИК-спектроскопия, хеометрика.

Для цитирования: Синицын Д. А., Русляков А. А., Беляева Е. С., Ерегин С. С., Богомолов А. Ю. Определение влажности полимеров методом спектроскопии ближней инфракрасной области // Путохинские чтения: сб. науч. Тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 73-77.

DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT IN POLYMER RAW MATERIALS BY THE METHOD OF SPECTROSCOPY IN THE LONG-WAVE NEAR-INFRARED REGION

**Dmitry A. Sinitsyn¹, Artyom A. Ruslyakov², Elizaveta S. Belyaeva³, Stepan S. Eregin⁴,
Andrey Y. Bogomolov⁵**

^{1,2,3,4,5} Samara State Technical University, Samara, Russia

¹sinitsyndasamara@gmail.com <https://orcid.org/0009-0002-7773-8313>

²911rdd@gmail.com

³liza.s.belyaeva@gmail.com

⁴stepanereg@gmail.com

⁵c11b0f5057f5@mail.ru <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

The paper reports on the potential of near-infrared spectroscopy method for moisture determination in polymers. A number of experiments on moisture determination in various polymers using a portable NIR spectrometer have been carried out, the data confirming the feasibility of further research have been processed and shown.

Keywords: moisture content, water, polymer, NIR spectroscopy, chemometrics.

For Citation: Sinitsyn, D.A., Bogomolov, A.Yu. Determination of polymer moisture content by near-infrared spectroscopy. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 73-77. (in Russ.).

Введение. Избыточная влажность сырья может существенно снизить качество конечного продукта. Ярким примером такой продукции во многих отраслях промышленности являются полимерные изделия. Большое количество влаги приводит к образованию серебристых разводов на поверхности, пористости, потере прочности и другим дефектам. Поэтому содержание влаги в сырье при производстве полимерных изделий должно тщательно контролироваться на протяжении всего технологического процесса. Особенно это касается таких распространенных полимеров, как поликарбонат, полиамид, полибутилентерефталат, полиэтилентерефталат, АБС, акрил, полиэтилен, полистирол и другие гигроскопичные пластмассы [1]. Спектральные характеристики АБС-пластика при различных уровнях влажности исследовались с помощью портативного длинноволнового БИК-спектрометра Polychromix.

Целью данной работы являлось проведение сравнительного анализа существующих методов определения влагосодержания полимеров и разработка методики контроля влагосодержания методом БИК-спектроскопии. В работе показана возможность

количественного определения содержания влаги в порошках на примере гранул полимера АБС. С помощью методов хемометрии проведен разведочный анализ данных БИК-спектров АБС при различных уровнях влажности. Разработана методика, которая может помочь в контроле влажности поступающего сырья и мониторинге процессов сушки. В перспективе, на основе принципов БИК-спектроскопии, может быть разработана компактная, оптимизированная для применения оптическая мультисенсорная система для оценки влажности [2].

Материалы и методы. Объектом исследования являлся АБС - один из наиболее распространенных полимеров, используемых в настоящее время в промышленности. Этот полимер использовался в виде заводских гранул диаметром около 2,5-3 мм. В качестве метода исследования была выбрана спектроскопия в ближней инфракрасной (БИК) области. Спектроскопический анализ проводился с помощью портативного БИК-спектрометра PHAZIR (Polychromix, Inc., США), работающего в диапазоне длин волн 1600-2400 нм (6250-4170 см⁻¹) с InGaAs-детектором, сигнал регистрировался в единицах поглощения.

В качестве эталонного метода определения содержания воды была выбрана сушка полимерного образца с различным содержанием влаги. Для этого был выбран гравиметрический влагомер РСЕ-МВ 120С фирмы РСЕ instruments (США), который представляет собой аналитические весы со встроенной галогеновой лампой для программируемой сушки образца.

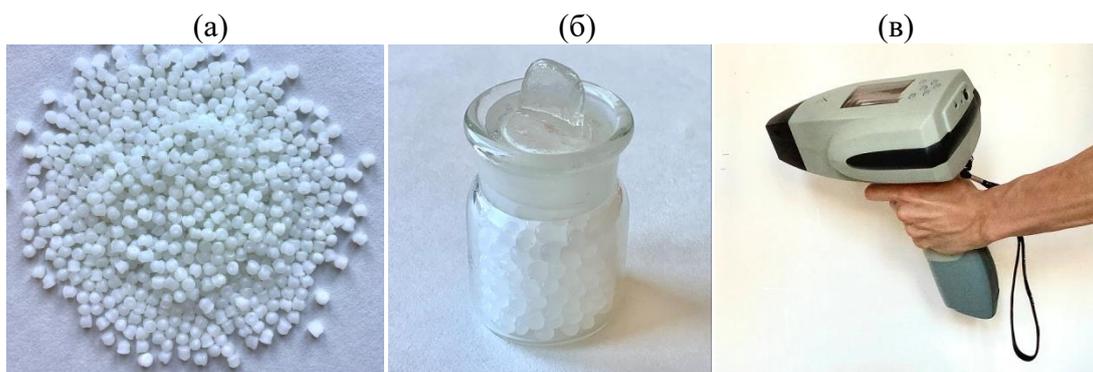


Рис. 1 Измерение спектров полимера: (а) гранулы полимера АБС; (б) стеклянный сосуд для измерений; (в) БИК-спектрометр Phazir

Для проведения измерений гранулы полимера помещали в условия 100%-ной влажности на воздухе в закрытом эксикаторе над водой или в чистую воду на двое суток, а затем помещали в стеклянный сосуд объемом 10 мл с плотно прилегающей крышкой для получения спектров. Затем влажный полимер сушили на анализаторе влажности при температуре 75°C, рекомендованной производителем полимера. После сушки образец помещали в тот же стеклянный сосуд с крышкой и снова снимали спектры. Полученные данные обрабатывались методами хемометрики в программе TRT-cloud, реализованной «на облаке» [3].

Результаты и обсуждение. На рис. 2 приведены спектры АБС-пластика в сухом и максимально увлажненном состоянии. В полимере с максимальным увлажнением (синие кривые) наблюдаются характерные пики при 1900 нм, которые мы относим к составным частотам свободной воды. В высушенном полимере эта полоса отсутствует. Кроме того, наблюдается пик при 1940 нм, который можно отнести к химически связанной воде [4].

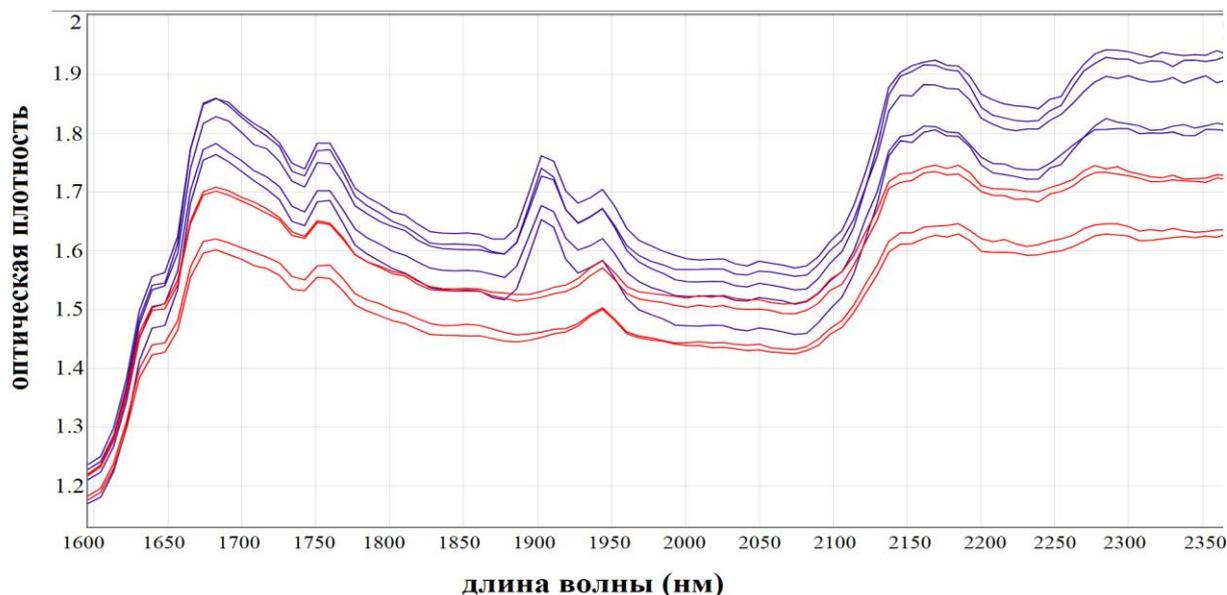


Рис. 2 БИК-спектры влажного и сухого полимера АБС

Эта гипотеза подтверждается анализом спектров образцов полимера с различным уровнем влажности (рис. 3). Видно, что интенсивность пиков может быть связана с различной концентрацией воды в выбранном полимере.

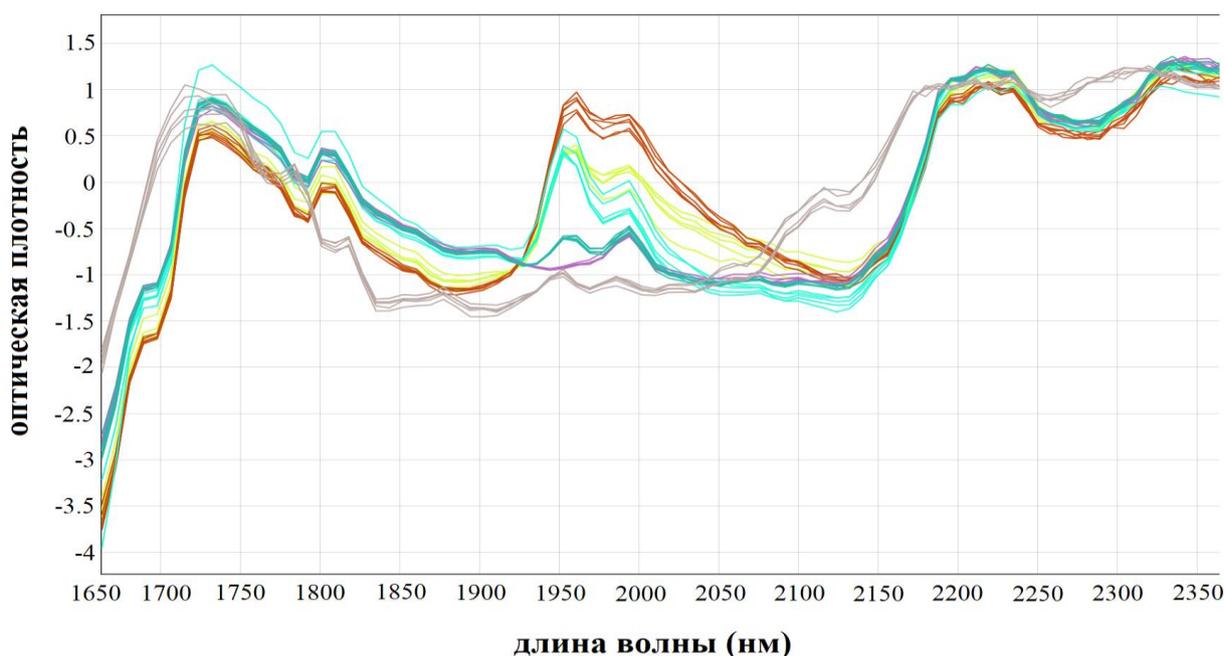


Рис. 3 Преобразование данных стандартизацией нормировки вариации (СНВ) для АБС различной влажности

Выводы. Полученные данные показали возможность построения градуировочной модели для определения содержания влаги в выбранном полимере. В настоящее время технический прогресс в области приборостроения может обеспечить создание оптических мультисенсорных систем на основе выбранного нами метода БИК-спектроскопии для быстрого определения содержания влаги в полимерах. Определение влажности полимеров в полевых условиях или в онлайн-режиме на производственной линии позволит оптимизировать дорогостоящую стадии сушки и экономить ресурсы.

Список источников

1. Dumitrescu Oana R., Baker Dave C., Foster Gary M., Evans Ken E. Near infrared spectroscopy for in-line monitoring during injection moulding // Polymer Testing Journal. 2005. Vol. 24, Iss. 3, P. 367-375. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941804001576> <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2004.10.003>.
2. Bogomolov A. Developing Multisensory Approach to the Optical Spectral Analysis // Sensors Journal. 2021, 21(10), 3541. URL : <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/10/3541>. <https://doi.org/10.3390/s21103541>.
3. Онлайн-софт Chemometrics. URL : <https://tptcloud.com/> .
4. A Word (or Two) About Online NIR Water Measurements in Liquid Samples. URL : <https://guided-wave.com/a-word-or-two-about-online-nir-water-measurements-in-liquid-samples/>

References

1. Dumitrescu, Oana R., Baker, Dave C., Foster, Gary M., Evans, Ken E. (2005). Near infrared spectroscopy for in-line monitoring during injection moulding. Polymer Testing Journal, Vol. 24, Iss. 3, P. 367-375. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941804001576> doi.org/10.1016/j.polymertesting.2004.10.003.
2. Bogomolov, A. (2021). Developing Multisensory Approach to the Optical Spectral Analysis. Sensors Journal, 21(10), 3541. URL : <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/10/3541> Sensors, 21(10), 3541; <https://doi.org/10.3390/s21103541>
3. Online-soft Chemometrics. URL : <https://tptcloud.com/> .
4. A Word (or Two) About Online NIR Water Measurements in Liquid Samples. URL : <https://guided-wave.com/a-word-or-two-about-online-nir-water-measurements-in-liquid-samples/>

Информация об авторах

А. Ю. Богомоллов – доктор химических наук, зав. кафедрой «Аналитическая и физическая химия»;
Д. А. Сеницын – аспирант, зав. лабораторией;
А. А. Русяков – студент;
Е. С. Беляева – студент;
С. С. Ерегин – студент.

Information about authors

A. Y. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, head of department;
D. A. Sinitsyn – master student, head of laboratory;
A. A. Ruslyakov – student;
E. S. Belyaeva – student;
S. S. Eregin – student.

Вклад авторов

А. Ю. Богомоллов – научное руководство;
Д. А. Сеницын – проведение эксперимента, написание статьи;
А. А. Русяков – проведение эксперимента;
Е. С. Беляева – проведение эксперимента, написание статьи;
С. С. Ерегин – проведение эксперимента.

Contribution of the authors

A. Y. Bogomolov – scientific management;
D. A. Sinitsyn – writing article, experimentation;
A. A. Ruslyakov – experimentation;
E. S. Belyaeva – writing article, experimentation;
S. S. Eregin – experimentation.

Тип статьи: научная
УДК 543.544.5.068.7

2D-СТРУКТУРНАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ ГРАФИТОПОДОБНОГО СОРБЕНТА *HYPERCARB* ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ИЗОМЕРОВ ПРОИЗВОДНЫХ АДАМАНТАНА В УСЛОВИЯХ ВЭЖХ

Элина Витальевна Рыжихина¹, Дмитрий Алексеевич Светлов²,

Екатерина Александровна Яшкина³, Сергей Николаевич Яшкин⁴

^{1,4}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

^{2,3,4}Самарский региональный центр для одарённых детей, Самара, Россия

²Испытательная лаборатория по Самарской области ФГБУ "ЦЛАТИ по ПФО", Самара, Россия

¹Elinasannikova@mail.ru

²dasvetlov@mail.ru

³yashkina11@mail.ru

⁴snyashkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2549-5607>

В работе методом обращённо-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии определены термодинамические характеристики удерживания адамантана и его метил-, галоген- и гидроксипроизводных на поверхности пористого графитоподобного материала Hypercarb. Показано влияние природы элюента, функциональной принадлежности сорбатов на селективность разделения указанных соединений, а также характер межмолекулярных взаимодействий на графитоподобной поверхности адсорбента и в объёмной фазе водно-органического раствора. Сделан вывод о роли гидрофобных взаимодействий в удерживании соединений и на 2D-селективность в изученной хроматографической системе. Проведено сравнение закономерностей адсорбции объёмных молекул производных адамантана на плоской поверхности графита из жидкой фазы с данными по удерживанию на графитированной термической саже, полученными нами ранее в условиях газо-адсорбционной хроматографии.

Ключевые слова: высокоэффективная жидкостная хроматография, адсорбция, графитоподобный адсорбент *Hypercarb*, фактор удерживания, теплота адсорбции, энтропия адсорбции, производные адамантана.

Для цитирования: Рыжихина Э. В., Светлов Д. А., Яшкина Е. А., Яшкин С. Н. 2D-структурная селективность графитоподобного сорбента *Hypercarb* при разделении изомеров производных адамантана в условиях ВЭЖХ // Путохинские чтения : сб. науч. Тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. С. 78-85.

2D-STRUCTURAL SELECTIVITY OF THE GRAPHITE-LIKE *HYPERCARB* SORBENT IN THE SEPARATION OF ISOMERS OF ADAMANTANE DERIVATIVES UNDER HPLC CONDITIONS

Elina V. Ryzhikhina¹, Dmitriy A. Svetlov², Ekaterina A. Yashkina³, Sergey N. Yashkin⁴

^{1,4}Samara State Technical University, Samara, Russia

^{2,3,4}Samara Regional Center for Gifted Children, Samara, Russia

²Testing Facility in the Samara Region, Russian Federation Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Volga Federal District, Samara, Russia

¹Elinasannikova@mail.ru

²dasvetlov@mail.ru

³yashkina11@mail.ru

⁴snyashkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2549-5607>

In the work, the thermodynamic characteristics of the sorption of adamantane and its methyl-, halogen- and hydroxy- derivatives on the surface of a porous graphite-like material *Hypercarb* were determined by the method of reverse-phase high-performance liquid chromatography. The effect of the nature of the eluent, the functional affiliation of sorbates on the selectivity of the separation of these compounds, as well as the nature of intermolecular interactions on the graphite-like surface of the adsorbent and in the bulk phase of the water-organic solution are shown. It was concluded that hydrophobic interactions play a role in the retention of compounds and in 2D selectivity in the chromatographic system studied. The regularities of adsorption of bulk molecules of produced adamantane on the flat surface of graphite from the liquid phase were compared with the data on retention on graphitized thermal soot obtained by us earlier under the conditions of gas adsorption chromatography.

Keywords: high performance liquid chromatography, adsorption, *Hypercarb* graphite-like adsorbent, retention factor, heat of adsorption, entropy of adsorption, adamantane derivatives.

For citation: Ryzhikhina, E.V., Svetlov, D.A., Yashkina, E.A., Yashkin, S.N. (2024). 2D-structural selectivity of the graphite-like *Hypercarb* sorbent in the separation of isomers of adamantanes derivatives under HPLC conditions. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 78-85.

Введение

Графитоподобные материалы нашли широкое практическое применение в качестве высокоселективных адсорбентов в различных вариантах газовой и жидкостной хроматографии. Высокая структурная селективность этих адсорбентов обусловлена уникальными свойствами поверхности базисной грани графита: химическая и фазовая однородность, высокий адсорбционный потенциал, химическая инертность и термическая стабильность. Уникальное молекулярное строение каркасных углеводородов и их производных обуславливает большое число различных геометрических и пространственных изомеров, а также возможность проявления особого типа оптической изомерии, связанной с асимметрией молекулярного тетраэдра. С ростом молекулярной массы число возможных изомеров резко увеличивается. Разные типы изомерии в алмазановой системе, возможность конденсации алмазановых фрагментов с последующим образованием отдельных семейств полиалмазановых и полиалмазановых углеводородов приводит к значительным трудностям при их разделении и идентификации. Подавляющее число работ по хроматографическому исследованию производных алмазана посвящены различным вариантам газовой хроматографии, в то время как работ связанных с изучением сорбционно-хроматографических свойств данной группы соединений в условиях ВЭЖХ недостаточно [1-3].

Целью настоящей работы явилось изучение закономерностей удерживания производных алмазана на графитоподобном адсорбенте *Hypercarb* в условиях ОФ ВЭЖХ, определение интервала структурной селективности данного адсорбента, поверхность которого чрезвычайно чувствительна к особенностям пространственного строения адсорбатов (2D-селективность) и определение оптимальных условий разделения близких по свойствам изомерных алмазанов в условиях ОФ ВЭЖХ на колонках с углеродным адсорбентом.

Материалы и методы

Эксперимент проводили на жидкостном хроматографе "LC-20 Prominence" (Shimadzu, Japan), снабженным плунжерным насосом "LC-20AD", дегазатором подвижной фазы "DGU-20Aз", УФ-спектрометрическим детектором "SPD-20A" и краном дозатором "Rheodyne" (объем петли 20 мкл). Хроматографические измерения проводили согласно методики, подробно изложенной нами ранее в работе [4-5]. Пробы исследуемых сорбатов вводили в хроматографическую колонку не менее 5 раз. В качестве несорбирующегося вещества использовали нитрат калия.

Адсорбентом служил пористый графитированный углерод *Hypercarb* (Thermo Scientific, USA) с размером частиц 3 мкм, средним диаметром пор 250 нм и удельной поверхностью 120 м²/г. Применялась стальная колонка (3.0×100 мм), масса адсорбента составляла 0.8 г. Растворы исследованных соединений готовили в элюенте. Концентрация адсорбатов в пробе не превышала 5 мкмоль/л. Последнее позволило обеспечить проведение измерений в области предельно низких заполнений поверхности адсорбента (область Генри), что подтверждается симметричными пиками на хроматограммах и независимостью времен удерживания адсорбатов от концентрации во вводимой пробе.

Расчет факторов удерживания (k'_i), а также параметров температурных зависимостей $\ln k'_i = f(1/T)$, полученных для интервала температур от 298 К до 338 К с шагом 5 К, осуществляли по известной формулам [4-5].

При определении термодинамических характеристик удерживания (ТХУ) ($\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}$ (кДж/моль) и A_i – теплот и энтропийных параметров сорбции) использовали следующие стандартные состояния адсорбата: $c_{\text{liq,st}} = 1$ мкмоль/мл (в объеме элюента); $\Gamma_{\text{ads,st}} = 1$ мкмоль/м² (в адсорбированном состоянии) ($K_{1,c,st} = \Gamma_{\text{ads,st}}/c_{\text{liq,st}} = 1$ мкл/м²) [4-5].

Полученные в работе экспериментальные значения ТХУ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Некоторые физико-химические параметры и ТХУ исследованных производных адамантана на колонке с *Hypercarb* с различными элюентами

Сорбат	Сорбент: <i>Hypercarb</i> ; ΔT : 298 К - 333 К								Параметры сорбатов			
	CH ₃ OH-H ₂ O, 70:30 (об. %)				CH ₃ CN-H ₂ O, 70:30 (об. %)				α_M^a	V_{vdv}^b	S_{np}^b	$\lg P^r$
	$\ln k'_i$	$\alpha_{i/st}$	$\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}$	$-A_i$	$\ln k'_i$	$\alpha_{i/st}$	$\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}$	$-A_i$				
1	0.513	1.00	11.5	4.07	0.388	1.00	8.1	2.82	16.53	148.13	39.49	4.22
2	1.200	1.99	13.9	4.30	0.857	1.60	9.1	2.76	18.30	165.24	43.74	4.70
3	1.323	2.25	14.2	4.31	0.903	1.67	9.0	2.65	18.42	165.28	44.51	4.90
4	1.944	4.18	16.3	4.51	1.466	2.94	9.9	2.48	20.47	182.45	48.23	5.18
5	2.050	4.65	16.6	4.55	1.394	2.73	9.8	2.52	20.29	182.48	49.53	5.17
6	2.708	8.98	18.7	4.71	2.075	5.40	11.0	2.33	22.63	199.68	52.83	5.66
7	0.427	0.92	11.3	4.06	0.356	0.97	8.0	2.80	16.76	153.14	40.66	3.61
8	0.440	0.93	11.3	4.06	0.367	0.98	8.2	2.88	16.73	153.19	40.50	3.86
9	1.306	2.21	14.1	4.28	1.167	2.18	9.6	2.64	18.62	162.27	43.46	3.85
10	1.338	2.28	14.2	4.31	1.148	2.14	9.4	2.58	18.60	162.37	43.24	3.87
11	2.149	5.13	16.8	4.51	1.583	3.30	12.1	3.28	20.55	176.42	48.07	3.45
12	1.577	2.90	15.1	4.40	1.237	2.34	11.2	3.22	19.78	166.57	44.59	4.03
13	1.745	3.43	15.4	4.38	1.249	2.37	11.3	3.23	19.82	166.63	44.72	4.04
14	2.769	9.54	18.9	4.73	2.198	6.11	14.7	3.63	22.83	185.00	50.22	3.98
15	4.089	35.7	22.9	4.99	2.864	11.9	17.9	4.25	25.88	203.43	54.76	4.06
16	-0.274	0.46	9.2	3.75	0.178	0.81	9.3	3.53	17.44	156.76	42.08	2.16
17	-0.320	0.43	9.1	3.92	0.202	0.83	9.2	3.45	17.58	156.79	41.55	2.18
18	-0.345	0.42	8.4	3.68	—	—	—	—	18.21	165.39	43.62	0.52

Примечание: ^aмолекулярная поляризуемость (\AA^3); ^bван-дер-Ваальсов объём (\AA^3); ^bмаксимальная площадь проекции молекулы на плоскую поверхность (\AA^2); ^rкоэффициент распределения в системе н-октанол–вода (фактор липофильности); **1** – адамантан; **2** – 1-метил-; **3** – 2-метил-; **4** – 1,3-диметил-; **5** – 1,2-диметил-; **6** – 1,3,5-триметил-; **7** – 1-фтор-; **8** – 2-фтор-; **9** – 1-хлор-; **10** – 2-хлор-; **11** – 1,3-дихлор-; **12** – 1-бром-; **13** – 2-бром-; **14** – 1,3-дибром-; **15** – 1,3,5-трибром-; **16** – 1-гидрокси-; **17** – 2-гидрокси-; **18** – 1,3-дигидрокси-.

Результаты и обсуждение

Различия в свойствах использованных бинарных элюентов приводят к тому, что значения $\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}$ производных адамантана на поверхности *Hypercarb* из раствора в $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ в целом на 3-5 кДж/моль выше аналогичных величин для системы с $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ элюентом. Однако для гидроксиадамантанов значения $\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}$ независимо от природы элюентов совпадают (табл. 1). Схожая картина наблюдается и для величин энтропийных факторов (A_i). Из таблицы 1 видно, что при адсорбции из $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ элюента значения $|A_i|$ оказываются заметно выше по сравнению с адсорбцией из $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ раствора, что свидетельствует о большей локализации молекул адсорбата на поверхности *Hypercarb* при адсорбции из среды более полярного элюента. На рис.1 показано соотношение между

энталпийным ($\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}/RT$) и энтропийным (A_i) вкладом в удерживание на *Hypercarb* из среды различных элюентов. Видно, что независимо от элюента доминирующее влияние на удерживание оказывает энталпийный фактор. Исключение составляют кислородпроизводные адамантана, для которых основную роль в удерживании играет энтропийный фактор. Из графика следует, что природа ПФ оказывает заметное влияние на механизм сорбции исследованных производных адамантана. Так, в случае адсорбции из среды $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ наблюдается близкая к линейной корреляция между величинами $\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}$ и A_i , что является прямым доказательством одинакового механизма сорбции независимо от функциональной принадлежности соединений. Увеличение липофильности соединений ($\lg P$) (в ряду **I-6**) приводит к увеличению вклада энталпийного фактора в удерживание, а уменьшение липофильности (в ряду незамещенный **I-18**), напротив, к возрастанию роли энтропийного фактора.

Иная картина наблюдается для системы с элюентом $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$. Из рис.1 видно, что производные адамантана с разными функциональными группами образуют отдельные корреляционные серии, что свидетельствует о существенных различиях в механизме сорбции этих соединений на графитоподобной поверхности из среды $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$. При

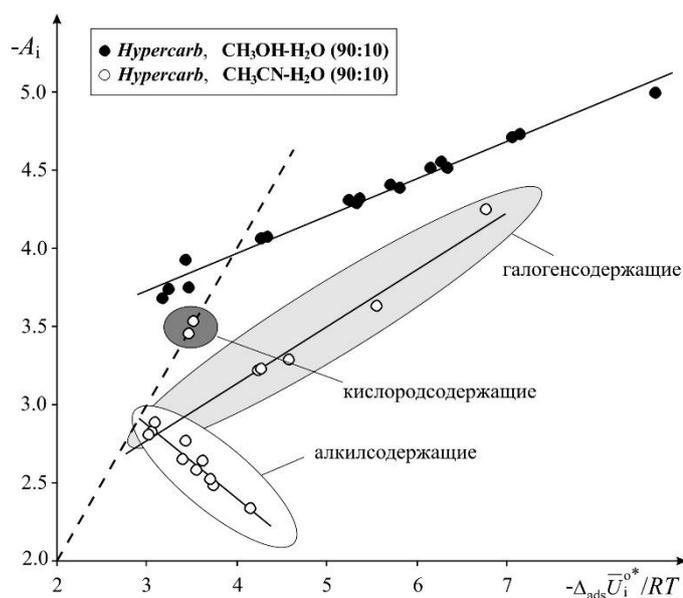


Рис. 1 Соотношение между величинами $-\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}/RT$ и $-A_i$ для адсорбционного варианта ВЭЖХ на Кл с *Hypercarb* с различными ПФ при $T=318.15\text{K}$ (пунктирная линия означает равенство вкладов $\Delta_{\text{sorp}} \bar{U}_i^{\circ}/RT_{\text{av}}$ и A_i)

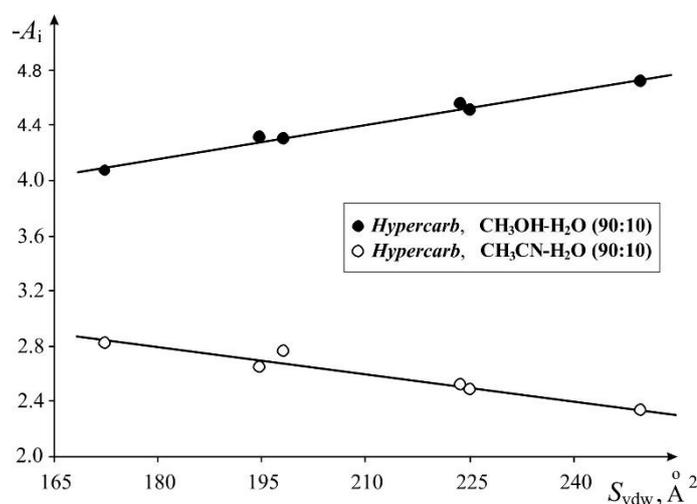


Рис. 2 Зависимость энтропийных факторов (A_i) от S_{vdw} адамантана и метиладамантанов для случая адсорбции на Кл с *Hypercarb* из среды $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$

этом в случае алкил- и галоген-производных адамантана имеет место разный наклон зависимостей $\Delta_{\text{сорб}} \bar{U}_i^{\circ} = f(A_i)$. Все исследованные производные адамантана в случае системы $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$, а также для галогенадамантанов для системы $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ имеется симбатная зависимость в изменении величин $|\Delta_{\text{сорб}} \bar{U}_i^{\circ}|$ и $|A_i|$.

Другими словами, рост величин теплот адсорбции сопровождался увеличением значений энтропийного фактора. Подобная закономерность всегда имеет место в случае адсорбции из газовой фазы [6].

Однако для сорбции алкиладамантанов из среды $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ имеется обратная зависимость, что, очевидно, является следствием сольвофобных взаимодействий. На рис.2 показаны зависимости величин энтропийного фактора A_1 , полученных для систем с различными элюентами, от ван-дер-ваальсовой площади поверхности молекул ($S_{\text{vdw}}, \text{Å}^2$) адамантана и метиладамантанов. Применение в качестве коррелируемого параметра величин S_{vdw} связано с тем, что число сольвофобных взаимодействий должно быть прямопропорционально площади контактирующих поверхностей полярного растворителя и неполярного сольвента [7]. Растворение неполярных молекул в полярных растворителях сопровождается образованием высокоструктурированных сольватных оболочек из полярных молекул растворителя, группирующихся вокруг неполярных молекул растворённого вещества. Аналогичные эффекты имеют место и в случае растворённых в водно-органических элюентах высоколипофильных молекул адамантана и метиладамантанов. Наличие прочных межмолекулярных связей в системе $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ приводит к тому, что полярные молекулы CH_3OH и H_2O оказываются сильно связанными друг с другом и поэтому в меньшей степени участвуют в образовании прочных сольватных оболочек сольватов по сравнению с молекулами CH_3CN и H_2O . Прочные межмолекулярные взаимодействия между молекулами ПФ можно считать конкурирующими с межмолекулярными взаимодействиями при образовании сольватной оболочки [7]. Можно заключить, что в системе $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ сольвофобные взаимодействия между полярными молекулами ПФ и высоколипофильными производными адамантана должны проявляться в большей степени, чем в системе $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$. Разрушение сольватных оболочек при адсорбции на плоской поверхности (рис.3) приводит к тому, что в ПФ переходит большое число "свободных" молекул растворителя, которые в случае ПФ $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ вновь связываются друг с другом в прочные межмолекулярные ассоциаты, а в случае $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$, напротив, остаются относительно свободными. Последнее приводит к тому, что в ряду адамантан - 1,3,5-триметиладамантан для системы $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ величины $|A_i|$ увеличиваются, а для системы $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$, напротив, уменьшаются. Заметим, что при сорбции на сорбенте *Диасфер-110-С18* из среды $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ описанный выше необычный характер изменения энтропийных факторов в ряду алкиладамантанов не наблюдается [3].

В целом, за исключением способных к образованию водородной связи молекул **16-18**, порядок удерживания производных адамантана на адсорбенте *Hypercarb* аналогичен удерживанию на колонках с графитированной термической сажей в ГАХ и подчиняется тем же закономерностям: с ростом молекулярной полярности (α_M) и площади контакта с поверхностью (ω_M или $S_{\text{пр}}$) значения ТХУ монотонно возрастают. Взаимодействия сорбатов с ПФ приводят к тому, что по абсолютной величине значения ТХУ в ВЭЖХ ниже соответствующих

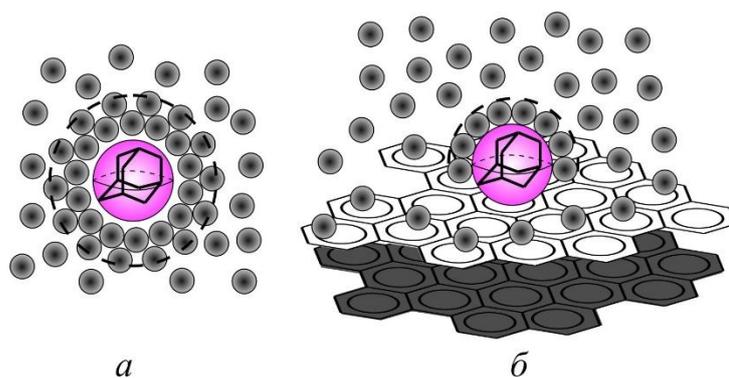


Рис.3 Структурирование полярных молекул растворителя вокруг неполярной молекулы сорбата (сольвофобный эффект) (а); разрушение сольватной оболочки при адсорбции сольватированной молекулы сорбата на поверхности графита (б)

величин на ГТС в ГАХ. Пониженные относительно системы $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}/\text{Hypercarb}$ значения k_i' и $|\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}|$ в системе с ПФ $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ непосредственно указывают на возможность конкурентных взаимодействий с поверхностью адсорбента молекул CH_3CN и адсорбата. Интересно отметить, что для большинства сорбатов в системах с близким составом ПФ значения k_i' на *Hypercarb* ниже соответствующих величин для ПФ *Диасфер-110 C18*, при этом для величин $|\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}|$ наблюдается обратная закономерность. Причина этого, вероятно, заключается в различиях механизмов сорбции на *Hypercarb* (адсорбционный, 2D-) и *Диасфер-110 C18* (абсорбционный 3D-) и связана с влиянием энтропийного фактора: подвижность высоколипофильных молекул адамантанов при их "растворении" в слое октилдецил силикагеля ($\text{SiO}_2\text{-C18}$) (ОДС) выше, по сравнению с адсорбцией на сольватированной поверхности *Hypercarb* (энтропийные параметры A_i для *Hypercarb* в 1.5-2 раза выше чем для *Диасфер-110-C18*) [3].

Анализ ТХУ галогенадамантанов и галогенбензолов на *Hypercarb* из раствора в $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ показывает, что для плоских, линейных и каркасных галогенпроизводных имеют место различные зависимости величин $\ln K_{1,C}$ от α_M , которые характеризуются близкими значениями наклона к оси α_M (рис.4). Наблюдаемые зависимости полностью аналогичны описанным выше для случая адсорбции на ГТС из газовой фазы. Заметим, что значения $\ln K_{1,C}$ для молекул 2,2-дихлор- и *цис*-1,4-дибромадамантанов, как и в случае адсорбции из газовой фазы, выпадают из общей зависимости $\ln K_{1,C}=f(\alpha_M)$ для галогенадамантанов, что связано с особенностями пространственного расположения этих соединений на плоской графитоподобной поверхности.

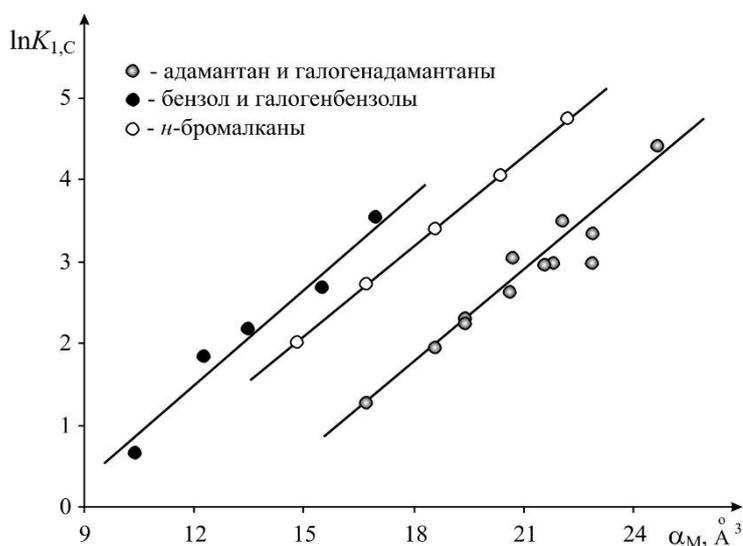


Рис.4 Зависимость величин $\ln K_{1,C}$ от молекулярной полярности (α_M) в ряду различных галогенпроизводных УВ на Кл с *Hypercarb* с ПФ $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ (80:20 (об. %)) при $T=313.15\text{K}$

В зависимости от положения функциональной группы в молекуле сорбата наблюдается неаддитивное изменение величин k_i' , $K_{1,C}$ и $\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}$. Так, вклад CH_3 -группы в узловом положении в величину $\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}$ в случае ПФ $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$ составляет в среднем 2.4 кДж/моль, что на 2-3 кДж/моль ниже по сравнению с аналогичным вкладом в величину $\bar{q}_{\text{dif},1}$ при адсорбции из газовой фазы. Вклад в величины $\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}$ в случае CH_3 -групп в мостиковом положении составляет 2.7 кДж/моль. Заметим, что полученные значения $\delta(\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ})$ могут быть использованы в прогнозировании величин $\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}$ для соединений, содержащих как узловые, так и мостиковые CH_3 -группы: $\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}$ (эксп.) и рассчитанное по аддитивной схеме $\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}$ (теор.) для 1,2-диметиладмантана равны и составляют 16.6 кДж/моль. Аналогичная картина наблюдается и в случае хлор- и бромзамещенных адамантанов. В случае ПФ $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ различие вклады в величины $\Delta_{\text{sorp}}\bar{U}_i^{\circ}$ у разных функциональных групп существенно ниже по сравнению с аналогичными величинами для систем с ПФ $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$. Так, вклады одной CH_3 -группы, а также атомов Cl и Br составляют около 1, 1.5 и 2.1 кДж/моль, соответственно.

Селективность разделения в условиях ВЭЖХ зависит не только от природы используемого сорбента, но и от свойств ПФ. Из таблицы 1 следует, что значения $\alpha_{i/st}$, характеризующие разделение пар соединений Ad-X/Ad-H на *Hypercarb*, заметно возрастают при переходе от ПФ CH₃CN-H₂O к CH₃OH-H₂O. Самыми высокими показателями структурной селективности характеризуется хроматографическая система *Hypercarb*-CH₃OH-H₂O. Подтверждением этому являются данные по величинам $\alpha_{2-Ad-X/1-Ad-X}$ для пар соответствующих монозамещенных адамантанов: 1.13, 1.03 и 1.18 для метил-, хлор- и бромпроизводных, соответственно. Как и в случае ОФ ВЭЖХ уменьшение доли органического модификатора в ПФ приводит к увеличению величин $\alpha_{i/st}$ при адсорбции на поверхности *Hypercarb*, однако при этом заметно возрастают времена удерживания сорбатов и увеличивается размытие хроматографических зон. Для адсорбции на поверхности *Hypercarb* также отчетливо наблюдается высокая стереоселективность при разделении пространственных изомеров: на колонке с *Hypercarb* из среды CH₃OH-H₂O удаётся полностью разделить смесь *цис/транс*-1,4-дибромадамантанов.

Заключение. Удерживание производных адамантана на поверхности *Hypercarb* определяется природой, числом и положением функциональных групп в молекуле, а также свойствами бинарной ПФ. В целом, за исключением изомерных молекул гидроксиадамантанов, порядок удерживания производных адамантана на адсорбенте *Hypercarb* аналогичен удерживанию на колонках с ГТС и подчиняется тем же закономерностям: с ростом молекулярной поляризуемости и площади контакта с поверхностью значения ТХА монотонно возрастают. Для большинства сорбатов в системах с близким составом ПФ значения факторов удерживания и теплот сорбции на *Hypercarb* ниже соответствующих величин для НФ *Диасфер-110 C18*: причина заключается в различиях механизмов сорбции на *Hypercarb* (*адсорбционный*, 2D-селективность) и *Диасфер-110 C18* (*абсорбционный*, 3D-селективность) и связана с тем, что подвижность высоколипофильных молекул адамантанов при их "растворении" в слое ОДС выше, по сравнению с адсорбцией на сольватированной поверхности *Hypercarb*. Найденные закономерности могут быть использованы для разработки новых высокоэффективных методов разделения функциональных производных адамантана в условиях ОФ ВЭЖХ.

Список источников

1. Шатц В. Д., Коробкова Т. И. Закономерности сорбции монозамещенных производных адамантана на октадецилсиликагеле // Изв. АН Латв. ССР. 1985. №6. С.683-686.
2. Prusova D., Colin H., Guiochon G. Liquid chromatography of adamantanes on carbon adsorbents // J. Chromatogr., 1982, V.234, №1, P.1-11.
3. Соловова Н.В., Яшкин С.Н. Жидкостная хроматография производных адамантана // Журнал физической химии. 2003. Т.77. №8. С.1352-1357.
4. Яшкина Е. А., Светлов Д. А., Яшкин С. Н. Влияние комплексообразования "сорбат-β-циклодекстрин" на удерживание производных анилина на графитоподобном адсорбенте в условиях ВЭЖХ // Журнал физической химии. 2015. Т.89. №10. С.1651-1660.
5. Светлов Д. А., Яшкина Е. А., Попов А. С., Яшкин С. Н. Энтропийные характеристики производных бензола при адсорбции на графитоподобном адсорбенте из разбавленных воднометанольных растворов в условиях высокоэффективной жидкостной хроматографии // Известия Академии наук. Серия химическая, 2015, Т.64, №2, С.458-463.
6. Яшкин С. Н. Энтропийные характеристики адсорбции молекул *n*-пентана, бензола и ацетонитрила на поверхности непористых углеродных адсорбентов // Известия Академии наук. Серия химическая. 2014. Т.63. №3. С.582-590.
7. Vailaya A., Horvath C. Retention in reversed-phase chromatography: partition or adsorption? // Journal of. Chromatography A. 1998. V829. №1-2. P.1-27.

References

1. Shatts, V. D., Korobkova, T. I. (1985). Patterns of sorption of monosubstituted adamantane derivatives on octadecylsacagel. *Latv. PSR Zinat. Akad. Vestis. Ser. Khim.* 1985. №6. P.683-686.
2. Prusova, D., Colin, H., Guiochon, G.(1982). Liquid chromatography of adamantanes on carbon adsorbents. *J. Chromatogr.*, 1982, V.234, №1, P.1-11.
3. Solovova, N. V., Yashkin, S.N. (2003). Liquid chromatography of adamantane derivatives. *Russian Journal of Physical Chemistry*, 77, 8, 1508-1514.
4. Yashkina, E. A., Svetlov, D. A., Yashkin, S. N. (2015). Effect of sorbate- β -cyclodextrin complexation on the retention of aniline derivatives on a graphite-like adsorbent under HPLC conditions. *Russian Journal of Physical Chemistry*, 89, 10, 1914-1923.
5. Svetlov, D. A., Yashkina, E. A., Popov, A.S., Yashkin, S.N. Entropy characteristics of adsorption of benzene derivatives from aqueous-methanol solutions on the graphite-like adsorbent. *Russian Chemical Bulletin*. 2015. V.64. №2. P.458-463.
6. Yashkin, S. N. Entropy characteristics of adsorption of *n*-pentane, benzene, and acetonitrile molecules on the surface of nonporous carbon adsorbents. *Russian Chemical Bulletin*. 2014. V.63. №3. P.582-590.
7. Vailaya, A., Horvath. C. Retention in reversed-phase chromatography: partition or adsorption? *Journal of. Chromatography A*. 1998. V829. №1-2. P.1-27.

Информация об авторах:

Э. В. Рыжихина – аспирант;

Д. А. Светлов – кандидат химических наук, ведущий инженер;

Е. А. Яшкина – кандидат химических наук, учитель химии;

С. Н. Яшкин – доктор химических наук, профессор.

Information about the authors:

E. V. Ryzhikhina – graduate student;

D. A. Svetlov – Candidate of Chemical Sciences, lead engineer;

E. A. Yashkina – Candidate of Chemical Sciences, chemistry teacher;

S. N. Yashkin – Doctor of Chemical Sciences, professor.

Вклад авторов:

Э. В. Рыжихина – написание статьи, эксперимент;

Д. А. Светлов – обсуждение результатов, эксперимент;

Е. А. Яшкина – обсуждение результатов;

С. Н. Яшкин – научное руководство.

Contribution of the authors:

E. V. Ryzhikhina – writing article, experiment;

D. A. Svetlov – discussion of the results, experiment;

E. A. Yashkina – discussion of the results;

S. N. Yashkin – scientific management.

ХИМИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Тип статьи: научная
УДК 631

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Алина Рустамовна Абдрахманова¹, Юлия Зуфаровна Чиняева²

^{1,2}Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк

¹alinaverner262@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1112-4194>

²chuz80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

Исследования показали, что при дозировке препарата GroW-A 2 мл значительно увеличивается лабораторная всхожесть, а при дозировке 1 мл увеличивается скорость роста растений.

Ключевые слова: биопрепараты, GroW-A семена огурца, ростостимулирующие качества.

Для цитирования: Абдрахманова А. Р., Чиняева Ю. З. Влияние биопрепаратов на посевные качества овощных культур// Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 86-90.

THE EFFECT OF BIOLOGICAL PRODUCTS ON THE SOWING QUALITIES OF VEGETABLE CROPS

Alina R. Abdrakhmanova¹, Julia Z. Chinyaeva²

^{1,2}South Ural State Agrarian University, Troitsk

¹alinaverner262@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1112-4194>

²chuz80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

Studies have shown that with a dosage of GroW-A 2 ml, laboratory germination significantly increases, and with a dosage of 1 ml, the growth rate of plants increases.

Keywords: biological products, GroW-A cucumber seeds, growth-stimulating qualities

For citation: Abdrakhmanova, A. R., Chinyaeva, Yu. Z. (2024). The effect of biological preparations on the sowing qualities of vegetable crops. Contribution of young scientists to agricultural science: collection of scientific papers. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 86-90. (in Russ.).

Решением проблемы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур может стать использование биопрепаратов, созданных на основе биологически активных веществ или микробиологических объектов. Так, на рынке биопрепаратов можно встретить как препараты на основе *Azotobacter*, *Trichoderma*, так и препараты на основе экстрактов ели, лекарственных растений. Все они обладают неоспоримыми преимуществами перед традиционными методами химической защиты. Например, биопрепараты не обладают эффектами токсичности по отношению к растениям и животным, могут благотворно влиять на рост и развитие почвенной микрофлоры, при этом не вызывая существенных финансовых затрат [1].

Так, авторы Матвеев И. Д., Чиняева Ю. З., Струков Е. О. проверили микромицеты рода *Trichoderma* в качестве основы для биопрепаратов и пришли к положительным выводам: локальные штаммы грибов рода *Trichoderma* являются хорошей основой для создания биопрепаратов, которые могут эффективно показать себя в заданных агроклиматических условиях [2].

Раскрывая вопрос биопрепаратов, мы невольно сталкиваемся с трудностями обнаружения действительно соответствующих нуждам сельского хозяйства биологических объектов: не из всех растений можно получить качественные экстракты, оказывающие нужный эффект, затруднителен и поиск эффективных линий микроорганизмов.

В исследовательской работе, посвященной *Azotobacter* авторы оценивают прибрежную зону одного из региональных озер, на содержание бактерий этого перспективного рода. В результате удалось выделить несколько линий бактерий в 1,5 метрах от береговой линии [3].

GroW-A – фунгицидный препарат для защиты растений из хвои ели. Данный биопрепарат создают из древесной зелени ели. Обладает фунгицидными, бактерицидными и ростостимулирующими свойствами. В роли действующего вещества выступают фенольные соединения, выделенные из древесной зелени ели. Действующим веществом биопрепарата являются экстрактивные компоненты древесной зелени ели – флавоноиды. Биопрепарат относится к малоопасным соединениям, не обладает кожно-раздражающим, кумулятивным и сенсибилизирующим действием, поэтому его применение для повышения посевных качеств овощных культур является актуальным в настоящее время [4].

Исходя из актуальности, целью нашей работы было выявление эффекта от применения препарата GroW-A на показатели качества семян огурца. Для выполнения цели были поставлены следующие задачи: 1) определить влияние препарата GroW-A на лабораторную всхожесть семенного материала огурца; 2) проанализировать ростовые процессы огурца после применения биопрепарата.

Объектом исследования являются семена огурца гибрида Мева среднеплодного гладкого. В ходе исследования было проведено определение лабораторной всхожести семян огурца. Опыт проводился по следующим вариантам: 1) Контроль (без препарата); 2) GroW-A 0,5 мл + 7 мл воды; 3) GroW-A 1 мл + 6 мл воды; 4) GroW-A 2 мл + 5 мл воды. Опыт проводился в трехкратной повторности.

Проведенные исследования установили, что в варианте 4, где использовался препарат в расчете 2 мл на 5 мл воды, процент всхожести существенно увеличился, по сравнению с контролем. Наименьший показатель лабораторной всхожести был у варианта 2, расчет препарата GroW-A 0,5 мл + 7 мл воды. Результаты исследований предоставлены в таблице 1, рисунок 1, 2, 3.

Таблица 1

Влияние биопрепарата GroW-A на посевные показатели качества семян

№ п/п	Вариант	Лабораторная всхожесть, %
1	Контроль	63,3
2	GroW-A 0,5	70
3	GroW-A 1	76,6
4	GroW-A 2	93,3

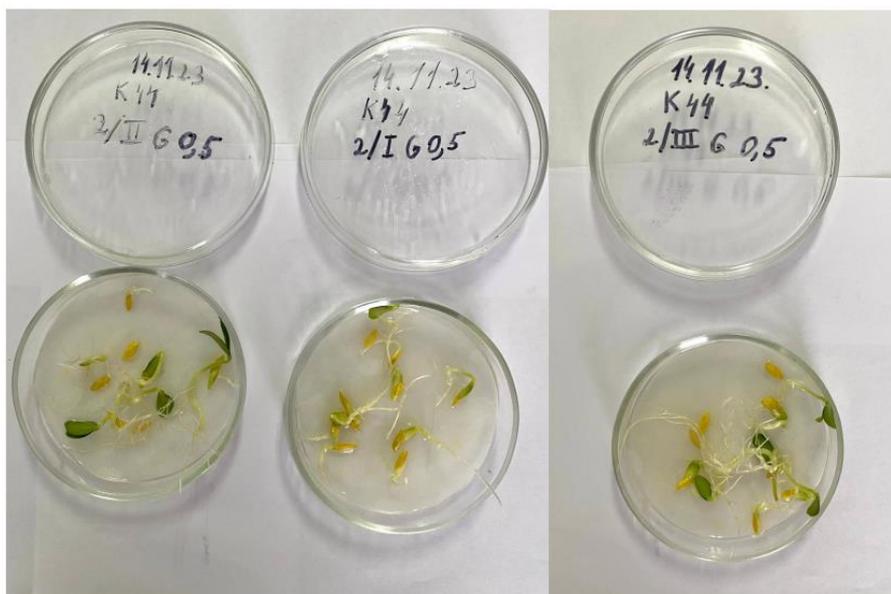


Рис. 1 Проростки семян с использованием препарата GroW-A 0,5 мл, на 7 день

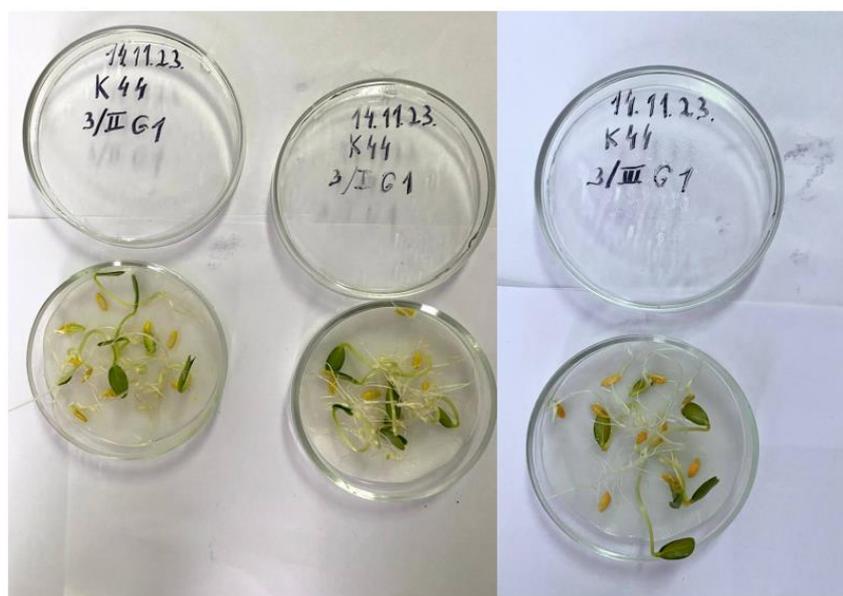


Рис. 2 Проростки семян с использованием препарата GroW-A 1 мл, на 7 день

В процессе наблюдения за влиянием GroW-A на ростовые процессы семян огурца можно выделить 3 варианта по длине растения, который составлял 8,6 см. В контрольном варианте длина была 7,1 см. По количеству корней лидирует 4 вариант. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние биопрепарата GroW-A на ростовые процессы семян огурца

№	Вариант	Длина растения, см	Кол-во корней, шт	Сумма длин корней, см
1	Контроль	7,1	6,3	30,8
2	GroW-A 0,5	5,6	7,3	25
3	GroW-A 1	8,6	7,6	39,6
4	GroW-A 2	6,1	9,3	34

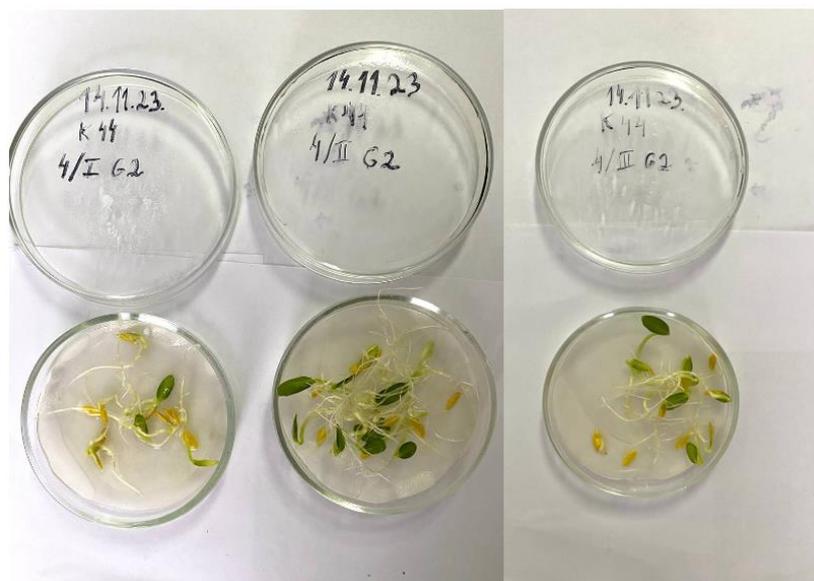


Рис. 3 Проростки семян с использованием препарата GroW-A 2 мл, на 7 день

Таким образом, повышение дозы препарата GroW-A (от рекомендуемой производителем) приводит к повышению лабораторной всхожести на 30% по сравнению с контролем, причем ростовые процессы огурца после применения биопрепарата, причем разная дозировка препарата неоднозначно влияет на ростовые процессы, в случае превышения дозы только увеличивается количество корней в среднем, по вариантам опыта, а понижение дозы угнетает развитие проростков по всем показателям.

Список источников

1. Прокудина О. С. Степанов А. Ф., Чупина М. П. Действие экстрактов из нетрадиционных растений на прорастание семян, рост и развитие сельскохозяйственных культур // Вестник КрасГАУ. 2017. № 2(125). С. 21-27.
2. Матвеев И. Д. Чиняева Ю. З., Струков Е. О. Поиск локальных штаммов микромицета рода триходерма, как основа для биопрепарата стернифага // Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли : мат. конф. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2022. С. 139-141.
3. Чиняева Ю. З. Калганов А. А., Матвеев И. Д. Оценка почв отелей озера Курлады на содержание *Azotobacter* // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : мат. конф. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2023. С. 242-245.
4. Гнеушева И. А. Разработка биологического средства защиты овощных культур на основе микробного сырья // Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения : мат. конф. Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2022. С. 42-45.

References

1. Prokudina, O. S., Stepanov, A. F., Chupina, M. P. (2017). The effect of extracts from non-traditional plants on seed germination, growth and development of agricultural crops. *Bulletin of KrasGAU*, № 2(125), 21-27. (in Russ.).
2. Matveev, I. D. Chinyaeva, Yu. Z., Strukov, E. O. (2022). Search for local strains of a micromycete of the genus trichoderma, as a basis for a sternifage biopreparation. Actual problems of food technology, tourism and trade : *collection of scientific papers* (pp. 139-141.) Nalchik (in Russ.).

3. Chinyaeva, Yu. Z., Kalganov, A. A., Matveev, I. D. (2023). Assessment of soils of the shallows of Lake Kurlady for the content of Azotobacter. Actual problems of agrarian science: applied and research aspects : *collection of scientific papers*. (pp. 242-245) Nalchik (in Russ.).

4. Gneusheva, I. A. (2022). Development of a biological means of protecting vegetable crops based on microbial raw materials. Rational use of raw materials and creation of new products for biotechnological purposes: *collection of scientific papers*. (pp. 42-45). Orel (in Russ.).

Информация об авторах:

Ю. З. Чиняева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

А. Р. Абдрахманова – студент.

Information about the authors:

Y. Z. Chinyaeva – Candidate of Agricultural Sciences, docent

A. R. Abdrakhmanova – student

Вклад авторов:

Ю. З. Чиняева – научный руководитель;

А. Р. Абдрахманова – написание статьи.

Contribution of the authors:

Y. Z. Chinyaeva – scientific supervisor;

A. R. Abdrakhmanova – writing the article.

Тип статьи: научная

УДК 633.11:631.84

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА
ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Владимир Вячеславович Адонин¹, Людмила Николаевна Жичкина²

^{1,2} Самарский государственный аграрный университет», Самара, Россия

¹ ad0vlad@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9976-0272>

²zhichkinaln@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6536-8856>

В статье представлены результаты исследований влияния азотных удобрений на формирование урожайности и качества зерна яровой твердой пшеницы в условиях Большеглушицкого района Самарской области.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, урожайность, стекловидность зерна, натура зерна, клейковина, минеральные удобрения.

Для цитирования: Адонин В. В., Жичкина Л. Н. Формирование урожая и качества зерна яровой твердой пшеницы при применении азотных удобрений // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 90-94.

**FORMATION OF YIELD AND GRAIN QUALITY OF SPRING
DURUM WHEAT USING NITROGEN FERTILIZERS**

Vladimir V. Adonin¹, Lyudmila N. Zhichkina²

^{1,2} Samara State Agrarian University, Samara, Russia

¹ ad0vlad@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9976-0272>

²zhichkinaln@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6536-8856>

The article presents the results of research on the effect of nitrogen fertilizers on the formation of yield and grain quality of spring durum wheat in the conditions of the Bolsheglushitsky district of the Samara region.

Keywords: spring durum wheat, yield, grain glassiness, grain unit, gluten, mineral fertilizers.

For citation: Adonin, V. V., Zhichkina, L. N. (2024). Formation Of Yield And Grain Quality Of Spring Durum Wheat Using Nitrogen Fertilizers. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 90-94. (in Russ.).

В настоящее время в Российской Федерации половину посевных площадей занимают зерновые культуры, являясь продовольственной основой и обеспечивая продовольственную независимость нашей страны [1, 2, 3].

Пшеница считается одной из наиболее древних и самой распространенной на земном шаре продовольственной культурой мирового земледелия. Эта культура включает в себя более 20 видов, но самое большое производственное значение имеют два вида мягкая (обыкновенная) пшеница (*Triticum aestivum* L.) и твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.).

Качественное зерно пшеницы всегда востребовано на внутреннем и мировом зерновых рынках. Важнейшими показателями, которые характеризуют качество зерна пшеницы, и направление ее использования выступают белок и клейковина [4].

Яровая твердая пшеница более требовательна к условиям минерального питания, особенно к наличию в почве основных макроэлементов в доступной форме, что в свою очередь связано со слаборазвитой корневой системой, по сравнению с яровой мягкой пшеницей, и ее невысокой усвояющей способностью. При этом яровая твердая пшеница менее устойчива к почвенной засухе, но более устойчива к воздушной засухе. Почвы тяжелые (глинистые) и легкие (песчаные) не пригодны для возделывания этой культуры.

В целом большие площади яровой мягкой пшеницы (до 90%) связаны с ее пластичностью, т.е. ее лучшей приспособленностью к почвенно-климатическим условиям [5, 6, 7].

Твердая пшеница является одной из самых ценных зерновых культур на земном шаре и служит незаменимым сырьем для производства высококачественных макаронных и кондитерских изделий, крупы и продуктов детского питания. Зерно твердой пшеницы пользуется спросом, как на внутреннем рынке Российской Федерации, так и внешнем рынке.

Приоритетными задачами сельскохозяйственного производства выступают увеличение производства продовольственного и фуражного зерна в хозяйствах различных форм собственности, при условии рационального использования агротехнических, биологических, технических и организационно-экономических факторов.

Стабилизации и повышению экономической эффективности зернового хозяйства будет способствовать совершенствование технологии возделывания зерновых культур, которое позволит не только увеличить производство зерна, но и улучшить его качественные показатели.

Ценность зерна яровой твердой пшеницы определяется соответствием показателей качества базовым критериям и зависит не только от генетических особенностей и пластичности сорта, но и от почвенно-климатических условий региона возделывания.

Оптимизация питательного режима растений яровой твердой пшеницы возможна за счет применения минеральных удобрений. Внесение удобрений в соответствии с технологическими нормами и сроками, является гарантом получения программируемого урожая. Азот важный макроэлемент для формирования высокого и качественного урожая яровой твердой пшеницы.

Почвенно-климатические условия Среднего Поволжья позволяют получать высокие урожаи яровой твердой пшеницы хорошего качества при улучшении ее обеспеченности элементами питания, т.е. при научно-обоснованном применении минеральных удобрений.

Цель исследования – определить влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы в условиях Большеглушицкого района Самарской области.

Исследования проводили на сорте яровой твердой пшеницы – Безенчукская золотистая. Сорт выведен в филиале СамНЦ РАН (Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова). Среднеспелый (77-88 дней – вегетационный период), рекомендованный для возделывания в Средневолжском, Нижневолжском и Уральском регионах. Разновидность – leucurum. Масса 1000 зерен – 35-49 г. Достоинства сорта: умеренно устойчив к бурой ржавчине и твердой головне, реологические свойства теста (48,7 мл) отвечают самым высоким требованиям мирового рынка, макароны, изготовленные из зерна этого сорта, обладают отличными варочными и кулинарными свойствами.

Почвенный покров участка – чернозем южный малогумусный. В посевах яровой твердой пшеницы применяли аммиачную селитру, сульфат аммония и азофоску. Все удобрения были внесены путем разбрасывания (100 кг/га). Сульфат аммония имеет в своем составе азот в аммонийной форме и серу (21:24). Аммиачная селитра содержит аммонийный и нитратный азот в равных количествах (17:17). Азофоска – сложное удобрение, имеет в своем составе азот в нитратной и аммонийной форме, а также фосфор и калий (16:16:16).

Внесение сульфата аммония, аммиачной селитры и азофоски увеличило урожайность яровой твердой пшеницы и улучшило качественные показатели зерна (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы в 2023 г.

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га (%)	Стекловидность, %	Натура, г/л	Клейковина	
					количество, %	качество, ИДК
Контроль	15	-	65	700	24,5	95
Сульфат аммония	17	2 (11,8)	70	750	27,0	90
Аммиачная селитра	16	1 (6,25)	68	730	26,0	92
Азофоска	16	1 (6,25)	66	705	24,9	94

Урожайность яровой твердой пшеницы в 2023 г. по вариантам изменялась от 15 ц/га (контрольный вариант) до 17 ц/га (применение сульфата аммония).

Во всех вариантах применение минеральных удобрений, содержащих азот увеличило урожайность по сравнению с контролем. Наибольшая прибавка урожайности была получена в варианте, где применяли сульфат аммония – она составила 2 ц/га (11,8%). В вариантах, где применяли аммиачную селитру и азофоску, прибавка урожайности составила – 1 ц/га (6,25%).

Анализ качественных показателей показал, что стекловидность, натура, количество и качество клейковины изменялись по изучаемым вариантам.

Стекловидность, важный признак мукомольных свойств зерна и основа классификации товарного зерна. В Российской Федерации в соответствии с ГОСТом Р 52554-2006 для 1 и 2 классов минимальная стекловидность – 85%, для третьего – 70%, для 4 неклассной пшеницы не ограничена.

В 2023 г. минимальная стекловидность была получена в варианте без применения удобрений – 65%, наибольшая при применении сульфата аммония – 70%, что соответствовало 3 классу.

Одним из признаков, используемых для классификации зерна, выступает натура зерна. Данный показатель измеряется в г/л, и нормируется ГОСТом Р 52554-2006 и ГОСТом 9353-2016. Зерно выполненное, полновесное имеет повышенную натуру, для зерна 1 класса натура составляет – 770 г/л, для 2 и 3 класса – 745 г/л, для 4 класса – 710 г/л, для 5 класса – не ограничивается.

Минимальный показатель натурности зерна в 2023 г. отмечался в контроле (700 г/л), максимальный в варианте с внесением сульфата аммония – 750 г/л, что 2 и 3 классам.

Клейковина определяет хлебопекарные качества зерна. Согласно ГОСТа Р 52554-2006 для 1 класса массовая доля сырой клейковины составляет 28,0%, для 2 класс – 25,0%, для 3 класса – 22,0%, для 4 класс – 18,0%, для 5 класса – не ограничивается.

Количество клейковины по вариантам опыта изменялось от 24,5% (контрольный вариант) до 27,0 (применение сульфата аммония), что соответствовало 2 классу. Качество клейковины в изучаемых вариантах изменялось от 90 ИДК до 95 ИДК, что соответствовало качеству клейковины 3 группы.

В результате изучения влияния азотных минеральных удобрений на формирование урожайности и качества зерна яровой твердой пшеницы в условиях Большеглушицкого района Самарской области можно сделать следующие выводы:

1. Анализ применения различных форм азотных удобрений показал, что в 2023 г. лучшим вариантом оказался вариант, где применяли сульфат аммония. Прибавка урожайности по сравнению с контролем составила 2 ц/га. Внесение аммиачной селитры и азофоски, в меньшей степени увеличивало урожайность яровой твердой пшеницы.

2. Внесение сульфата аммония, аммиачной селитры и азофоски по 100 кг/га, оказало положительное влияние на изучаемые показатели качества зерна яровой твердой пшеницы (стекловидность зерна, натура зерна, количество и качество клейковины). Наибольшая натура (750 г/л), стекловидность (70%) и количество клейковины (27%) были получены в варианте с применением сульфата аммония).

Таким образом, увеличение производства зерна высокого качества возможно при применении азотных удобрений. Оптимизация азотного питания должна проводиться на основе почвенной и листовой диагностики при соблюдении агротехнических приемов рационального внесения азотных удобрений.

Список источников

1. Zhichkin K., Nosov V., Zhichkina L. The Express Method for Assessing the Degraded Lands Reclamation Costs // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021. Vol. 130. P. 483-492. doi:10.1007/978-981-33-6208-6_47.

2. Zhichkina L. N., Nosov V. V., Zhichkin K. A., Aydinov H. T., Zhenzhebir V. N., Kudryavtsev V. V. Satellite monitoring systems in forestry // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1515. 032043. doi:10.1088/1742-6596/1515/3/032043.

3. Zhichkin K. A., Nosov V. V., Zhichkina L. N., Gubadullin A.A. The Theory of Agriculture Multifunctionality on the Example of Private Households // *Agriculture*. 2022. Vol. 12. 1870. doi:10.3390/agriculture12111870.

4. Zhichkin K., Nosov V., Zhichkina L., Lakomiak A., Pakhomova T., Terekhova A. Biological bases of crop insurance with state support // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. 022026. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022026.

5. Zhichkina L., Zhichkin K., Vlasov A., Belyaev A., Borobov V., Lyubimova N. The effectiveness of nitrogen fertilizing in the cultivation of winter wheat // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 979. 012015. doi:10.1088/1755-1315/979/1/012015.

6. Жичкина Л. Н. Влияние рельефа местности на вредоносность пшеничного трипса в лесостепи Заволжья // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013. № 4. С. 33-37.

7. Жичкина Л. Н. Экономико-экологическая и энергетическая эффективность систем обработки почвы // *Стабилизация аграрного производства в рыночных условиях: межвузовский сборник научных трудов*. Самара: Самарская ГСХА, 2001. С. 123-125.

References

1. Zhichkin, K., Nosov, V. & Zhichkina, L. (2021). The Express Method for Assessing the Degraded Lands Reclamation Costs. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 130, 483-492. doi:10.1007/978-981-33-6208-6_47.

2. Zhichkina, L. N., Nosov, V. V., Zhichkin, K. A., Aydinov, H. T., Zhenzhebir, V. N. & Kudryavtsev, V. V. (2020). Satellite monitoring systems in forestry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515, 032043. doi:10.1088/1742-6596/1515/3/032043.

3. Zhichkin, K. A., Nosov, V. V., Zhichkina, L. N. & Gubadullin, A.A. (2022). The Theory of Agriculture Multifunctionality on the Example of Private Households. *Agriculture*, 12, 1870. doi:10.3390/agriculture12111870.

4. Zhichkin, K., Nosov, V., Zhichkina, L., Lakomiak, A., Pakhomova, T. & Terekhova, A. (2021). Biological bases of crop insurance with state support. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677, 022026. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022026.

5. Zhichkina, L., Zhichkin, K., Vlasov, A., Belyaev, A., Borobov, V. & Lyubimova, N. (2022). The effectiveness of nitrogen fertilizing in the cultivation of winter wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 979, 012015. doi:10.1088/1755-1315/979/1/012015.

6. Zhichkina, L. N. (2013) Influence of terrain relief on the harmfulness of wheat thrips in the forest-steppe of the Volga region. *News of the Samara State Agricultural Academy*. 4, 33-37 (in Russ.).

7. Zhichkina, L. N. (2001) Economic-environmental and energy efficiency of soil treatment systems. Stabilization of agricultural production in market conditions: interuniversity collection of scientific papers. Samara: Samara State Agricultural Academy. 123-125 (in Russ.).

Информация об авторах

Л. Н. Жичкина – кандидат биологических наук, доцент;

В. В. Адонин – магистрант.

Information about the authors:

L. N. Zhichkina – candidate of Biological Sciences, Associate Professor;

V. V. Adonin – master student.

Вклад авторов:

Л. Н. Жичкина – научное руководство;

В. В. Адонин – написание статьи.

Contribution of the authors:

L. N. Zhichkina – scientific management;

V. V. Adonin – writing articles.

Тип статьи: научная

УДК 543.421/.424

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛИ NANOCHLOROPSIS SP. ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА

Евгений Вячеславович Базарнов¹, Андрей Юрьевич Богомолов²

^{1,2}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹ebazarnov2@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0002-5924-7297>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://0000-0002-4832-638X>

*При разработке и оптимизации биотехнологических процессов выбор культуры биомассы и оценка ее химического состава позволяют выявить основные факторы, влияющие на кинетику процесса культивации. Была выращена культура микроводоросли *Nannochloropsis* sp. и проведен анализ химического состава биомассы методом ИК-спектроскопии Фурье, в том числе, методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с высушиванием*

капли раствора биомассы на поверхности кристалла. Для проведения анализа методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией (ГХ-МС) биомасса микроводоросли *Nannochloropsis sp.* была подвергнута переэтерификации, полученные соединения также были проанализированы методом ИК-спектроскопии Фурье.

Ключевые слова: культивация *Nannochloropsis sp.*, биомасса, ИК-спектроскопия, биотопливо.

Для цитирования: Базарнов Е. В., Богомолов А. Ю. Анализ химического состава биомассы микроводоросли *Nannochloropsis sp.* для производства биотоплива // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 94-99.

ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE BIOMASS OF THE MICROALGAE NANNOCHLOROPSIS SP. FOR BIOFUEL PRODUCTION

Evgenii V. Bazarnov¹, Andrey Yu. Bogomolov²

^{1,2}Samara State Technical University, Samara

¹ebazarnov2@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0002-5924-7297>

²c11b0f5057f5@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4832-638X>

When developing and optimizing biotechnological processes, selection of biomass culture and evaluation of its chemical composition allow to identify the main factors affecting the kinetics of the cultivation process. The culture of microalgae *Nannochloropsis sp.* was grown, and the chemical composition of biomass was analyzed by Fourier infrared spectroscopy, infrared spectroscopy with attenuated total reflection (ATR_ attachment with drying of a drop of biomass solution. For gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis the biomass of microalgae *Nannochloropsis sp.* was transesterificated, the obtained compounds were also analyzed by Fourier infrared spectroscopy.

Keywords: cultivation of *Nannochloropsis sp.*, biomass, infrared spectroscopy, biofuel.

For citation: Bazarnov, E. V., Bogomolov, A. Yu. (2024). Analysis of the chemical composition of the biomass of the microalgae *Nannochloropsis sp.* for biofuel production. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 94-99. (in Russ.).

Введение. При разработке и оптимизации биотехнологических процессов решаются задачи выбора культуры биомассы и оценки ее химического состава. Это позволяет выявить основные факторы, влияющие на кинетику процесса культивации. Известно, что на химический состав биомассы влияют условия процесса ее культивирования. Например, азотное голодание культуры *Nannochloropsis sp.* в сочетании с увеличением яркости освещения повышает содержание липидов в составе биомассы на 51% [1]. Особенно сложным представляется онлайн-анализ химического состава биомассы живых клеток непосредственно в ходе процесса культивирования. Анализ уже отобранной из реактора биомассы также сопряжен с определенными трудностями. При выполнении данной поисковой работы по разработке технологии получения биотоплива третьего поколения решалась задача определения химического состава биомассы *Nannochloropsis sp.* и полученного из нее биотоплива. Исследования по оценке химического состава биомассы осложняются высокой прочностью стенок клетки микроводоросли, препятствующей извлечению накопленных в течение жизненного цикла соединений [2].

Материалы и методы. Сконструирован фотобиореактор и проведено культивирование биомассы микроводоросли *Nannochloropsis sp.* Клетки биомассы (рис. 1) извлекались из культуральной среды путем седиментации. Извлеченные клетки промывались дистиллированной водой до достижения нейтрального pH с последующим высушиванием. Целевые соединения из клеток биомассы извлекались деструктивными методами (криогенная заморозка, СВЧ-деструкция).

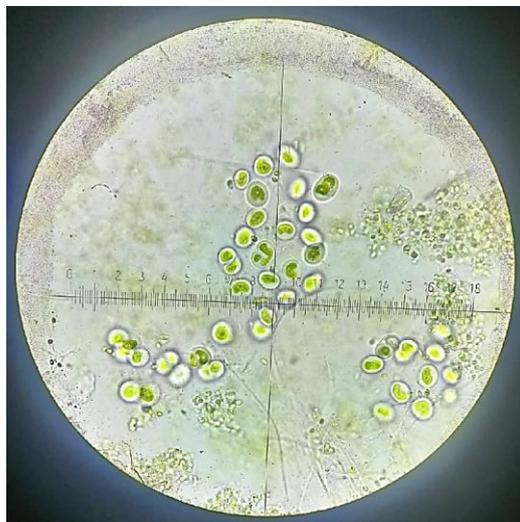


Рис. 3 Биомасса *Nannochloropsis sp.* под микроскопом с 40-кратным увеличением

Анализ химического состава культуральной жидкости и клеток проводился методом ИК-спектроскопии Фурье с тремя различными методами пробоподготовки. Извлеченные компоненты в виде тонкой пленки наносились на дисковые стекла КВг для снятия ИК-спектров [3]. Помимо этого, образцы биомассы были подвергнуты переэтерификации метанолом на алколятах щелочных металлов, после чего продукт был проанализирован методом ИК-спектроскопии Фурье. Для прямого анализа биомассы (без извлечения целевого продукта) использовался метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) после полного высушивания капли культуральной жидкости, нанесенной на кристалл алмаза приставки НПВО при 45°C.

Для снятия ИК-спектров использовались ИК-спектрометр Фурье «СМ 1201» (Санкт-Петербург, Россия) для анализа продуктов на стеклах КВг и «Симекс» (Новосибирск, Россия) с приставкой НПВО для анализа культуральной жидкости.

Результаты и обсуждение. ИК-спектры извлеченной из клеток биомассы представлены на рис. 2.

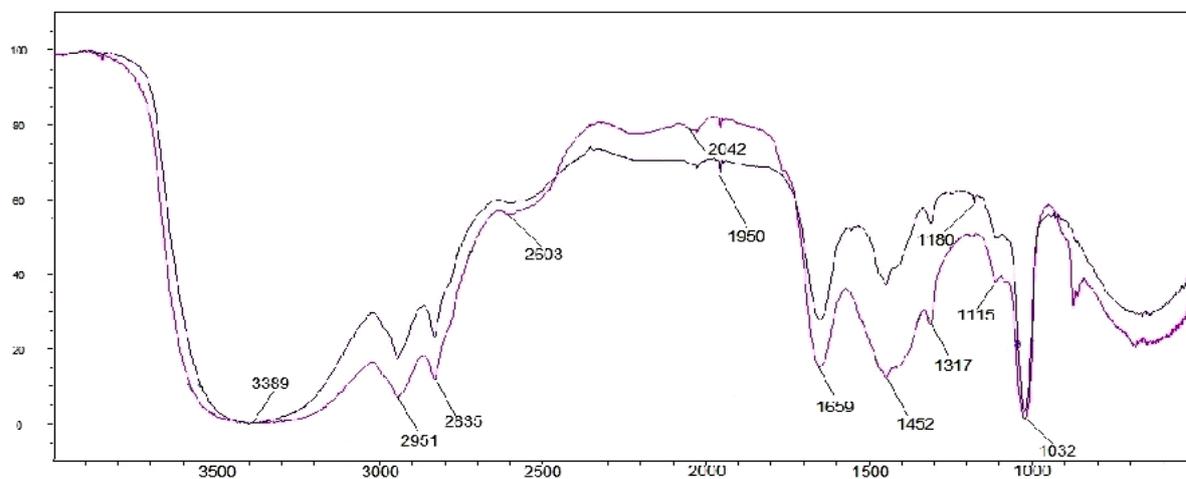


Рис. 2 ИК-спектры биомассы, полученной из клеток деструктивными методами

Интерпретация спектров показала наличие в составе биомассы сложных эфиров, алканов и тиолов (табл. 1).

Таблица 1

Интерпретация спектров биомассы (рис. 2)

Полосы поглощения, см ⁻¹	Классы соединений
<700, 1950, 3389 (3100-3600)	Спирты
1032, 1115	Сложные эфиры, спирты
1180	Замещенные АУВ
1317, 1452, 2835, 2951	Алканы
1659	Сложные эфиры, кетоны
1950, 2042	Азотсодержащие соединения
2603	Тиолы

ИК-спектры высушенной капли культуральной среды, содержащей живые клетки микроводоросли *Nannochloropsis sp.* представлены на рис. 3.

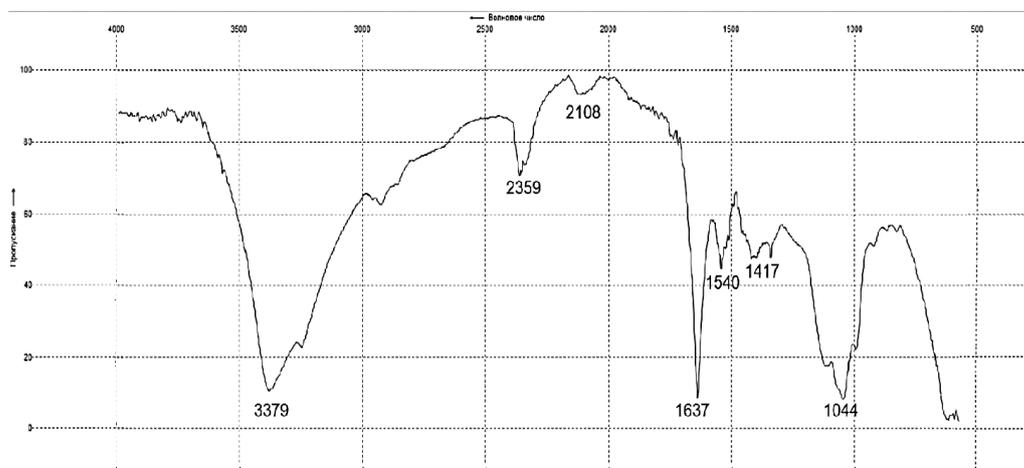


Рис. 3 ИК-спектр капли биомассы, высушенной на приставке НПВО

Таблица 2

Интерпретация ИК-спектра капли биомассы, высушенной на приставке НПВО (рис. 3)

Полосы поглощения, см ⁻¹	Классы соединений
<700, 2108, 3379 (3100-3600)	Спирты
1044	Сложные эфиры, спирты
1190	Замещенные АУВ
1417, 1540, 2938	Алканы
1637	Сложные эфиры, кетоны
2108	Азотсодержащие соединения
2359	Тиолы

Спектр капли, высушенной на приставке НПВО, близок к результатам, полученным традиционными методами пробоподготовки с последующим анализом ИК-спектроскопии методом Фурье на стеклах КВг.

Предполагалось, что в составе биомассы *Nannochloropsis sp.* присутствуют триглицериды (полосы поглощения 1637 и 1044 см⁻¹), которые не могут быть элюированы из колонки в силу стерических затруднений [4]. В связи с этим проба биомассы была подвергнута переэтерификации, после чего продукт переэтерификации был проанализирован методами ИК-спектроскопии Фурье и ГХ-МС. ИК-спектр продукта переэтерификации представлен на рис. 4.

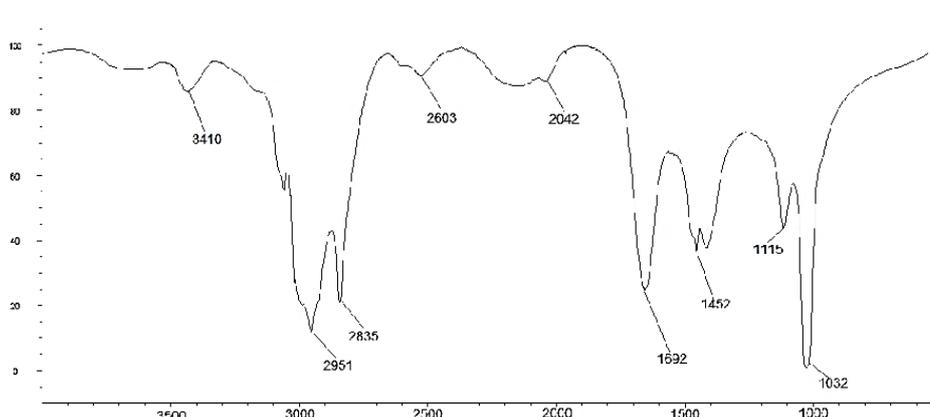


Рис. 4 ИК-спектр продукта переэтерификации биомассы

Таблица 3

Интерпретация спектра продукта переэтерификации (рис.4)

Полосы поглощения, см ⁻¹	Классы соединений
1032, 1115	Сложные эфиры, спирты
1317, 1452, 2835, 2951	Алканы
1692	Сложные эфиры, кетоны
2042, 3410	Сложные эфиры
2603	Тиолы

Химический состав продукта переэтерификации по результатам ГХ-МС представлен на рис. 5.

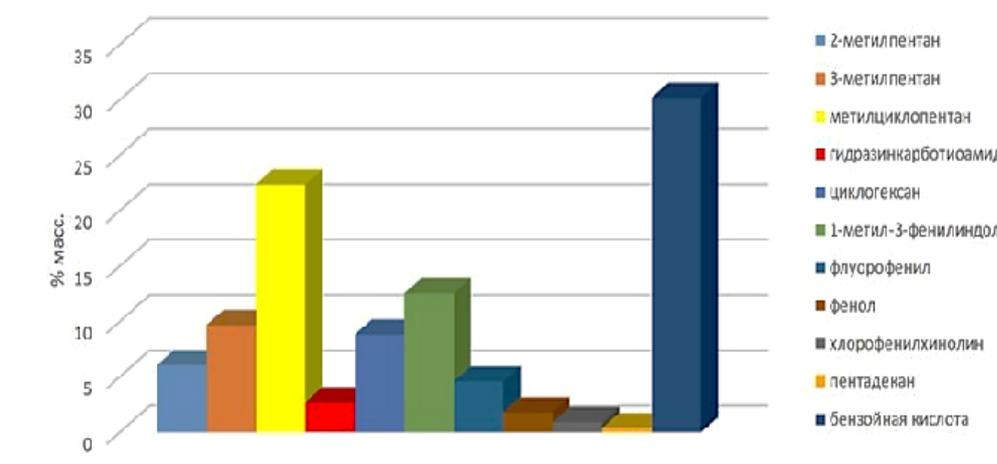


Рис. 5 Химический состав биомассы по результатам ГХ-МС

Заключение. ИК-спектроскопия показала явные преимущества в скорости и простоте анализа состава биомассы перед методом ГХ-МС, который требует трудоемкой и длительной пробоподготовки, такой как переэтерификация образца. ИК-спектроскопия с приставкой НПВО показала себя наиболее перспективным методом анализа биомассы микроводорослей.

Список источников

1. Muhammad, U., Shamsuddin, I., Danjuma, A., RuS, M., Dembo, U. (2018). Biofuels as the starring substitute to fossil fuels. *Petrol. Sci. and Eng.*, 2, 1, 44-49.
2. Shetty, K., & Krishnakumar, G. (2023). Strategies to enhance lipid productivity in microalgae: Role of cell disruption and media composition. *Fuel*, 345, 128240.

3. Kamnev, A.A., Tugarova, A.V., Dyatlova, Yu.A., Tarantilis, P.A, Grigoryeva, O.P., Fainleib, A.M., De Luca, S. (2018). Methodological effects in Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy: Implications for structural analyses of biomacromolecular samples. *Spectrochimica Acta Part A*,193, 558-564.

4. Ahamed, T. S., Brindhadevi, K., Krishnan, R., Phuong, T. N., Alharbi, S. A., Chinnathambi, A., & Mathimani, T. (2022). In vivo detection of triacylglycerols through Nile red staining and quantification of fatty acids in hyper lipid producer *Nannochloropsis* sp. cultured under adequate nitrogen and deficient nitrogen condition. *Fuel*, 322, 124179.

References

1. Muhammad, U., Shamsuddin, I., Danjuma, A., RuS, M., Dembo, U. (2018). Biofuels as the starring substitute to fossil fuels. *Petrol. Sci. and Eng.*, 2, 1, 44-49.

2. Shetty, K., & Krishnakumar, G. (2023). Strategies to enhance lipid productivity in microalgae: Role of cell disruption and media composition. *Fuel*, 345, 128240.

3. Kamnev, A. A., Tugarova, A. V., Dyatlova, Yu. A., Tarantilis, P.A, Grigoryeva, O. P., Fainleib, A. M., De Luca, S. (2018). Methodological effects in Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy: Implications for structural analyses of biomacromolecular samples. *Spectrochimica Acta Part A*,193, 558-564.

4. Ahamed, T. S., Brindhadevi, K., Krishnan, R., Phuong, T. N., Alharbi, S. A., Chinnathambi, A., & Mathimani, T. (2022). In vivo detection of triacylglycerols through Nile red staining and quantification of fatty acids in hyper lipid producer *Nannochloropsis* sp. cultured under adequate nitrogen and deficient nitrogen condition. *Fuel*, 322, 124179.

Информация об авторах

А. Ю. Богомолов – доктор химических наук, доцент;

Е. В. Базарнов – аспирант.

Information about the authors

A. Yu. Bogomolov – Doctor of Chemical Sciences, docent;

E. V. Bazarnov – Ph.D. student.

Вклад авторов:

А. Ю. Богомолов – научное руководство;

Е. В. Базарнов – эксперимент, написание статьи.

Contribution of the authors:

A. Yu. Bogomolov – scientific management;

E. V. Bazarnov – experiment, writing article.

Тип статьи: научная

УДК 631.82:631.415

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РЕАКЦИЮ СРЕДЫ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА

Анна Алексеевна Бокова¹, Александр Дамирович Хасанов²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Самара, Россия

¹anuta1998b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>

²boomalope@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0088-4721>

Приведены результаты исследования влияния минеральных удобрений на реакцию среды почвенного раствора. Полевой опыт закладывался в 2023 году в центральной

агроэкологической зоне Самарской области умеренного увлажнения на черноземе обыкновенном среднесуглинистом. При агрохимическом анализе определяли рН водной и солевой вытяжки из почвы, а также гидролитическую кислотность методом титрования. По величине рН водной вытяжки, равной от 6,2 до 6,5 можно отнести опытные участки к слабокислым, а по результатам солевой вытяжки (5,5-6,3 ед. рН) – близким к нейтральным. Разница значений рН почвенного раствора между контролем и значениями опытных вариантов составляет 0,14 единиц, для рН_{вод}, 0,39 для рН_{сол} и 0,68 для рН_{гидр}. При внесении минеральных удобрений произошло подкисление почв на 0,3-0,5 единиц. Изучаемые почвы по значению рН водной вытяжки относятся к слабокислым, а по результатам рН_{сол} и гидролитической кислотности – к нейтральным.

Ключевые слова: почва, удобрение, кислотность, проба, вытяжка.

Для цитирования: Бокова А. А., Хасанов А. Д. Влияние минеральных удобрений на реакцию среды почвенного раствора // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 99-104.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE REACTION OF THE SOIL SOLUTION MEDIUM

Anna A. Bokova¹, Alexander D. Khasanov²

^{1,2}Samara State Agrarian University, Samara, Russia

¹anuta1998b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>

²boomalope@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0088-4721>

The results of a study of the influence of mineral fertilizers on the reaction of the soil solution medium are presented. The field experiment was launched in 2023 in the central agro-ecological zone of the Samara region with moderate moisture on ordinary medium-loamy chernozem. During agrochemical analysis, the pH of water and salt extracts from the soil, as well as hydrolytic acidity, was determined by titration. Based on the pH value of the water extract, equal to 6.2 to 6.5, the experimental areas can be classified as slightly acidic, and based on the results of the salt extract (5.5-6.3 pH units), they are close to neutral. The difference in pH values of the soil solution between the control and the values of the experimental options is 0.14 units for pH_{water}, 0.39 for pH_{salt} and 0.68 for pH_{hydr}. When applying mineral fertilizers, soil acidification occurred by 0.3-0.5 units. The studied soils are classified as slightly acidic based on the pH value of the water extract, and neutral based on the results of pH_{salt} and hydrolytic acidity.

Key words: soil, fertilizer, acidity, sample, extract

For citation: Bokova, A. A., Khasanov, A. D. (2024). Influence of mineral fertilizers on the reaction of the soil solution medium. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 99-104. (in Russ.).

Введение. Влияние минеральных удобрений на реакцию среды почвенного раствора может быть значительным и имеет важное значение для роста и развития растений. Минеральные удобрения могут оказывать как кислотное, так и щелочное воздействие на почвенный раствор в зависимости от их состава [1]. Например, аммиачно-нитратные удобрения могут повысить рН почвенного раствора за счет аммонийной формы, которая при окислении образует щелочной аммоний. С другой стороны, удобрения, содержащие сульфаты, могут увеличивать кислотность почвы из-за образования сульфатов, которые могут реагировать с водой, образуя серную кислоту.

Правильный выбор и применение минеральных удобрений могут привести к коррекции реакции почвы, обеспечивая оптимальные условия для роста и развития растений. Контроль

над реакцией почвы также важен для предотвращения негативных последствий, таких как ущерб для биологического разнообразия почвенных микроорганизмов, снижение доступности питательных веществ для растений, и ухудшение структуры почвы [2,3]. Таким образом, изучение влияния минеральных удобрений на реакцию почвенного раствора актуально и является важным аспектом для улучшения урожайности и здоровья почвы.

Цель исследования – оценить влияние различных норм минеральных удобрений на реакцию среды почвенного раствора чернозема обыкновенного.

В задачи исследования входило:

- 1) Провести пробоподготовку образцов почвы
- 2) Определить рН водной вытяжки почв
- 3) Определить обменную кислотность почв
- 4) Провести анализ на гидролитическую кислотность почвы

Методика исследований. Полевой опыт закладывался в 2023 году в центральной агроэкологической зоне Самарской области умеренного увлажнения на черноземе обыкновенном среднесуглинистом [4]. На опытных участках произрастал яровой ячмень сорта Ястреб. В опытах использовалось минеральное удобрение (МУ) сульфоаммофос NP(S) 16:20 (12). в состав удобрения входит: MgO 0,1-0,3 %, N 20 %, P₂O₅ 20 %, S 14%.

Опыт имел 3 повторности и включал контрольный вариант и варианты с внесением минерального удобрения в дозах действующего вещества N₅₀P₅₀, N₁₀₀P₁₀₀, N₁₅₀P₁₅₀.

Пробы отбирали почвенным буром на глубину 30 см методом конверта. Затем готовилась обобщенная и средняя пробы. В дальнейшем пробы высушивались и просеивались через сито с диаметром 1 мм. Отбор почвенных образцов проводился методом конверта из 5 точек с делянки на глубину 30 см почвенным буром. Далее готовилась обобщенная и средняя пробы (методом квартования).

Пробы почвы для последующего химического анализа высушивались до воздушно-сухого состояния в термостате при температуре 105 °С. Далее проводили дробление и просеивание, куски большого размера измельчали в фарфоровой ступке, также в процессе измельчения проводили просеивание через сито диаметром 1 мм. Путем многократного просеивания и отбрасывания кусков большого размера, мы получили лабораторную пробу.

Необходимые анализы на определение кислотности водной и солевой вытяжки проводили на базе ИНИЛ СамГАУ с использованием ГОСТов: рН_{вод} (ГОСТ 26423-85 п.4.3.); рН_{сол.} (ГОСТ 26483 – 85). Определение гидролитической кислотности осуществляли титрованием по методу Каппена (ГОСТ 26212-2021).

Определение рН водного раствора в агрохимии – это мера концентрации ионов водорода (H⁺) в почвенном или водном растворе, которая определяет его кислотность или щелочность. Это шкала от 0 до 14, где значение 7 считается нейтральным. Значения рН менее 7 указывают на кислотную среду (чем ниже значение, тем сильнее кислотность), а значения свыше 7 свидетельствуют о щелочной среде (чем выше значение, тем более щелочная среда).

В ходе анализа 10 г подготовленной почвы помещали в химические стаканы и заливали 50 мл дистиллированной воды. Почву с водой перемешивали на взбалтывателе в течение 3 минут и дали отстояться в течение 5 минут. Далее проводили измерение рН при помощи рН-метра. Показания прибора считывали через 1,5 минуты после погружения электродов в измеряемую среду. Значения округляли до 0,1 ед. рН.

Обменная кислотность обусловлена наличием в почвенном поглощающем комплексе ионов водорода и алюминия, способных обмениваться на катионы нейтральных солей, например, хлорида калия.

На лабораторных весах взвешивали 20 г предварительно подготовленной почвы и помещали в стеклянный химический стаканчик емкостью 100 мл, приливали 50 мл 1,0 н раствора KCl, тщательно взбалтывали и отстаивали 5 минут. По истечении времени проводили определение рН потенциометрическим методом. Показания прибора считывали не ранее чем через 1 минуту после погружения электродов в суспензию. Значения записывали с точностью до 0,1 ед. рН.

Гидролитическую кислотность определяли при взаимодействии почвы с раствором гидролитической щелочной соли (1,0 н раствор CH_3COONa) при соотношении почва-раствор 1:2,5 для минеральных почв. В результате реакции образовывалась уксусная кислота, которую титровали щелочью. По объему щелочи, пошедшей на титрование, определяли количество ионов водорода, т.е. гидролитическую кислотность почвы.

Навеску почвы массой 20 г помещали в колбу объемом 250 мл. Мерным цилиндром приливали 50 мл 1 н раствора CH_3COONa , содержимое взболтали; Полученную суспензию отфильтровали через двойной складчатый фильтр. Пипеткой отобрали 20 мл фильтрата в колбу для титрования на 100 мл; Добавили 2-3 капли фенолфталеина и титровали 0,1 н раствором NaOH до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 минуты. Титровали до двух сходимых результатов.

Расчет результатов проводили по формуле:

$$\text{Нг, мг - экв./100 г почвы} = (a \times K \times 0,1 \times 1,75 \times 100) / n,$$

где a – количество 0,1 н. раствора NaOH , пошедшей на титрование, мл;

K – поправка к титру NaOH ;

0,1 – нормальность NaOH ;

1,75 – коэффициент поправки результатов на неполноту вытеснения катионов водорода из ППК при однократной обработке почвы раствором CH_3COONa ;

100 – пересчёт на 100 г почвы;

n – навеска почвы, соответствующая объёму фильтрата, взятого для анализа, г.

Результаты исследований. В ходе проведенных испытаний были получены результаты, представленные в таблице 1. При агрохимическом анализе определяли рН водной вытяжки из почвы. Но данный показатель позволяет судить только о степени кислотности или щёлочности и не даёт количественного представления о содержании кислот и оснований из-за высокой буферности почв (Орлов Д. С., Садовникова Л.К., 2002) [5]. В связи с этим помимо рН водной вытяжки мы определяли и потенциальную кислотность - рН солевой вытяжки. Изучив градацию почв по величине рН водной вытяжки (Прожорина Т. И.) [6, 7], равной от 6,2 до 6,5 можно отнести опытные участки к слабокислым, а по результатам солевой вытяжки (5,5-6,3 ед. рН) – близким к нейтральным.

По результатам исследования водной вытяжки почвы можно отметить, что образцы имели рН в диапазоне 6,2-6,5 ед. и относятся к слабокислым. Минеральные удобрения в дозах $\text{N}_{50}\text{P}_{50}$ и $\text{N}_{100}\text{P}_{100}$ незначительно изменяют рН в сторону подкисления на 0,1-0,3 ед, а в норме $\text{N}_{150}\text{P}_{150}$ – не влияют на реакцию среды. Наибольшее значение рН выявлено на контрольном варианте и при внесении $\text{N}_{150}\text{P}_{150}$ МУ. наиболее сильно повлияло на изменение рН – минеральные удобрения в норме $\text{N}_{100}\text{P}_{100}$.

Таблица 1

Результаты исследования реакции среды почвенного раствора

Вариант опыта	рН _{вод}		рН _{сол}		рН гидр, мг-экв /100 г
	значение	среднее	значение	среднее	среднее
Контроль	6,1	6,5	5,9	6,3	0,53
	6,1		5,9		
	7,4		7,1		
МУ $\text{N}_{50}\text{P}_{50}$	6,3	6,4	5,9	5,9	1,18
	6,4		5,9		
	6,6		6,0		
МУ $\text{N}_{100}\text{P}_{100}$	6,0	6,2	5,8	5,8	1,21
	6,3		5,9		
	6,4		5,7		
МУ $\text{N}_{150}\text{P}_{150}$	6,5	6,5	5,6	6,0	1,23
	7,0		6,6		
	6,0		5,8		

По результатам солевой вытяжки, значения рН которой равнялись от 5,8 до 6,3 ед. можно отнести опытные участки к близким к нейтральным. по сравнению с контролем рН_{сол} понизился от 0,3 до 0,5 ед. Минимальное значение было характерно для варианта опыта МУ N₁₀₀P₁₀₀, а наибольшее – на контрольном варианте.

Значения гидролитической кислотности оказались в диапазоне от 0,53 до 1,23 мг-экв/100 г. Наименьшее значение гидролитической кислотности получено на контроле. На делянках с применением удобрений этот показатель в 2,3 раза выше, однако значения оказались ниже 2,0 мг-экв/100 г, что можно отнести к нейтральным почвам.

Заключение. Разница значений рН почвенного раствора между контролем и значениями опытных вариантов составляет 0,14 единиц, для рН_{вод}, 0,39 для рН_{сол} и 0,68 для рН_{гидр}. При внесении минеральных удобрений произошло подкисление почв на .0,3-0,5. единиц. Изучаемые почвы по значению рН водной вытяжки относятся к слабокислым, а по результатам рН_{сол} и гидролитической кислотности – к нейтральным.

Список источников

1 Чекмарев П. А., Обущенко С. В., Троц Н. М. Влияние системного применения минеральных удобрений на содержание гумуса в черноземе обыкновенном // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 32-34.

2. Троц В. Б., Троц Н. М. Химический состав и кормовая ценность фитомассы смешанных посевов суданской травы // Аграрная наука. 2010. № 1. С. 12-13.

3. Беляев В. И., Варлагин А. В., Дридигер В. К. [и др.] Мировая климатическая повестка. Почвозащитное ресурсосберегающее (углеродное) земледелие как стандарт межнациональных и национальных стратегий по сохранению почв и аграрных карбоновых рынков // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65, № 1. С.421-441.

4 . Троц Н. М., Чернякова Г. И., Ишкова С. В., Батманов А. В. Экологическая устойчивость в посевах основных групп сельскохозяйственных культур в Самарской области // Аграрная Россия. 2017. № 5. С. 38-44.

5. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н., Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высш. шк., 2002. 334 с.

6. Прожорина Т. И, Затулей Е. Д, Химический анализ почв. Часть 2. Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2009. 31 с.

7. Аканова Н. И., Стромский А. С., Стромский А. А. [и др.] Агроэкологическая эффективность использования в сельском хозяйстве вторичных ресурсов производства калийных удобрений / // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2(386). С. 194-199. DOI 10.55186/25876740_2022_65_2_194.

References

1. Chekmarev, P. A., Obushchenko S. V. & Trots N. M. (2013). Influence of systemic application of mineral fertilizers on the humus content in ordinary chernozem. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of science and technology of agro-industrial complex)*, 6, 32-34 (in Russ.).

2. Trots, V. B. & Trots, N. M. (2010). Chemical composition and feed value of phytomass of mixed crops of Sudanese grass. *Agrarnaya nauka (Agrarian Science)*, 1, 12-13 (in Russ.).

3. Belyaev, V. I., Varlagin, A. V., Driediger, V. K. [et al.] (2022). World climate agenda. Soil-protective resource-saving (carbon) agriculture as a standard for interethnic and national strategies for soil conservation and agricultural carbon markets. *International Agricultural Journal*, 1, 421-441 (in Russ.).

4. Trots, N. M., Chernyakova, G. I., Ishkova, S. V. & Batmanov, A. V. (2017). Environmental sustainability in crops of the main groups of agricultural crops in the Samara region. *Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia)*, 5, 38-44 (in Russ.).

5. Grishina, L. A., Orlov, D. S. (1978). System of humus status indicators soil research. Problems of soil science. (pp 42-47). М.: Nauka (in Russ.).

6. Prozhorina, T. I, Zatul'ei, E. D. (2009). Chemical analysis of soils. Part 2. Publishing and Printing Center of VSU (in Russ.).

7. Akanova, N. I., Stromsky, A. S., Stromsky, A. A. [et al.] (2022). Agroecological efficiency of using secondary resources in the production of potassium fertilizers in agriculture. *International Agricultural Journal*, 2(386), 194-199. DOI 10.55186/25876740_2022_65_2_194.

Информация об авторах

А. А. Бокова – аспирант;

А. Д. Хасанов – студент.

Information about the authors

A. A. Bokova – post-graduate student

A. D. Khasanov – student.

Вклад авторов:

А. А. Бокова – научное руководство;

А. Д. Хасанов – написание статьи.

Contribution of the authors:

A. A. Bokova – scientific management;

A. D. Khasanov – writing article.

Тип статьи (научная)

УДК 664.66.022.3

ВЛИЯНИЕ СТЕВИОЗИДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Светлана Рашидовна Валишина,¹ Арина Олеговна Дерхо²

^{1,2}Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Челябинская обл.

¹Balishina madam.valischina2017@yandex.ru

²Derkho_arina_avrora@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

Оценено влияние стевиозида на формирование химического состава хлебобулочных изделий. Установили, что стевиозид целесообразно использовать, как природный низкокалорийный сахарозаменитель, по содержанию тяжелых металлов хлебобулочное изделие не превышает допустимого уровня содержания вредных элементов.

Ключевые слова: стевиозид, нутриенты, энергетическая ценность, тяжелые металлы.

Для цитирования: Валишина С. Р., Дерхо А. О. Влияние стевиозида на формирование химического состава хлебобулочных изделий // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 104-108.

THE EFFECT OF STEVIOSIDE ON THE FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF BAKERY PRODUCTS

Svetlana R. Valishina¹, Arina O. Derkho²

^{1,2}South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk region.

¹Derkho_arina_avrora@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

¹Balishina_madam.valischina2017@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

The effect of stevioside on the formation of the chemical composition of bakery products is estimated. It was found that stevioside is advisable to use as a natural low-calorie sweetener, the content of heavy metals in the bakery product does not exceed the permissible level of harmful elements.

Keywords: stevioside, nutrients, energy value, heavy metals.

For citation: Valishina, S.R., Derkho, A.O. (2024). The effect of stevioside on the formation of the chemical composition of bakery products. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 104-108. (in Russ.).

Хлебобулочные изделия из пшеничной муки занимают особое место в питании человека. Химический состав данной продукции предусматривает наличие не только полноценных белков, но и легкоусвояемых углеводов, определяя высокий уровень их гликемического действия в организме человека. По этой причине изделия из пшеничной муки нельзя отнести к продуктам питания с профилактическими свойствами [1, 2].

Как известно современная стратегия «правильного питания» предусматривает включение в рацион продуктов, обладающих высокой биологической ценностью, но низким гликемическим индексом. Это позволяет сбалансировать процессы метаболизма в организме человека, обеспечить его потребности основными нутриентами, профилактировать нарушения в обмене веществ, а также позволяет их употреблять людям больных сахарным диабетом [1,2]. С этой целью в рецептуру хлебобулочных изделий в качестве замены пищевого сахара вводят различные подсластители или сахарозаменители. К такого рода соединениям относится стевиозид [2]. Он накапливается в листьях растения стевия в ходе вегетационного цикла. Его сладость в 10-15 раз превышает уровень пищевого сахара. Кроме стевиозида в экстракте растения стевия содержатся также ребаудиозид А (3 – 4%), ребаудиозид С (1- 2%) и дилкозид – А (0,4-0,6%).

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) в 2006 году признала, что сахарозаменитель стевиозид обладает антигипергликемическим, инсулинотропным и антигипертензивным действием. Поэтому его рекомендуют включать в рацион питания диабетиков и гипертоников [2]. В химическом составе экстракта стевии также присутствует хром, помогающий усваиваться сахару в крови и облегчающий действие инсулина; селен и медь, улучшающие состояние кожи; цинк, участвующий в синтезе белка в клетках организма и необходимый для выработки гормона инсулина.

Вследствии того, что экстракт стевии (стевиозид) на сегодняшний день востребован в хлебобулочном производстве, как заменитель сахара и рекомендован для диетического и профилактического питания [2] целью нашего исследования, явилась оценка влияния стевиозида на формирование химического состава хлебобулочных изделий из пшеничной муки.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена в условиях вузовской лаборатории биотехнологии.

Для производства опытной и контрольной проб хлеба применяли пшеничную муку Шадринская (сорт высший), прессованные дрожжи «Люкс», поваренную соль, подсолнечное масло и воду. Рецепт контрольной пробы предусматривала использование химически чистой сахарозы (основа пищевого сахара), а опытной пробы – стевиозида,

При определении химического состава хлеба из пшеничной муки в ходе экспериментальных исследований использовали общепринятые методики. Так, белок определяли нефелометрическим методом (ГОСТ 4212-2016) [3]; жиры - рефрактометрическим методом (ГОСТ 5899-85) [4]; углеводы – методом Шорля (ГОСТ 5672-68) [5].; калорийность – расчетным методом [6]; тяжелые металлы – методом атомно-абсорбционной спектроскопии. В качестве контроля брали нормативные данные (ТР/ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов») [7].

Результаты исследования. Хлеб один из основных компонентов рациона питания человека, обеспечивающий его затраты в белках, жирах, углеводах и в целом энергии. Их количество формирует пищевую ценность хлеба, как продукта питания, а также отражает его «полезные свойства» для организма человека [1, 2].

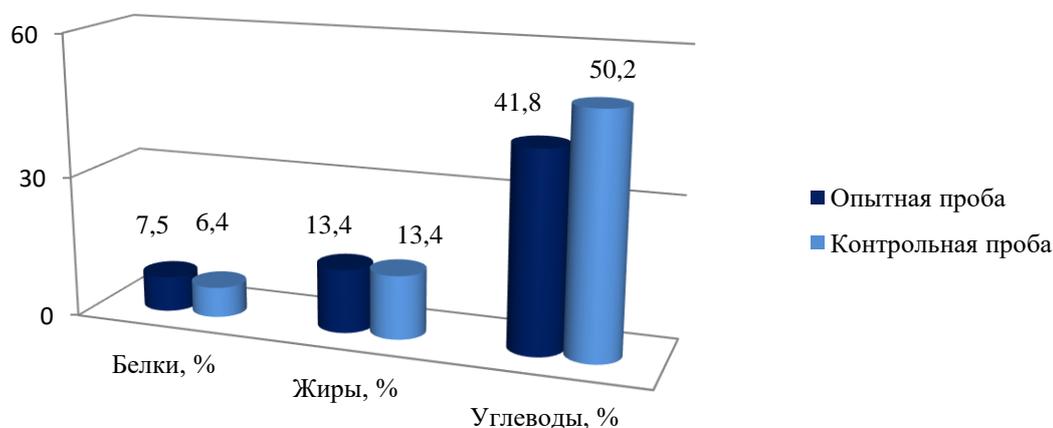


Рис. 1 Содержание основных нутриентов в хлебе, %

При изучении питательности, мы провели анализ хлеба на содержание таких нутриентов, как белки, жиры и углеводы. В опытной пробе хлеба, в рецептуру которого был включен стевиозид (рис.1), наблюдалось снижение содержания углеводов до 41,8%, что на 8,40% меньше, чем в контрольной пробе при использовании химически чистой сахарозы. Уровень жира в опытной и контрольной пробе хлеба не изменился и составлял 13,40%. Количество белка незначительно увеличилось в опытном образце хлеба, отличаясь от контрольного на 0,9%.

Энергетическая ценность хлеба со стевиозидом составила 320,5 ккал/100 г, а контрольной пробы 348,50 ккал/100 г, то есть различия между пробами составили 28 ккал / 100 г.

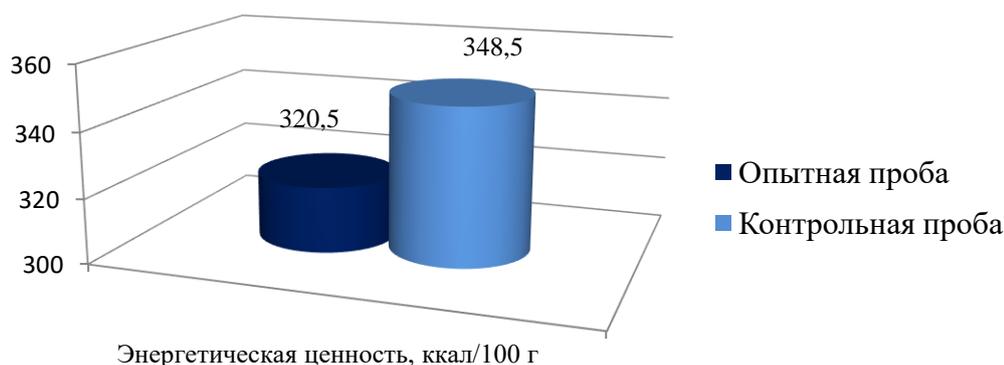


Рис. 2 Энергетическая ценность хлеба из пшеничной муки

Данные, полученные при анализе энергетической ценности хлеба подтверждают, что стевиозид является сахарозаменителем с более низкой калорийностью, чем сахароза. Немало важную роль его использования в биотехнологических процессах играет тот факт, что он получен из природного растительного сырья, то есть имеет естественное происхождение. Поэтому сахарозаменитель можно применять не только в производстве хлебобулочных изделий, но и при продуктов диетического и профилактического назначения.

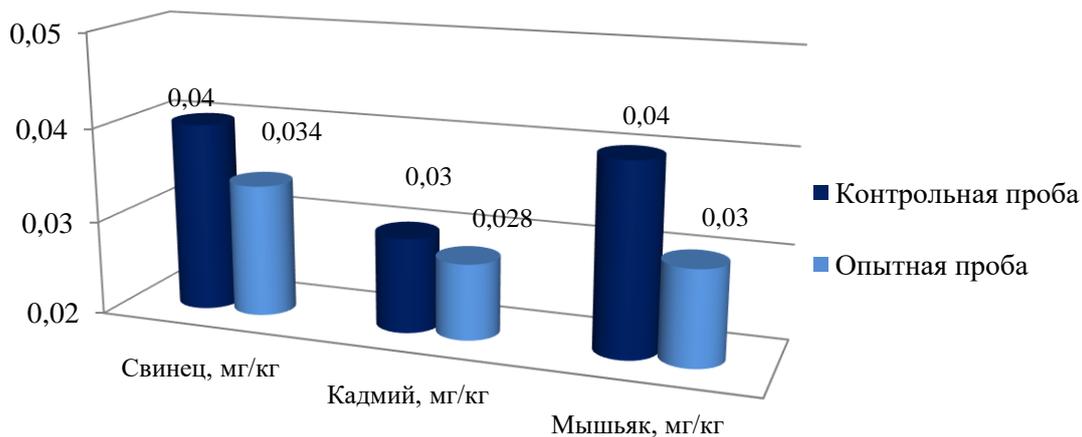


Рис. 3 Содержание тяжелых металлов

При изучении безопасности хлебобулочных изделий мы исследовали содержание свинца (Pb), кадмия (Cd) и мышьяка (As) в готовой продукции, так как они относятся к регламентируемым элементам в составе продуктов питания в связи с их высокой накоплением опасностью для здоровья человека.

Результаты исследования показали, что в хлебе контрольного и опытного образцов содержание металлов было меньше нормируемого допустимого уровня [1,2]. Так, количество свинца (ДУ(Pb)=1 мг/кг) было в 25,00-29,41 раз меньше нормативного значения, кадмия (ДУ(Cd)=0,07 мг/кг) в 2,33-2,50 раз и мышьяка (ДУ(As)=0,35 мг/кг) в 8,75-11,66 раз.

Таким образом, результаты наших исследований показали:

1. Добавление стевиозида в рецептуру хлеба положительно влияет на углеводный состав продукта, снижая количество углеводов на 8,4%.
2. Стевиозид, как природный низкокалорийный сахарозаменитель уменьшает энергетическую ценность хлеба на 28 ккал/100 г.
3. Хлеб, изготовленный с использованием стевиозида, по содержанию тяжелых металлов является безопасным продуктом.

Список литературы

1. Серeda Т.И. Влияние молочной сыворотки на качество хлебобулочных изделий // Актуальные вопросы биотехнологии и ветеринарных наук: теория и практика: мат. конф. Челябинск, 2020. С. 209-212.
2. Серeda Т. И., Дерхо М. А. О зависимости аминокислотного состава и биологической ценности протеинов яйца от содержания свободных аминокислот в крови у кур кросса Ломанн белый // Сельскохозяйственная биология. 2012. Т. 47. № 4. С. 48-55.
3. ГОСТ 4212-2016 Реактивы. Методы приготовления растворов для колориметрического и нефелометрического анализа. Москва: Стандартинформ. 2019. 12 с.
4. ГОСТ 5899-85 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира. Москва: Стандартинформ. 2010. 4 с.
5. ГОСТ 5672-68 Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли сахара. Москва: Стандартинформ. 2006. 7 с.
6. Методические указания по гигиеническому контролю за питанием в организованных коллективах. Москва: Институт питания АМН СССР. 1986г.
7. Технический регламент таможенного союза. О безопасности пищевой продукции. ТР ТС 021/2011.

References

1. Sereda, T.I. (2020). The influence of whey on the quality of bakery products. Topical issues of biotechnology and veterinary sciences: theory and practice: mat-ly nation: *collection of scientific papers* (pp. 209-212). Chelyabinsk (in Russ.).
2. Sereda, T.I., Derkho, M.A. (2012). On the dependence of the amino acid composition and biological value of egg proteins on the content of free amino acids in the blood of chickens of the Lohmann White cross. *Agricultural biology*, 47, 4, 48-55. (in Russ.).
3. GOST 4212-2016 Reagents. Methods of preparation of solutions for colorimetric and nephelometric analysis. Moscow: Standartinform. 2019. 12 p. (in Russ.).
4. GOST 5899-85 Confectionery products. Methods for determining the mass fraction of fat. Moscow: Standartinform. 2010. 4 p. (in Russ.).
5. GOST 5672-68 Bread and bakery products. Methods for determining the mass fraction of sugar. Moscow: Standartinform. 2006. 7 p. (in Russ.).
6. Methodological guidelines for hygienic control of nutrition in organized groups. Moscow: Institute of Nutrition of the Academy of Medical Sciences of the USSR. 1986. (in Russ.).
7. Technical regulations of the Customs Union. About food safety. TR CU 021/2011. (in Russ.).

Информация об авторах

С. Р. Валишина – студент;
А. О. Дерхо – студент;
Т. И. Середина – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors

C. P. Valishina – student;
A. O. Derkho – student;
T. I. Sereda – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

С. Р. Валишина – написание статьи;
А. О. Дерхо – написание статьи;
Т.И. Середина – научное руководство.

Contribution of the authors:

C. P. Valishina - writing the article;
A. O. Derkho – writing the article;
T. I. Sereda – scientific management.

Тип статьи: научная
УДК 631.422

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ПОЧВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Татьяна Валерьевна Губанова¹, Дарья Владимировна Ковалева²,
Яна Евгеньевна Одинцова³

^{1,2,3}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия.

¹tescome@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4168-3920>

²sinderella-ne@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1346-2218>

³yanaodincovaa@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1533-7077>

Тяжёлые металлы по индексу опасности прочно утвердились на одном из первых мест среди загрязняющих веществ техногенного происхождения. В Самарской области представлен практически весь спектр естественных и техногенных источников тяжёлых металлов. Вклад в загрязнение окружающей среды вносят промышленные предприятия городов Самарской области, а также высокая транспортная нагрузка.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, качественный анализ, катионы, окружающая среда.

Для цитирования: Губанова Т. В., Ковалева Д. В., Одинцова Я. Е. Исследование образцов почв Самарской области для определения катионов тяжелых металлов// Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 108-112.

STUDY OF SOIL SAMPLES IN THE SAMARA REGION TO DETERMINE HEAVY METALS CATIONS

Tatyana V. Gubanova¹, Darya V. Kovaleva², Yana E. Odintsova³

^{1,2,3}Samara State Technical University, Samara

¹ecome@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4168-3920>

²sinderella-ne@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1346-2218>

³yanaodincovaa@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1533-7077>

According to the hazard index, heavy metals have firmly established themselves in one of the first places among pollutants of technogenic origin. Almost the entire range of natural and technogenic sources of heavy metals is represented in the Samara region. Industrial enterprises in the cities of the Samara region, as well as high transport load, contribute to environmental pollution.

Keywords: soil, heavy metals, qualitative analysis, cations, environment.

For citation: Gubanova, T. V., Kovaleva, D. V., Odintsova, Y. E. (2024) Study of soil samples in the Samara region to determine heavy metals cations. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 108-112. (in Russ.).

Введение. В настоящее время для всего человечества важным вопросом является состояние биосферы нашей планеты. Почва является статичной системой, служащей огромным хранилищем всех типов загрязнений, которые могут быть мобилизованы различными процессами, высвобождаясь в окружающую среду. Накопление тяжёлых металлов происходит в минеральных частицах почвы. Ввиду естественных процессов, тяжёлые металлы могут перейти в почвенный раствор, который легко потребляется почвенными организмами и корнями растений или вымывается в грунтовую воду, тем самым, загрязняя пищевые цепочки и влияя на качество питьевой воды.

Почва – структурно-функциональный биокосный компонент природы, самый поверхностный слой суши земного шара. Она исполняет роль некоего природного барьера, является своего рода фильтром для опасных соединений, попавших в нее; препятствует их движению в грунтовые воды и попаданию в пищевые цепочки. Так формируется «отравленный» поверхностный слой почвенного покрова. В его составе появляется множество опасных веществ, в том числе и тяжёлые металлы. Попадающие в почву загрязняющие элементы накапливаются, переходят из неё в растения и в воду.

Особое значение приобрело загрязнение биосферы группой поллютантов, получившие общее название «тяжёлые металлы». Тяжёлые металлы, как загрязняющие вещества, в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 по опасности делятся на классы: I класс (высоко опасные) – As,

Cd, Hg, Se, Pb, Zn; II класс (умеренно опасные) – Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr; III класс (мало опасные) – Ba, V, W, Mn, Sr [1]. Стоит отметить, что, несмотря на опасность, практически все металлы, попадающие под определение тяжёлых, активно участвуют в биологических и физиологических процессах, имея высокую биологическую активность, являются катализаторами органических и неорганических реакций, а также входят в состав многих ферментов. Однако необходимая живой природе концентрация данных элементов значительно ниже той, которая выбрасывается техногенными факторами. Именно поэтому тяжёлые металлы, считаются опасными и ядовитыми для окружающей среды. Для организма человека тяжёлые металлы представляют непосредственную угрозу в связи с их способностью аккумулироваться, накапливаться в тканях и клетках, вызывая постепенное отравление. Реальные, серьёзные последствия могут проявиться лишь через несколько лет.

Источники поступления тяжёлых металлов в окружающую среду делятся на антропогенные (техногенные) и природные (естественные). Тяжёлые металлы попадают в почву из атмосферы чаще всего в форме оксидов, где постепенно растворяются, переходя в гидроксиды, карбонаты и обменные катионы. Попадание на саму планету тяжёлых металлов можно объяснить их наличием в космической и метеоритной пыли. Появление тяжёлых металлов в почве обусловлено выветриванием горных пород. Также естественными источниками тяжёлых металлов являются термальные воды, вулканические газы и извержения. К антропогенным источникам относят добычу и переработку полезных ископаемых и выбросы транспорта при его движении.

Объектом исследования являются образцы почв Самарской области (табл. 1).

Таблица 1

Отобранные образцы почв

№ образца	Место пробоотбора	Тип почвы
1	Села Новый Буян Красноярского района Самарской области, 35 км от г. Самара	Садовая почва
2		Грунт с парковочной зоны автомобилей
3		Почва, отобранная вблизи проезжей части
4		Почва, ежегодно насыщаемая органическим перегноем
5	Лес Красноярского района Самарской области	Торфяная лесная почва
6	Село Большое Алдаркино, Борский район Самарской области, 150 км от г. Самара	Плодородная почва, взятая рядом с небольшой сельской дорогой
7		Плодородная почва, взятая вдали от проезда транспорта
8	Географический центр г. Самара, двор	Почва с верхних слоев
9	Трасса в г. Самара	Почва с верхних слоев
10		Почва с глубины 2-3 метров
11	Село Масленниково, Хворостянский район Самарской области, 110 км от г. Самара	Плодородная почва

Материалы и методы исследований. Основным методом исследования выбран качественный химический анализ почвенных вытяжек. В качестве растворителей были использованы вода, однонормальный раствор хлористого калия, 1,5 н раствор азотной кислоты. [2-3]. Таким образом обеспечивается максимальное получение различных катионов из образцов. Качественный анализ был проведен на следующий перечень катионов тяжёлых металлов: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} , Pb^{2+} , Ag^+ , Sb^{3+} .

Железо в почве может находиться в виде различных солей состава $Fe^{2+}_n(An)_n^{2-}$ и $Fe^{3+}_n(An)_n^{3-}$. Для обнаружения катионов Fe^{2+} используется гексацианоферрат (III) калия. Катион Fe^{2+} отсутствует во всех образцах, поскольку является химически не устойчивым и легко окисляется в Fe^{3+} .

Для обнаружения катионов Fe^{3+} можно использовать раствор роданида калия в кислой среде или реакцию с гексацианоферратом (II) калия в слабокислой среде [4, 5]. Катион Fe^{3+}

присутствует во всех образцах почв.

Марганец в почве возможно обнаружить в виде катиона Mn^{2+} реакцией окисления его до марганцевой кислоты $HMnO_4$ с помощью персульфата аммония $(NH_4)_2S_2O_8$ в кислой среде в присутствии $AgNO_3$. Катион Mn^{2+} определен в образцах № 2, 4, 6, 7, 9, 11.

Медь в почве может присутствовать в виде катионов Cu^{2+} . Данный ион можно обнаружить с помощью реакции с гидроксильной группой или с концентрированным раствором аммиака. Также достаточно чувствительным является метод качественного определения наличия в растворе ионов меди (II) с помощью наблюдения скорости протекания реакции между раствором хлорида железа (III) и раствором тиосульфата натрия, где ионы Cu^{2+} выступают в роли катализатора. Катион Cu^{2+} присутствует во всех образцах почв.

Кадмий в почве может находиться в виде катиона Cd^{2+} . Для его обнаружения можно использовать качественную реакцию в нейтральной среде с сульфид-ионом. Катион Cd^{2+} отсутствует во всех образцах.

Поведение хрома в почвах определяется по его валентному состоянию. В природных условиях хром находится в трёх- и шестивалентных формах. То есть в зависимости от почвенных условий возможен переход от шестивалентных соединений хрома к трёхвалентным и обратно. Для обнаружения катионов Cr^{3+} их переводят в хромат-ионы с помощью раствора нитрата серебра и персульфата аммония при нагревании. Затем хромат-ионы переводят в дихромат-ионы с помощью раствора дигидрофосфата натрия в кислой среде. После этого вносят уксусно-этиловый эфир, 25%-й раствор пероксида водорода и полученную смесь встряхивают. При наличии ионов хрома Cr^{3+} в вытяжке слой органического растворителя приобретает окраску от голубой до синей: образуется надхромовая кислота. Катион Cr^{3+} отсутствует во всех образцах.

Качественное определение присутствия иона Pb^{2+} осуществляют с помощью йодид-иона или хромат-иона. Более чувствительной является реакция с хлоридом цезия и йодидом калия. На сухой остаток предварительно выпаренной части вытяжки наносят 30%-й раствор уксусной кислоты. Далее с одного края полученного раствора помещают 2–3 кристаллика хлорида цезия, а с противоположного – несколько кристалликов йодида калия. В результате образуются желто-зеленые игольчатые кристаллы трийодоплюмбата(II) цезия – $Cs[PbI_3]$. Катион Pb^{2+} присутствует во всех образцах почв.

Серебро в почве может присутствовать в виде катиона Ag^+ . Обнаружить данный ион можно с помощью хлорид-иона или хромат-иона. Катион Ag^+ отсутствует во всех образцах.

Сурьма в почве может находиться в виде катиона Sb^{3+} . Его возможно обнаружить в подкисленном растворе с помощью тиосульфата натрия. Катион Sb^{3+} определён только в образце № 3.

Результаты исследований. Проведенное исследование образцов почв Самарской области позволило сформулировать следующие выводы. В первую очередь, для биосферы представляют опасность те металлы, которые растворимы в воде. Катионы металлов, обнаруженные в кислотных и солевых вытяжках, представляют меньшую угрозу для окружающей среды в связи с тем, что практически не мигрируют, так как кислотность почвы в выбранных образцах близка к значениям 6-7, однако способны аккумулироваться. Содержание в водных вытяжках таких катионов, как Fe^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} , Ag^+ обнаружено не было. Следует отметить, что данные катионы мигрируют по биосфере нашей планеты не активно, поэтому представляют меньшую угрозу для человека и природы, хоть и не лишены её. Катионы Fe^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} присутствуют во всех водных вытяжках, отобранных образцов почв, соответственно, представляют большую опасность в связи со своим активным перемещением в ионном виде. Катион Mn^{2+} был обнаружен в водных вытяжках нескольких образцов. Данный катион представляет относительную опасность в связи со своей невысокой распространенностью. Наличие катиона Sb^{3+} было определено лишь в одном образце, из всех изученных металлов он оказался наиболее редко встречающимся.

Заключение. Таким образом, большая часть рассмотренных металлов была обнару-

жена в отобранных образцах почв. Это подтверждает, что почва Самарской области накапливает в себе загрязнения, в частности тяжелые металлы.

Список источников

1. ГОСТ 17.4.1.02-83. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартинформ, 2008.
2. ГОСТ 26483-85. Государственный стандарт Союза ССР. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 1985. 6 с.
3. ГОСТ 26423-85. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011. 6 с.
4. Кабанова И. Е. Качественное определение ионов тяжелых металлов в почве во внеурочных занятиях // Молодой ученый. 2017. №51(185). С. 280–282.
5. Троц В. Б., Ахматов Д. А., Троц Н. М. Влияние минеральных удобрений на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и фитомассе зерновых культур // Зерновое хозяйство России. 2015. № 1. С. 45-49.

References

1. GOST 17.4.1.02-83. (2008). Interstate standard. Protection of Nature. Soils. Classification of chemicals for pollution control. Moscow: Standardinform (in Russ.).
2. GOST 26483-85. (1985). State standard of the USSR. Soils. Preparation of salt extract and determination of its pH using the TsINAO method. Moscow: Standardinform (in Russ.).
3. GOST 26423-85. (2011). Interstate standard. Soils. Methods for determining specific electrical conductivity, pH and solid residue of aqueous extract. Moscow: Standardinform (in Russ.).
4. Kabanova, I. E. (2017). Qualitative determination of heavy metal ions in soil during extracurricular activities: *Molodoj uchenyj (Young Scientist)*, 51(185), 280–282 (in Russ.).
5. Trots, V.B., Akhmatov, D.A., Trots, N.M. (2015). The influence of mineral fertilizers on the accumulation of heavy metals in the soil and phytomass of grain crops. *Grain Economy of Russia*, 1. 45-49.

Информация об авторах

Т. В. Губанова – кандидат химических наук, доцент;
Д. В. Ковалева – студент;
Я. Е. Одинцова – студент.

Information about the authors

T. V. Gubanova – Candidate of Chemical Sciences, docent;
D. V. Kovaleva – student;
Y. E. Odintsova – student.

Вклад авторов:

Т. В. Губанова – научное руководство;
Д. В. Ковалева – написание статьи;
Я. Е. Одинцова – написание статьи.

Contribution of the authors:

T. V. Gubanova – scientific management;
D. V. Kovaleva – writing article;
Y. E. Odintsova – writing article.

Тип статьи: научная
УДК 636.085.55.085.32

МИКОТОКСИНЫ И ИХ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В КОМБИКОРМАХ ПТИЦ МЕТОДОМ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Арина Олеговна Дерхо¹, Павел Николаевич Щербаков²

^{1,2} Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Челябинская обл.

¹ Derkho_arina_avrova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

² Shcherbakov_scherbakov_pavel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

Оценена информативность метода жидкостной хромато-масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС/МС) при определении концентрации дезоксиниваленола (DON) и зearаленона (ZEN) в матрице комбикорма для птиц. Метод позволяет выявить микотоксины на уровне 3,30-60,74 и 1,08-11,65 мкг/кг соответственно.

Ключевые слова: микотоксины, комбикорма, хромато-масс-спектрометрия.

Для цитирования: Дерхо А. О., Щербаков П. Н. Микотоксины и их идентификация в комбикормах птиц методом хромато-масс-спектрометрии // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 113-116.

MYCOTOXINS AND THEIR IDENTIFICATION IN COMPOUND FEEDS BIRDS BY CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY

Arina O. Derkho¹, Pavel N. Shcherbakov²

^{1,2} South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk region

¹ Derkho_arina_avrova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

² Shcherbakov_scherbakov_pavel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

The informativeness of the liquid chromatography-mass spectrometry (HPLC-MS/MS) method in determining the concentration of deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN) in the matrix of mixed feed for birds was evaluated. The method allows to detect mycotoxins at the level of 3.30-60.74 and 1.08-11.65 mkg/kg, respectively.

Keywords: mycotoxins, compound feeds, chromatography-mass spectrometry.

For citation: Derkho, A. O., Shcherbakov, P. N. Mycotoxins and their identification in poultry feed by chromatography-mass spectrometry. Putokhin readings: *collection of scientific tr.* Kinel: IBC Samara State Agrarian University, 2024. pp. 113-116.

Микотоксины – это вторичные метаболиты, синтезируемые плесневыми грибами и проявляющие токсичность в эукариотических организмах. В настоящее время известно несколько групп микотоксинов, выявленных в кормах и кормовых культурах во всех странах мира. Среди них особый интерес представляют афлатоксины (AF), дезоксиниваленол (DON), фумонизины (FUM), зearаленон (ZEA) и охратоксин А (OTA). Они содержатся не только в составе злаковых культурах (рис, кукуруза, пшеница), но и в овощах и фруктах, а также обладают разнообразными токсическими свойствами. Среди них встречаются канцерогены, гепатотоксины, нефротоксины, нейротоксины и иммунотоксины [1].

Процесс образования и накопления микотоксинов в кормах сопряжен с воздействием факторов окружающей среды на растительные организмы как до, так и после сбора урожая.

Особенно увеличивается количество продуцентов микотоксинов при неблагоприятных погодных условиях. Наиболее сильно на их образование влияют температура и влажность. Их совокупность определяет тип развивающейся плесени и соответственно вырабатываемый микотоксин [2]. Микотоксины в кормах могут появляться и при нарушении технологических условий их хранения и транспортировки, поскольку создаются условия для развития грибов-продуцентов и появления в кормах их метаболитов [3].

В виду широкой распространенности микотоксинов в кормовых культурах и получаемых из них готовых кормах и кормосмесей, а также токсичности этих соединений для сельскохозяйственных животных, предусмотрен строгий контроль их содержания в компонентах рациона кормления. При кормлении животных кормами, загрязненными микотоксинами, развиваются микотоксикозы, проявляющиеся в виде острого, хронического и субклинического течения [4], сопровождающиеся снижением продуктивности и повышением восприимчивости организма к инфекционным и не инфекционным заболеваниям. Исходя из того, что в формировании адаптационного ресурса бройлерной птицы в промышленных условиях содержание качество и безопасность кормов играет первостепенную роль [5, 6] целью данного исследования явилось оценка комбикормов, используемых в кормлении бройлерной птицы по количеству микотоксинов, определяемых методом жидкостной хромато-масс-спектрометрии.

Материалы и методы исследования. Научная работа выполнена на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук «ФНЦ «ВНИТИП» РАН») в период прохождения научно-исследовательской практики в 2023 г. в отделе биохимического анализа кормов.

Объектом исследования служили следующие комбикорма, используемые в кормлении бройлерной птицы:

- ПК-3 - для ремонтного молодняка (Проба 1);
- ПК 1-1 для кур-несушек (Проба 2);
- ПК-8 для петухов (Проба 3).

Биохимический анализ комбикормов на присутствие микотоксинов (дезоксиваленола, зеараленона) выполнен на приборе Agilent 1290/AB SCIEX Triple Quad 5500 (масс-спектрометр с тройным квадруполем) методом жидкостной хромато-масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС/МС) в трех повторах. Методика определения биозагрязнителей регламентируется ГОСТ 34140-2017 Продукты пищевые, корма, продовольственное сырье.

Результаты исследования. Контроль содержания микотоксинов в кормах растительного происхождения позволяет получить информацию об их безопасности для сельскохозяйственных животных в случае их использования для кормления. При этом микотоксины следует отнести к биологическим природным загрязнителям, концентрация которых в кормах регламентируется санитарно-гигиеническими нормами [7].

Жидкостный хромато-масс-спектрометр, используемый для определения микотоксинов, был оптимизирован с соответствующим подбором условий для исследования соединений в матрице комбикорма для птиц. При этом прибор градуировали по матричным растворам дезоксиниваленола (DON) и зеараленона (ZEN), используя рабочие растворы определяемого микотоксина [7]. Это с известной концентрацией, определяя условия детектирования. Для уменьшения влияния компонентов матрицы образца комбикорма, которые элюируются совместно с определяемым микотоксином, была проведена предварительная подготовка проб, которая включала жидкостную экстракцию с несколькими растворителями (ацетонитрил, вода, уксусная кислота) и очистку.

Результаты определения микотоксинов дезоксиниваленола (DON) и зеараленона (ZEN) в пробах комбикорма представлены на рисунке 1 и 2.

DON – это наиболее часто встречаемый микотоксин в злаковых кормах (в основном в пшенице), его продуцентом служит *Fusarium graminearum*. Допустимый уровень DON в комбикормах для птиц составляет 1,0 мг/кг. Результаты определения микотоксина в комбикормах для птиц показали, что концентрация дезоксиниваленола колебалась в интервале 3,30-60,74

мкг/кг, то есть была значительно меньше допустимого уровня. Значит в производстве исследуемого комбикорма использовались злаковые культуры, выращиваемые на территориях с небольшим распространением гриба *Fusarium graminearum*.

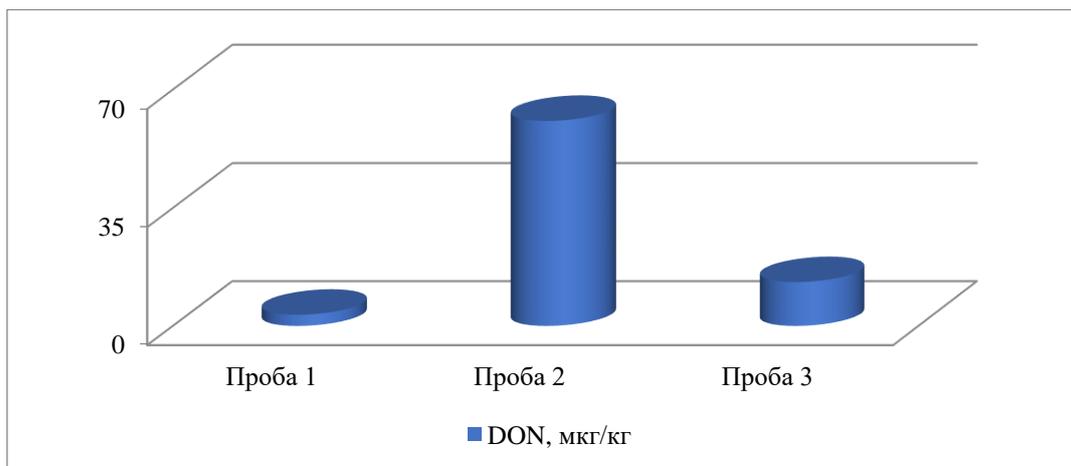


Рис. 1 Содержание дезоксиниваленола (DON) в комбикормах

Следовательно, метод жидкостной хромато-масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС/МС), выполненный на приборе Agilent1290/AB SCIEX Triple Quad 5500 (масс-спектрометр с тройным квадруполем) позволил выявить присутствие дезоксиниваленола (DON) в комбикормах даже в незначительных количествах, что говорит о его высокой чувствительности.

ZEN – это микотоксин, который накапливается в зерновых культурах (в основном в кукурузе) в процессе их вегетации и хранения. Он тоже продуцируется грибом *Fusarium graminearum*; допустимый уровень в комбикормах составляет 1,0 мг/кг.

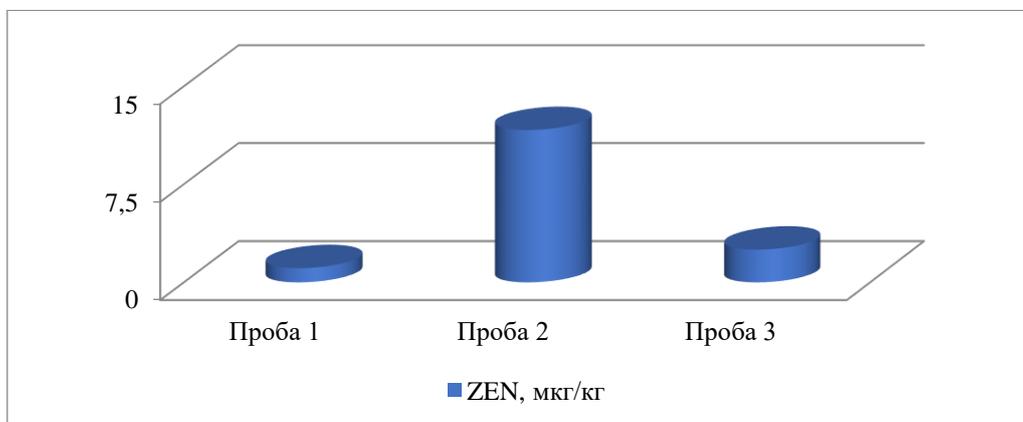


Рис. 2 Содержание зearаленона (ZEN) в комбикормах

Уровень зearаленона в исследованных пробах комбикорма для птиц не превышал допустимый уровень, колебался в интервале 1,08-11,65 мкг/кг (рис. 2). Следовательно, используемый метод определения микотоксина позволял определять в образцах матрицы даже незначительные количества биологического загрязнителя.

Таким образом, метод жидкостной хромато-масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС/МС) позволил в матрице комбикорма для птиц определить концентрацию дезоксиниваленола (DON) на уровне 3,30-60,74 мкг/кг и зearаленона (ZEN) в пределах 1,08-11,65 мкг/кг, что свидетельствует о правильной оптимизации прибора к условиям исследования.

Список источников

1. Valencia-Quintana R., Milić M., Jakšić D. Environment Changes, Aflatoxins, and Health Issues, a Review // *Int J Environ Res Public Health*. 2020. Vol. 17(21). P. 7850. doi: 10.3390/ijerph17217850.
2. Milani J. M. Ecological conditions affecting mycotoxin production in cereals: A review // *Vet. Med. Praha*. 2013. Vol. 58. P. 405–411. doi: 10.17221/6979-VETMED.
3. Jakšić D., Kocsubé S., Bencsik O. Aflatoxin production and in vitro toxicity of *Aspergilli* section *Flavi* isolated from air samples collected from different environments // *Mycotoxin Res*. 2019. Vol. 35(3). P. 217-230. doi: 10.1007/s12550-019-00345-z.
4. Kihal A., Rodríguez-Prado M., Calsamiglia S. The efficacy of mycotoxin binders to control mycotoxins in feeds and the potential risk of interactions with nutrient: a review // *J Anim Sci*. 2022. Vol. 100(11). P. skac328. doi: 10.1093/jas/skac328.
5. Колесник Е. А., Дерхо М. А. К проблеме физиологического адаптационного гомеостаза в модели организма теплокровных животных (обзор) // *Вестник Челябинского государственного университета. Образование и здравоохранение*. 2020. № 4 (12). С. 15-30.
6. Колесник, Е. А., Дерхо М. А. К вопросу об адаптационном гомеостазисе животных в модели организма бройлерных кур в технологической среде жизнедеятельности // *АПК России*. 2016. Т. 23. № 5. С. 1011-1015.
7. Буклагин Д. С. Методы определения микотоксинов в сельскохозяйственной продукции и кормах // *Техника и технологии в животноводстве*. 2020. №4. С. 57-67.

References

1. Valencia-Quintana, R., Milić, M., Jakšić, D. (2020). Environment Changes, Aflatoxins, and Health Issues, a Review. *Int J Environ Res Public Health*. 17(21), 7850. doi: 10.3390/ijerph17217850.
2. Milani, J.M. (2013). Ecological conditions affecting mycotoxin production in cereals: A review. *Vet. Med. Praha*. 58, 405–411. doi: 10.17221/6979-VETMED.
3. Jakšić, D., Kocsubé, S., Bencsik, O. (2019). Aflatoxin production and in vitro toxicity of *Aspergilli* section *Flavi* isolated from air samples collected from different environments. *Mycotoxin Res*. 35(3), 217-230. doi: 10.1007/s12550-019-00345-z.
4. Kihal, A., Rodríguez-Prado, M., Calsamiglia, S. (2022). The efficacy of mycotoxin binders to control mycotoxins in feeds and the potential risk of interactions with nutrient: a review. *J Anim Sci*. 100(11), skac328. doi: 10.1093/jas/skac328.
5. Kolesnik, E.A., Derkho, M.A. (2020). On the problem of physiological adaptive homeostasis in the body model of warm-blooded animals (review). *Bulletin of the Chelyabinsk State University. Education and healthcare*. 4 (12), 15-30 (in Russ.).
6. Kolesnik, E.A., Derkho M.A. (2016). On the issue of adaptive homeostasis of animals in the body model of broiler chickens in the technological environment of vital activity. *Agro-industrial complex of Russia*. 23(5), 1011-1015 (in Russ.).
7. Buklagin, D.S. (2020). Methods for the determination of mycotoxins in agricultural products and feed. *Equipment and technologies in animal husbandry*. 4, 57-67 (in Russ.).

Информация об авторах

П. Н. Щербаков – доктор ветеринарных наук, профессор;
А. О. Дерхо – студент.

Information about the authors

P. N. Shcherbakov – Doctor of Veterinary Sciences, Professor;
A. O. Derkho – student.

Вклад авторов:

П. Н. Щербаков – научное руководство;
А. О. Дерхо – написание статьи.

Contribution of the authors:

P. N. Shcherbakov – scientific management;
A.O. Derkho – writing the article.

Тип статьи: научная
УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА УДОБРЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ, НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Наталья Валерьевна Киселева¹, Людмила Витальевна Киселева²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Самара

¹nata.kiseleva2003@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1119-4299>

²milavi-kis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1622-0353>

В статье рассматривается влияние комплекса удобрений, в том числе с цинком, на развитие отечественных гибридов подсолнечника. В ходе работы было выявлено, что наибольшую урожайность дает гибрид Навара (25,49 ц/га) при применении удобрений без цинка, также высокий урожай показал гибрид Цейлон (24,92 ц/га) на фоне применения удобрения с цинком.

Ключевые слова: подсолнечник, гибриды, удобрение, микроэлементы, цинк, сера, урожайность.

Для цитирования: Киселева Н. В., Киселева Л. В. Влияние комплекса удобрений, в том числе с микроэлементами, на развитие растений подсолнечника // Путохинские чтения сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 117-120.

THE EFFECT OF A COMPLEX OF FERTILIZERS, INCLUDING THOSE WITH TRACE ELEMENTS, ON THE DEVELOPMENT OF SUNFLOWER PLANTS

Natalia V. Kiseleva¹, Lyudmila V. Kiseleva²

^{1,2}Samara State Agrarian University, Samara

¹nata.kiseleva2003@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1119-4299>

²milavi-kis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1622-0353>

The article examines the influence of a complex of fertilizers, including those with zinc, on the development of domestic sunflower hybrids. During the work, it was revealed that the highest yield is given by the hybrid of Navara (25.49 c/ha) when using fertilizers without zinc, and the Ceylon hybrid (24.92 c/ha) also showed a high yield against the background of the use of fertilizers with zinc.

Key words: sunflower, hybrids, fertilizer, trace elements, zinc, sulfur, yield.

For citation: Kiseleva, N.V., Kiseleva, L.V. (2024). The influence of a complex of fertilizers, including those with trace elements, on the development of sunflower plants. Putokhin readings collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 117-120. (in Russ.).

Подсолнечник на сегодняшний день является одной из самых популярных сельскохозяйственных культур. Его возделывают практически во всех регионах России и, следовательно, появляется все больше различных гибридов, позволяющих получать более высокий урожай в том числе в резко континентальных условиях Самарской области [1, 2]. Система удобрения является одним из важнейших элементов агротехнологии возделывания подсолнечника. Эффективность применения агрохимикатов определяется сортовыми особенностями

культуры, содержанием в почве доступных растениям форм элементов питания, погодными условиями вегетационного периода. Применение современных многокомпонентных удобрений способствует повышению урожайности семян, качественных показателей урожая, устойчивости растений к неблагоприятным погодным условиям вегетационного периода [2, 3].

Таким образом целью наших исследований стало повышение урожайности гибридов подсолнечника отечественного производства и улучшение качества получаемой продукции при применении комплексных удобрений с цинком В задачи исследований входило изучение особенностей роста и развития гибридов подсолнечника и оценка урожайности гибридов.

Полевой опыт по изучению влияния комплексных удобрений с цинком в условиях лесостепи Среднего Поволжья заложен на опытном поле НИЛ «Корма» в 2022-2023 гг.

Способ проведения опыта:

- внесение удобрений: под предпосевную культивацию;
- посев: механизированный;
- агротехника: рекомендованная для центральной части Самарской области.

Схема опыта была двухфакторная. Первым фактором являлись гибриды: Навара, Цейлон, Флеш; вторым фактором стало удобрение: контроль (без внесения), удобрение АРАВИВА NPK(S) 8:20:30(2) N₈P₂₀K₃₀S₂ (100 кг/га), удобрение АРАВИВА+ NPK(S)+Zn 8:20:30(2)+0,3Zn N₈P₂₀K₃₀S₂(Zn_{0,3}) (100 кг/га).

АРАВИВА NPK(S) 8:20:30(2) – марка с высоким содержанием калия и фосфора и низким содержанием азота, хорошо подходящая для основного внесения с осени. Имеет особую ценность для культур, требующих высокого содержания доступного фосфора и калия в почве. Подходит для любых почв [4].

АРАВИВА+ NPK(S)+Zn 8:20:30(2)+0,3Zn – комплексное удобрение, рекомендуемое для почв с недостаточным содержанием обменного калия, высокогумусированных и оподзоленных почв. Подходит для основного и предпосевного внесения [4].

Продуктивность во многом зависит от таких показателей, как полнота всходов и сохранность растений к уборке. Чем больше растений смогло взойти и приступить к вегетации, тем больше их в последствии сохранится к уборке и смогут дать урожай семян.

В среднем за два года лучшим в полноте всходов с показателем 59,7 тыс. шт. на га является гибрид Навара в варианте с применением АРАВИВА+NPK(S)+Zn 8:20:30(2)+0,3Zn, полнота всходов составила 91,8%.

Гибрид Навара с применением обоих удобрений показал сохранность ниже, чем на контроле без внесения удобрений. В среднем за два года максимальную сохранность обеспечил гибрид Цейлон при применении удобрений с цинком в дозе N₈P₂₀K₃₀S₂ (Zn_{0,3}), где было отмечено 87,9% сохранившихся к уборке растений, но при использовании удобрения без цинка сохранность была ниже, чем при контроле. В то время как гибрид Флеш при применении обоих удобрений дал результат выше, чем на контроле (рис. 1).

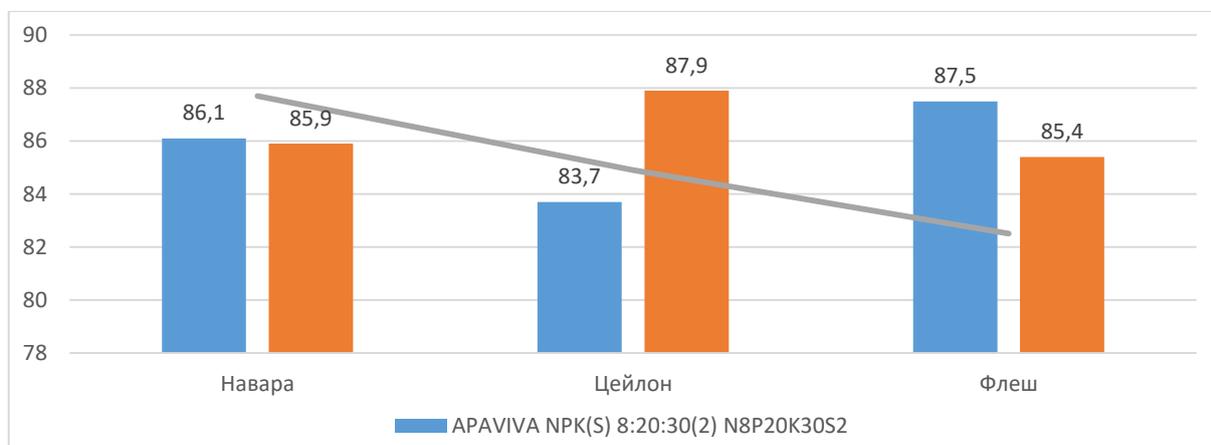


Рис. 1 Сохранность гибридов подсолнечника к моменту уборки, среднее за 2022-2023 гг.

Получение качественного урожая является основной целью сельскохозяйственного производства. Анализ урожайности гибридов подсолнечника является также и основной целью исследований, так как по ее уровню будет дана итоговая оценка действию удобрений и целесообразности их применения [5]. Наибольшая урожайность была сформирована гибридом Цейлон. Наибольшая фактическая урожайность была зафиксирована при дозировке $N_8P_{20}K_{30}S_2$ и составила 26,60 ц/га. Этот же вариант при той же дозировке продемонстрировал наибольшую массу семян с 10 корзинок – 522,02 г. Наибольшее число корзинок с 10 м² дал гибрид Навара с показателем 51,2 шт (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели структуры урожая гибридов подсолнечника при применении комплексных удобрений с цинком, 2022-2023 гг.

Вид удобрения	Вариант гибридов	Кол-во корзинок с 10 м ² , шт	Масса семян с 10 корзинок, г	Урожайность при фактической влажности	
				влажность	урожайность, ц/га
Контроль (без внесения удобрений)	Навара	50,7	501,29	13,9	25,31
	Цейлон	47,1	434,14	8,4	20,41
	Флеш	47,1	420,83	12,5	19,79
АРАВИВА NPK(S) 8:20:30(2) $N_8P_{20}K_{30}S_2$	Навара	50,6	512,20	8,2	25,82
	Цейлон	48,4	508,15	12,6	24,65
	Флеш	48,7	481,99	15,5	23,47
АРАВИВА+ NPK(S)+Zn 8:20:30(2)+0,3Zn $N_8P_{20}K_{30}S_2 (Zn_{0,3})$	Навара	51,2	494,19	9,3	25,32
	Цейлон	50,9	522,02	12,5	26,60
	Флеш	47,7	466,27	13,6	22,23

Наибольшая влажность отмечена у гибрида Флеш в варианте без цинка, где составила 15,5%. Минимальная составила у Навара (8,2%) при применении этого же удобрения. Наибольшая масса семян с 10 корзинок зафиксирована при внесении удобрений без цинка. Так, Навара обеспечил 512,20 г при внесении АРАВИВА NPK(S) 8:20:30(2) в дозе $N_8P_{20}K_{30}S_2$.

Таким образом установлено положительное влияние удобрений на урожайность гибридов подсолнечника. Лучшим является гибрид Цейлон, который обеспечил максимальный урожай семян при дозировке $N_8P_{20}K_{30}S (Zn_{0,3})$.

Лучшим по урожайности, при пересчете на 7% влажность, является гибрид Навара при внесении удобрений без цинка, где было получено 25,49 ц/га при дозировке $N_8P_{20}K_{30}S_2$ (рис. 2). Также данный гибрид показал хороший урожай при внесении удобрения с цинком.

В вариантах с цинком удалось получить 24,92 ц/га у гибрида Цейлон. Гибрид Флеш хорошо отозвался на оба удобрения.

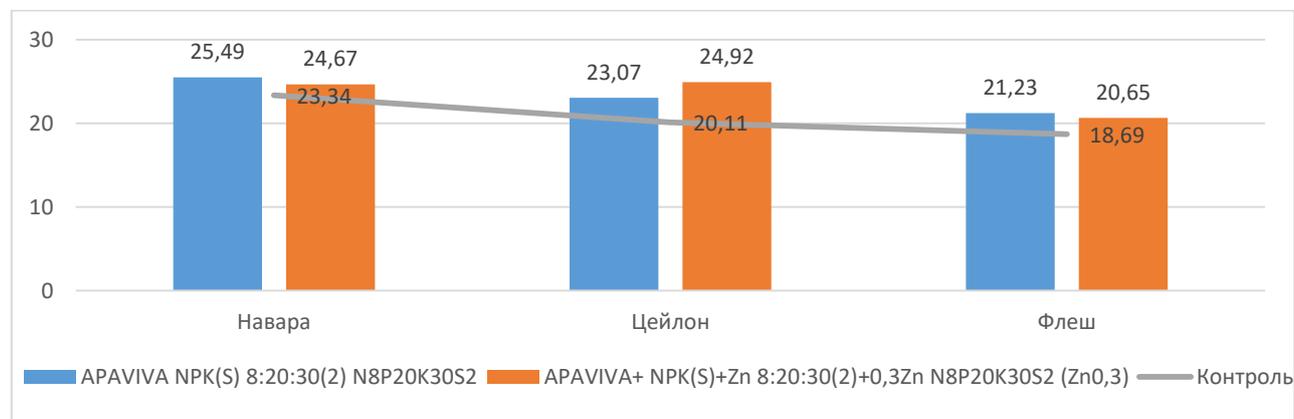


Рис. 2 Урожайность (при пересчете на 7% влажность) гибридов подсолнечника, среднее за 2022-2023 гг., ц/га

В целом установлено, что удобрения положительно влияют на урожайность подсолнечника, причем наибольшее влияние удобрения оказали при их внесении. АРАВИВА NPK(S) 8:20:30(2) и АРАВИВА+ NPK(S)+Zn 8:20:30(2)+0,3Zn проявили себя одинаково хорошо, однако максимальную урожайность удалось получить в вариантах без цинка. Наиболее отзывчивым на внесение удобрений является гибрид Цейлон.

Список источников

1. Авдеенко А. П. Влияние новейших удобрений на качественные показатели маслосемян гибридов подсолнечника // *New science generation*. 2019. 248-251 с. 3
2. Киселева Л. В., Перцева Е. В., Киселева Н. В. Влияние удобрений и стимуляторов роста на урожайность и масличность семян отечественных гибридов подсолнечника // *Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты. материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Нальчик, 2023. С. 115-118.
3. Шкарупа М. В. Влияние органоминеральных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество семян подсолнечника // *Энтузиасты аграрной науки*. 2019. 145-150 с. 2
4. ФосАгро : [сайт]. – 2006. – URL: <https://www.phosagro.ru> (дата обращения: 09.12.2023).
5. Киселева Л. В., Перцева Е. В., Кожевникова О. П., Брежнев А. В., Васин В. Г. Сравнительная продуктивность гибридов подсолнечника при применении комплекса удобрений // *Современное состояние и инновационные пути развития земледелия, мелиорации и защиты почв от эрозии: мат. конф. Ижевск, 2022*. С. 215-221.

References

1. Avdeenko, A. P. (2019). The effect of the latest fertilizers on the quality indicators of sunflower hybrid oil seeds. *New science generation*. 248-251, 3. (in Russ.).
2. Kiseleva, L. V., Pertseva, E. V., Kiseleva, N. V. (2023). The effect of fertilizers and growth stimulants on the yield and oil content of seeds of domestic sunflower hybrids. *Actual problems of agricultural science: materials of the III All-Russian (national) scientific and practical conference*. pp. 115-118. Nalchik (in Russ.).
3. Shkarupa, M. V. (2019). The effect of organomineral fertilizers with trace elements on the yield and quality of sunflower seeds. *Enthusiasts of agricultural science*, 145-150, 2. (in Russ.).
4. PhosAgro : [website]. – 2006. – URL: <https://www.phosagro.ru> (date of reference: 12/09/2023). . (in Russ.).
5. Kiseleva, L. V., Pertseva, E. V., Kozhevnikova, O. P., Brezhnev, A. V., Vasin, V. G. (2022). Comparative productivity of sunflower hybrids when using a fertilizer complex. In the collection: *Current state and innovative ways of development* C. 215-221. Igevsck (in Russ.).

Информация об авторах:

Л. В. Киселева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Н. В. Киселева – студент.

Information about the authors:

L. V. Kiseleva – Candidate of Agricultural Sciences, docent;

N. V. Kiseleva – student.

Вклад авторов:

Л. В. Киселева – научное руководство;

Н. В. Киселева – написание статьи.

Contribution of the authors:

L. V. Kiseleva – scientific management;

N. V. Kiseleva – writing articles.

Тип статьи: обзорная
УДК 631.861

ОПТИМИЗАЦИЯ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Алексей Николаевич Кузьминых¹, Александра Евгеньевна Ли²,
Василий Борисович Троц³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель, Самарская обл., Россия

¹askforyou582@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5240-5593>

²podaroksashi@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

³dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>

В данной работе обсуждается роль органических удобрений в оптимизации сорбционных процессов при их внесении в почву. Исследование подчёркивает важность использования органических добавок и возможности их комбинирования с минеральными комплексами удобрений. Исследование акцентирует внимание на необходимости комплексного подхода при планировании систем удобрений для повышения производственных показателей и устойчивости аграрного производства.

Ключевые слова: органические удобрения, адсорбционные свойства, структура почвы, комплекс удобрений.

Для цитирования: Кузьминых А. Н., Ли А. Е., Троц В. Б. Оптимизация сорбционных процессов при внесении органических удобрений // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 121-125.

OPTIMIZATION OF SORPTION PROCESSES WHEN APPLYING ORGANIC FERTILIZERS

Alexey N. Kuzminykh¹, Alexandra E. Li², Vasily B. Trots³

^{1,2,3} Samara State Agrarian University, Kinel

¹askforyou582@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5240-5593>

²podaroksashi@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

³dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>

This paper discusses the role of organic fertilizers in optimizing sorption processes when applied to the soil. The study emphasizes the importance of using organic additives and the possibility of combining them with mineral fertilizer complexes. The study focuses on the need for an integrated approach when planning fertilizer systems to improve production performance and sustainability of agricultural production.

Keywords: organic fertilizers, adsorption properties, soil structure, fertilizer complex.

For citation: Kuzminykh, A. N., Li, A. E., Trots, V. B. (2024). Optimization of sorption processes when applying organic fertilizers. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 121-125. (in Russ.).

Введение. Современная проблема снижения плодородия почвы оказывает все более серьёзное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Основной причиной этого является ограниченное применение органических удобрений, в сравнении с минеральными.

Как показывает практика, органические элементы поддерживают почвенное плодородие и насыщают грунт ценными органическими веществами, улучшая его физические свойства [1].

Органические удобрения производятся из природных источников и содержат органические вещества, обеспечивающие продолжительное питание растений. Это объясняется тем, что органические компоненты имеют несколько длительный процесс разложения и высвобождения питательных элементов, который может длиться более 5 лет. Более того, сорбционные процессы органических удобрений в почве сильно зависят от её свойств и условий окружающей среды, поэтому они имеют свои особенности применения [2].

Цель исследования: повышение эффективности органических удобрений путём оптимизации сорбционных процессов в почве. Для достижения данной цели были поставлены **задачи:**

- 1) Изучить роль органических удобрений в сохранении плодородия почв.
- 2) Рассмотреть пути улучшения сорбционных процессов при внесении удобрений.

Материалы и методы исследований. В ходе проведения теоретических исследований проводился литературный обзор трудов в области агрохимии и почвоведения таких авторов, как Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я., Окорков В.В., и других. Для поиска способов решения изучались агротехнические требования при внесении удобрений [3], и методом анализа осуществлялся подбор возможных комбинаций органических и минеральных удобрений для различных почв, согласно справочнику удобрений [4].

Результаты исследований. Органические удобрения представляют собой группу удобрений, содержащих элементы питания растений преимущественно в форме органических соединений. Это неотъемлемый и фундаментальный компонент поддержания устойчивости агроэкосистем и обеспечения стабильности сельскохозяйственного производства (рис. 1). Их использование оказывает значительное влияние на физико-химические и биологические свойства почв, способствуя формированию и поддержанию гумуса. Множество исследований подтверждают, что органические удобрения представляют собой эффективное и экологически безопасное средство для подавления вредных микроорганизмов почвы или корневой системы. Они доступны, долгосрочно действуют более 5 лет, а также способствуют сохранению высокого уровня видового разнообразия в почве.



Рис. 1 Классификация удобрений

Рассмотрим аспекты, вытекающие из литературных источников, связанные с влиянием органических удобрений на физико-механические свойства почвы. Соколов М. С., Спиридо-

нов Ю. Я. и другие учёные указывают на положительную роль органических удобрений, заключающуюся в воздействии удобрений на механический состав и структуру. Повышение супрессивности почвы и стимулирование процессов гумусообразования путём регулярного внесения органических удобрений – является обоснованным решением. Опыт использования, таких удобрений, как перегной, биогумус, компосты, сидераты и прочих, подчеркивает их эффективность в органическом земледелии. Интересно, что, в отличие от минеральных удобрений, коэффициент использования органических до сих пор чётко не установлен, ни в России, ни за рубежом [5].

Современные исследования подтверждают, что внесение органических удобрений оказывает значительное воздействие на способность почвы сохранять плодородие [2]. Сорбционные процессы, особенно адсорбция, в этом контексте, характеризуются состоянием почвенной матрицы и наличием в ней органических соединений. Адсорбция представляет собой процесс, который связывает растворённые вещества с поверхностью твёрдой фазы, образуя либо поверхностные, либо внутрисферные комплексы. Термин «адсорбция» часто употребляется в широком смысле для описания поглощения и удержания веществ на поверхности твёрдой фазы, так как в большинстве экспериментов эти процессы неразделимы.

Понятно, что органические удобрения, внесённые в почву, физически изменяют её свойства, влияя на сорбционные процессы. Важно отметить, что способность почвы к адсорбции, как обменная, так и специфическая, определяется разнообразием доступных сорбционных центров почвы. Различные параметры, такие как содержание глинистых частиц, органического вещества, оксидов Fe и Mn, карбоната кальция, pH, а также присутствие конкурирующих компонентов, которые оказывают влияние и на адсорбцию металлов в почве [6].

Понимание взаимодействия почвы с удобрениями важно для определения норм и периодичности их внесения. Мониторинг и прогнозирование фертильности почвы, как индикатора пригодности земель, позволяют предотвращать потери питательных веществ. Органические добавки, такие как компосты и гумусные вещества, не только способствуют улучшению структуры почвы, но и активизируют биологические процессы, повышая фертильность. Это влияет на способность почвы сохранять питательные элементы, такие как азот, фосфор и калий, и обеспечивать их доступность для растений [7]. Кроме того, влияние органических удобрений на структуру почвы благоприятно сказывается на её рыхлении, улучшении водопроницаемости. Они могут встраиваться в почвенный состав, обогащая его активными веществами и способствуя удержанию питательных веществ.

Из данного литературного анализа можно обосновать необходимость предварительного химического анализа почвы и оценки насыщения почвы питательными веществами. Разрабатывать нормы внесения органических смесей, в контексте требований экологической безопасности. После внесения удобрений, систематически выполнять мониторинг и анализ результатов для адаптации разработанных комплексов под климатические условия.

Необходимо изучать и реализовывать возможности комбинирования органических и минеральных удобрений, в зависимости от механического состава почвы и абсорбционных свойств. Необходимо формировать комплексы удобрений, с учётом скорости усвоения питательных веществ растениями и потребность растений на разных этапах вегетации. Органические удобрения действуют медленно, обеспечивая растениями питание на поздних стадиях их развития, в то время как минеральные удобрения, благодаря быстрому действию, удовлетворяют потребности растений с самого начала их роста.

Начальное внесение быстродействующих минеральных удобрений, таких как гранулированный суперфосфат, обеспечивает немедленное питание растений в начале их роста. Дополнительное внесение органических удобрений вместе с минеральными или отдельно может удовлетворить потребности растений в питательных элементах на более поздних этапах роста. Сочетание органических и минеральных удобрений создаёт благоприятные условия для развития микроорганизмов в почве и превращения элементов питания из удобрений в формы, доступные для растений. Это сочетание не всегда подразумевает совместное внесение удобрений; они могут применяться как совместно, так и раздельно в разные фазы роста растений,

в компостах или в органо-минеральных смесях, что даёт возможность адаптировать подход к конкретным условиям почвы и требованиям растений в конкретный момент их развития.

В оптимизации сорбционных процессов при внесении органических удобрений, особенно на почвах с разным механическим составом, важно рассмотреть сочетание удобрений, учитывая их воздействие на структуру и устойчивость почвы. *Для клейких почв* с высоким содержанием глины, которые часто сталкиваются с проблемами дренирования, оптимальным решением может быть комбинация перегноя, способствующего улучшению структуры, и минеральных удобрений, обеспечивающих растения мгновенным питанием. Это сочетание может способствовать оптимизации водно-воздушного режима почвы и повышению эффективности сорбционных процессов. *Для песчаных почв* с низким уровнем гумуса, где необходимо улучшить удержание влаги и питательных веществ, оптимизацию можно достичь через сочетание компоста, способствующего повышению содержания органических веществ, и минеральных удобрений. А в случае средних почв с *умеренной глинистостью* оптимизация сорбционных процессов может включать сочетание биогумуса и минеральных удобрений. Внесение биогумуса в вегетационный период может стимулировать рост и развитие растений, тогда как минеральные удобрения, внесённые в начале вегетации, могут обеспечить растения начальным питанием. Такие комбинации способствуют оптимизации процессов сорбции на уровне почвенных частиц, что повышает плодородие, тем самым увеличивает продуктивность угодий.

Выводы. Таким образом, комбинация органических и минеральных удобрений представляет собой перспективное решение для обеспечения растений всеми необходимыми питательными элементами в соответствии с их потребностями на разных этапах роста. Интегрирование информации о сорбционных процессах в системы удобрений может значительно повысить эффективность земледелия и способствовать устойчивому развитию сельскохозяйственного производства. Это включает в себя разработку систем мониторинга, адаптированных к конкретным особенностям почв и культур.

Список источников

1. Окорков В. В., Семин И. В., Окоркова Л. А. О применении органических удобрений на серых лесных почвах // Владимирский земледелец. 2016. № 3 (77). С. 9-16.
2. Троц В. Б. Троц Н. М., Обущенко С. В. Эффективность применения удобрений при выращивании сеянцев каштана конского обыкновенного // Аграрная Россия. 2020. № 6. С. 44-48.
3. Мамченков И. П., Поташов А. И., Чернавин А. С. Справочник по удобрениям. 3-е изд., испр. и доп. М.: Колос, 1964. 719 с.
4. Кондрашова Е. А., Даниленко Ж. В. Агротехнические требования при внесении удобрений // Молодежь и XXI век: материалы XI Международной молодежной научной конференции Курск, 2021. С. 277-280.
5. Соколов М. С. Спиридонов Ю. Я., Глинушкин А. П., Торопова Е. Ю. Органическое удобрение - эффективный фактор оздоровления почвы и индуктор её супрессивности // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 1. С. 4-12.
6. Галицкая И. В., Юганова Т. И. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами. характеристики сорбента, условия, параметры и механизмы адсорбции // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2009. № 90. С. 1-155.
7. Меццапеса Дж. Н., Писчителли Л., Монделли Д., Миано Т. Сравнительная оценка эффективности компоста, гуматов и минеральных удобрений для устойчивого управления почвенным плодородием в условиях средиземноморья // Агрономический вестник (спецвыпуск). 2018. №1.

References

1. Okorkov, V. V., Semin, I. V., Okorkova, L. A. (2016). On the use of organic fertilizers on gray forest soils. *Vladimirskij zemledelec (Vladimir farmer)*, 3 (77), 9-16 (in Russ.).

2. Trots, V. B. Trots, N. M., Obushchenko, S. V. (2020). The effectiveness of fertilizers in growing seedlings of horse chestnut. *Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia)*, 6, 44-48 (in Russ.).
3. Mamchenkov, I. P., Potashov, A. I., Chernavin, A.S. (1964). Handbook of fertilizers. 3rd ed., ispr. and add. Moscow: Kolos (in Russ.).
4. Kondrashova, E. A. Danilenko, J. V. (2021). Agrotechnical requirements for fertilization 21': *collection of XI International Youth Scientific Conference*. (pp. 277-280). Kursk (in Russ.).
5. Sokolov, M. S. Spiridonov, Yu. Ya., Glinushkin, A. P., Toropova, E. Yu. (2018). Organic fertilizer is an effective factor of soil improvement and an inducer of its suppressiveness. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of science and technology of the agroindustrial complex)*, 32, 1, 4-12 (in Russ.).
6. Putilina, V. S., Galitskaya, I. V., Yuganova, T. I. (2009). Adsorption of heavy metals by soils and rocks sorbent characteristics, conditions, parameters and mechanisms of adsorption. *Ekologiya. Seriya analiticheskikh obzorov mirovoj literatury (Ecology. A series of analytical reviews of world literature)*, 90, 1-155 (in Russ.).
7. Mezzapesa, J. N. Piscitelli, L., Mondelli, D., Miano, T. (2017). Comparative assessment of the effectiveness of compost, humates and mineral fertilizers for sustainable soil fertility management in the Mediterranean. *Agronomicheskij vestnik (specvypusk) (Agronomic Bulletin (special issue))*, 1, (in Russ.).

Информация об авторах

А. Н. Кузьминых – студент;

А. Е. Ли – студент;

В. Б. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

A. N. Kuzminykh is a student;

A. E. Li is a student;

V. B. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Вклад авторов:

А. Н. Кузьминых – написание статьи;

А. Е. Ли – написание статьи;

В. Б. Троц – научное руководство.

Contribution of the authors:

A. N. Kuzminykh – writing an article;

A. E. Li – writing an article;

V. B. Trots – scientific guidance.

Тип статьи: обзорная

УДК 631.82

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЕСНЫХ ПОЧВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ НАСАЖДЕНИЙ

Александра Евгеньевна Ли¹, Алексей Николаевич Кузьминых²,

Василий Борисович Троц³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель, Самарская обл., Россия

¹podaroksashi@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

²askforyou582@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5240-5593>

³dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>

В данной статье рассмотрено влияние химического состава почвы лесов Самарской области. Отмечается, что оптимальный уровень минеральных элементов способствует улучшению плодородия и активному росту, и развитию лесных культур. Результаты изучения химического состава лесных почв имеют большое значение для оптимизации условий для роста лесных культур, улучшения плодородия почвы и поддержания экологического баланса в лесных экосистемах.

Ключевые слова: химический состав, минеральное питание, азот, фосфор, калий, лесные культуры.

Для цитирования: Ли А. Е., Кузьминых А. Н., Троц В. Б. Влияние химического состава лесных почв на рост и развитие насаждений // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 125-130.

INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FOREST SOILS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTINGS

Alexandra E. Li¹, Alexey N. Kuzminykh², Vasily B. Trots²

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Kinel, Samara region, Russia

¹podaroksashi@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

²askforyou582@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5240-5593>

³dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>

This article examines the chemical composition of the soil in the forests of the Samara region. It is noted that the optimal level of mineral elements contributes to improved fertility and active growth and development of forest crops. The results of studying the chemical composition of forest soils are of great importance for optimizing conditions for the growth of forest crops, improving soil fertility and maintaining the ecological balance in forest ecosystems.

Key words: chemical composition, mineral nutrition, nitrogen, phosphorus, potassium, forest crops.

For citation: Li, A. E., Kuzminykh, A. N., Trots, V. B. (2024). The influence of the chemical composition of forest soils on the growth and development of plantations. Putokhin Readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 125-130. (in Russ.).

Введение. В настоящее время вопросы обогащения почв минеральными удобрениями приобретают особую актуальность, поскольку минералы воздействуют на химический состав почвы и способствуют росту растений. Однако, увеличение использования готовых составов минеральных удобрений в агропромышленном комплексе может привести к нехватке вносимых элементов питания и, соответственно, к обеднению почвы. Поскольку химический состав почв различен, использование удобрений без учета этого фактора может негативно отразиться на структурных и химических показателях почв, и привести к снижению их плодородия [1].

Проблема обеднения почвы актуальна для Самарской области, где объем использования минеральных удобрений в последние годы значительно вырос. В целом в 2022 году самарские аграрии использовали 185 тыс. тонн минеральных удобрений, что на 18% больше, чем в 2021-м году. Общая удобренная площадь превысила 1,5 млн га, что в 2,1 раза больше, чем пять лет назад [3]. Тем не менее, наблюдается нехватка вносимых элементов, таких как цинк, марганец, медь, магний, фосфор, калий и сера. Особенно значимо, что почти все элементы питания, кроме азота, испытывают дефицит, что может отрицательно сказаться на плодородии почвы Самарской области. В результате в регионе наблюдается нехватка вносимых удобрений, что приводит к обеднению почвы из-за большего выноса элементов питания с урожаем, превышающее их внесение.

Целью данной работы является изучение влияния химического состава лесных почв Самарской области на рост и развитие лесных насаждений. Для достижения поставленной цели были поставлены **следующие задачи**:

- 1) Изучить химический состав и его изменчивость в лесных почвах Самарской области.
- 2) Описать особенности комплексов удобрений для Самарской области.

Материалы и методы исследований. Основные литературные источники представлены научными трудами, содержащими сведения о химическом составе лесных почв, в частности об элементах минерального питания и их влияние на рост и развитие древесных культур. Применялись различные методы анализа и обобщения информации.

Предметом исследования является влияние химического состава почв на биологические процессы роста и развития лесных насаждений.

Результаты исследований. Химический состав почвы в лесных массивах подвержен изменениям в зависимости от типа лесного насаждения. В хвойных лесах преобладают кислые почвы из-за большого содержания органических кислот, которые выделяются деревьями через смолу. В лиственных лесах почвы обычно являются щелочными из-за большого количества листьев, содержащих углекислый кальций. Мощность лесной подстилки оказывает значительное влияние на продуктивность древостоев. Исследованиями Бахмета О.Н. и Федореца Н.Г. было обнаружено, что продуктивность сосняков хорошо коррелирует с содержанием по горизонтам почвы натрия, магния и кальция [4]. В насаждениях лесная подстилка обогащает почву органическим веществом и способствует удержанию минеральных элементов в почвенном слое. Содержание элементов питания меняется в зависимости от глубины слоя: увеличение глубины приводит к повышению минеральных включений и уменьшению органической части из-за процесса гумификации. Уровень углерода, водорода и кислорода снижается из-за процесса минерализации лесного опада и синтеза перегнойных веществ, более богатых углеродом. Гумификация также способствует увеличению содержания азота, особенно в слое ферментации. Переход от верхнего слоя опада к нижней части лесной подстилки приводит к увеличению содержания кремния, алюминия и железа, а снижению содержания кальция, магния, калия, серы и фосфора, что свидетельствует о вымывании этих элементов из подстилки. Лесные подстилки различных типов насаждений также содержат большое количество азота и зольных элементов.

На изменчивость химического состава почвы значительно влияет рельеф местности. Он определяет расположение почвенных горизонтов, наличие склонов и уклонов, которые в свою очередь влияют на процессы образования и перемешивания почвенных частиц, а также на способы дренирования воды из почвы. Специфические особенности рельефа, такие как наклон склонов и нижние участки, могут вызывать различия в суммарном количестве и доступности питательных веществ для растений. На склонах уровень почвенной влаги может быть ниже, что снижает доступность некоторых питательных элементов и способствует аккумуляции других элементов. Также на склонах возникает эрозия, которая может удалить или переместить часть почвенных частиц, включая минеральные элементы.

Степень изреживаемости насаждений оказывает влияние на объём питательных элементов в почве, что в свою очередь влияет на уровень её плодородия. Исследования Воеводкиной А. В. показывает, что тип лесного насаждения и методы ухода также влияют на химический состав почвы. Содержание органического углерода и гумуса в почве не зависит от частоты рубок или процента изреживания леса, но может быть увеличено через интенсивную рубку. Объёмы подвижных форм фосфора и калия также может меняться в зависимости от интенсивности рубки. При интенсивной рубке содержание этих элементов может увеличиваться, но при более интенсивном изреживании их содержание постепенно снижается [2].

Самарская область расположена в юго-восточной части европейской территории России вдоль среднего течения реки Волги. Территория относится к лесостепной и степной зонам, где защитные насаждения покрывают 10 % всех земель. Из морфологического описания почв лесных экосистем Самарской области следует, что даже среднемошные типичные дерново-

карбонатные почвы характеризуются укороченным профилем. Почвы преимущественно среднесуглинистые, со средним содержанием гумуса. В лесных массивах растения имеют низкую способность естественного возобновления из-за суровых климатических условий. Лесные пожары 2021 г. (1,5 тыс. га) привели к изменению состава почвы, так как в результате горения лесов накопилось большое количество золы. По данным 2021 г., после прохождения пожаров, произошли изменения показателя рН с 6,60 до 6,31.

Зола, как известно, включает грязно-серые угольки и содержит высокое количество сырой золы — золы с примесями CO_2 и минералов после сгорания растительного материала. Это приводит к повышению кислотности лесных почв, что стимулирует закупорку корневых сосудов растений и снижение поступления питательных веществ, негативно влияя на почвенную флору и фауну. В связи с этим следует использовать комплекс удобрений, включающий нейтрализующие вещества, такие как аммиачная соль и известь, необходимо ограничивать химических элементов, находящиеся в избытке.

Профессор А. И. Русаленко подчеркивает, что деревья имеют фундаментальную потребность в минеральном питании. Применение минеральных удобрений на лесных участках способствует восстановлению плодородия почвы и имеет положительное влияние на приживаемость культур, развитие растений, устойчивость к вредителям и болезням [5]. Как показывает практика, современные тенденции деградации почв в Самарской области вызвана нехваткой минеральных удобрений. Стандартным составом для ряда лиственных пород является комплекс полного минерального удобрения в норме $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$. Здесь, в качестве азотных минеральных удобрений чаще всего используют аммиачную селитру с содержанием азота 35%, фосфорных – двойной суперфосфат, содержащий 42% усваиваемого фосфора, калийных - хлористый калий с концентрацией действующего вещества 62%. Подкормки вносят трижды при поливах: весной после появления всходов, в конце июня и в конце июля, что позволяет стимулировать ростовые процессы молодых деревьев. На I уровне минерального питания повышается линейный рост стеблей, а их высота достигает значения больше контрольного. На фоне этого изменяется темп прироста подземной части, при этом длина и масса корней увеличивается.

Влияние химического состава почв на рост и развитие лесных насаждений является важной проблемой в лесном хозяйстве, поскольку годы использования почвы приводят к ее истощению. Минеральные комплексы удобрений, которые обычно используются для восстановления почвенного плодородия, зачастую не содержат нужных микроэлементов, таких как бор, марганец, цинк и медь. Поскольку использование почвы в течение длительного времени может привести к истощению ее питательных веществ, необходимо добавлять дополнительные элементы. Одно из решений, которое актуально для Самарской области – это внесение глауконита, торфа и песка в почву, в зависимости от условий и видов насаждений Самарской области.

Внесение глауконита, торфа и песка можно осуществлять, как в составе полного минерального удобрений, так и отдельно. Глауконит содержит высокие концентрации калия, магния, железа и других микроэлементов, что способствует увеличению плодородия почвы. Торф, благодаря своей способности удерживать влагу и улучшать структуру почвы, а также песок (диоксид кремния), который помогает дренировать почву и предотвращает заболачивание, также играют важную роль в улучшении состава почвы. Глауконит и диоксид кремния обычно вносятся в глинистые почвы и почвы с высоким содержанием натрия, в то время как торф вносится в почвы более рыхлого механического состава. Вносимые удобрения улучшают физические свойства почвы, повышая усвояемость питательных веществ, а также насыщают почву комплексом хорошо усвояемых микроэлементов.

Отмечается, что обращать внимание только на количественные и метрические показатели при выращивании сеянцев недостаточно. Вместе с тем, опыты показывают, что применение удобрений в определенных соотношениях в оптимальные сроки роста и развития положительно влияют не только на выход посадочного материала, но и на приживаемость и рост культур в различных экологических условиях [1]. Прежде всего под этим подразумевается учёт

факторов и контроль качества результатов, которые включают в себя следующие принципы:

1. *Сбалансированное удобрение.* Важно использовать удобрения в оптимальных соотношениях, чтобы обеспечить растения необходимыми питательными веществами для их здорового роста и развития.

2. *Оптимальные сроки внесения удобрений.* Удобрения следует вносить в оптимальные сроки роста и развития, чтобы обеспечить растения необходимыми питательными веществами в нужное время.

3. *Адаптация к экологическим условиям.* Удобрения следует выбирать с учетом экологических особенностей конкретного районов, чтобы обеспечить хорошую приживаемость и рост культур.

4. *Мониторинг результатов.* Важно постоянно контролировать рост и развитие сеянцев и корректировать процесс выращивания в зависимости от полученных результатов.

Таким образом, для повышения эффективности использования удобрений в лесных насаждениях Самарской области необходимо уделять внимание применению улучшенных комплексных удобрений, которые обеспечивают непрерывное и достаточное питание деревьев и восстановлению плодородия почвы. Важно учитывать экологические условия, проводить постоянный контроль и удобрять растения с учетом их индивидуальных потребностей.

Выводы. Исследованиями было установлено, что изменчивость химического состав лесных почв зависит от множества факторов, таких как тип лесного насаждения, мощность лесной подстилки, рельеф местности, интенсивность рубок и др. Лесные почвы сами по себе являются богатой химическими элементами средой, однако изменения крайне негативно отражаются на доступности питательных веществ, что снижает продуктивность древостоев. В случае с Самарской областью, лесные пожары в 2021 году привели к изменению состава почвы и повышению ее кислотности, что негативно сказывается на почвенной флоре и фауне. Для восстановления почвенной экосистемы необходимо проводить известкование или вносить аммиачную соль для подавления кислотной среды, и ограничивать элементы, находящиеся в избытке.

Также удалось установить, что минеральное питание играет ключевую роль в здоровом росте и развитии деревьев, особенно в условиях недостатка минеральных удобрений. *В качестве рекомендаций* для Самарской области мы предлагаем:

- использовать минеральные удобрения, такие как аммиачная селитра, двойной суперфосфат и хлористый калий, в соответствии с рекомендуемым составом $N_{60}P_{60}K_{60}$ для лиственных пород;

- добавлять микроэлементы в почву и использовать глауконит, торф и песок для восстановления плодородия и улучшения структуры почвы.

Список источников

1. Бобринев В. П., Пак Л. Н. Влияние удобрений на рост сеянцев и приживаемость лесных культур сосны // Вестник КрасГАУ. 2012. № 4 (67). С. 137.

2. Воеводкина А. В. Изменения химических свойств верхних горизонтов почвы формирующегося лесного насаждения под влиянием рубок ухода // Вестник магистратуры. 2018. № 4-2 (79). С. 12-14.

3. Между «Севером – Югом» и «Западом – Востоком». Потенциал развития сельского хозяйства Самарской области [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/regions/article/40413-mezhdu-severom-yugom-i-zapadom-vostokom-potentsial-razvitiya-selskogo-khozyaystva-samarskoj-oblasti/>.

4. Продуктивность и устойчивость лесных почв, III международная конференция по лесному почвоведению [Электронный ресурс]. URL: http://elibrary.krc.karelia.ru/369/1/Produkt_Bahmet.pdf.

5. Луганский Н. А., Залесов С. В., Луганский В. Н. Лесоведение: учебн. пособие. Екатеринбург, 2010. 432 с.

References

1. Bobrinev, V. P, Pak L. N. (2012). The influence of fertilizers on the growth of seedlings and the survival rate of pine forest crops. *Vestnik KrasGAU (Bulletin of KrasGAU)*, 4 (67), 137 (in Russ.).
2. Voevodkina A. V. (2018). Changes in the chemical properties of the upper soil horizons of an emerging forest plantation under the influence of thinning. *Vestnik magistratury (Bulletin of magistratury)*, 4-2 (79), 12-14 (in Russ.).
3. Between «North – South» and «West – East». Potential for the development of agriculture in the Samara region [Electronic resource]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/regions/article/40413-mezhdu-severom-yugom-i-zapadom-vostokom-potentsial-razvitiya-selskogo-khozyaystva-samar-skoy-oblasti/>.
4. Productivity and sustainability of forest soils, III international conference on forest soils [Electronic resource]. URL: http://elibrary.krc.karelia.ru/369/1/Produkt_Bahmet.pdf.
5. Lugansky, N. A., Zalesov, S. V., Lugansk, V. N. (2010). Forestry: textbook. allowance. Ekaterinburg (in Russ.).

Информация об авторах

А. Е. Ли – студент;

А. Н. Кузьминых – студент;

В. Б. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

A. E. Li – student;

A. N. Kuzminykh – student;

V. B. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Вклад авторов:

А. Е. Ли – написание статьи;

А. Н. Кузьминых – написание статьи;

В. Б. Троц - научное руководство.

Contribution of the authors:

A. E. Li – writing an article;

A. N. Kuzminykh – writing an article;

V. B. Trots – scientific guidance.

Тип статьи: обзорная

УДК 630.114.351

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ

Александра Евгеньевна Ли¹, Алексей Николаевич Кузьминых²,

Василий Борисович Троц³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель, Самарская обл., Россия

¹podaroksashi@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

²askforyou582@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5240-5593>

³dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>

В данной статье рассмотрены особенности химических процессов лесной подстилки, а также её значение для роста и развития насаждений. Изучение химических процессов и

органических элементов лесной подстилки имеет большое значение для понимания функционирования лесных экосистем и разработки методов устойчивого лесного хозяйства.

Ключевые слова: химический состав, минеральное питание, лесная подстилка, опад, лесная почва.

Для цитирования: Ли А. Е., Кузьминых А. Н., Троц В. Б. Изучение химических процессов и органических элементов лесной подстилки// Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 130-135.

STUDY OF CHEMICAL PROCESSES AND ORGANIC ELEMENTS OF THE FOREST FLOOR

Alexandra E. Li¹, **Alexey N. Kuzminykh**², **Vasily B. Trots**³

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Kinel, Samara region, Russia

¹ podaroksashi@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

²askforyou582@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5240-5593>

³dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>

This article discusses the features of the properties of forest litter, as well as its importance for the growth and development of plantings. The study of chemical processes and organic elements of the forest floor is of great importance for understanding the functioning of forest ecosystems and developing sustainable forestry methods.

Key words: chemical composition, mineral nutrition, forest litter, litter, forest soil.

For citation: Li, A. E., Kuzminykh, A. N., Trots, V. B. (2024). Study of chemical processes and organic elements of forest litter. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 130-135. (in Russ.).

Введение. Лесная подстилка представляет собой ключевой элемент не только лесной почвы, но и всего биогеоценоза [1]. Её функциональная значимость проявляется в отражении скорости биологического обращения органических веществ и минеральных элементов, что выступает показателем эффективности функционирования экосистем. Этот слой органического материала, формирующийся из растительного опада, занимает уникальное положение между растительным опадом и верхними слоями почвы, играя роль источника органических соединений и резервуара биогенных элементов. Одновременно подстилочный слой служит жилищем для разнообразных видов почвенной фауны и выполняет важную функцию в циклах углерода и азота в лесных экосистемах.

Важнейшей проблемой, связанной с лесной подстилкой, является её динамика и воздействие на состояние лесов. Изменения в структуре и составе подстилки способны оказать значительное влияние на здоровье лесных экосистем, способствовать исчезновению видов и воздействовать на качество и плодородие почв[2]. Несмотря на важность данного компонента для экосистемы, его изменчивость и реакция на разнообразные факторы, включая климатические изменения и антропогенное воздействие, требуют более глубокого понимания. Поэтому исследование процессов, происходящих в лесной подстилке, и её состав являются основой устойчивости лесных экосистем.

Цель данной работы - изучение химических процессов в лесной подстилке и анализ значимости её элементов в функционировании лесных экосистем. Для достижения этой цели были выделены следующие *задачи*:

- 1) Рассмотреть работы учёных о лесных подстилках.
- 2) Обосновать лесоводственное значение лесной подстилки.

Материалы и методы исследований. Основные литературные источники представлены научными трудами, содержащими сведения о химическом составе лесных подстилок, а также их свойствах. Применялись различные методы анализа и обобщения информации.

Результаты исследований. Лесная подстилка, подробно рассматриваемая из перспективы почвоведения, представляет собой слой органического материала, образованный из разнообразных растительных остатков, находящихся над верхним минеральным горизонтом почвы. Её комплексные химические и биологические процессы играют определяющую роль в формировании лесных почв и поддержании биологического равновесия в экосистемах. Одной из концепций, предложенной С.В. Зонном, считает подстилку верхним органомным горизонтом, который, обладая определёнными признаками и свойствами, не только определяет характер почвообразования, но и служит источником возврата органоминеральных соединений в почву. Другой концепцией является рассмотрение подстилки как составной части «лесного гумуса».

Лесная подстилка является активной средой для богатого разнообразия микроорганизмов и многочисленных видов беспозвоночных, которые поглощают питательные вещества, высвобождающиеся при минерализации органических остатков. Этот микробиом участвует в процессах разложения органических материалов, оказывая значительное воздействие на циклы питательных веществ и общее плодородие почвы. Более того, содержащиеся в подстилке питательные компоненты имеют значительное значение для питания и роста растений. Учёные, такие как Л. О. Карпачевский, Л. А. Гришина и С. В. Зонн сосредотачивают свои исследования на практической ценности лесной подстилки, ее роли в диагностике лесных почв и её важности в биогеоценозе. Важно отметить, что лесная подстилка представляет собой не только элементарный слой органического материала, но и особое биогеоценозическое тело, которое выполняет множество функций, оказывая влияние на различные аспекты жизнедеятельности лесных экосистем.

Лесная подстилка оказывает существенное влияние на различные режимы почвы, включая водный, воздушный, температурный, окислительно-восстановительный и пищевой. Процессы трансформации органического материала, происходящие в подстилке, определяют структуру почвы и её плодородие. Классификация лесной подстилки, предложенная А. П. Сапожниковым, подчёркивает значимость её воздействия на баланс и жизнедеятельность лесных экосистем. Различные подходы к классификации учитывают разнообразие состава и особенностей подстилки, что позволяет понять, как эта составляющая влияет на функционирование лесных сообществ и их общую структуру. Эти подходы - лесоводственный, почвенно-гумусный, биохимический и структурный - отражают аспекты химических, биологических и структурных процессов, происходящих в подстилке.

Родоначальник направления биогеоценологии – В. Н. Сукачев и его последователи, изучали практическую значимость особенностей лесной подстилки как генетического горизонта для диагностики лесных почв и их влияния на жизнедеятельность лесных экосистем [3]. Различные точки зрения на лесную подстилку отмечались, описывая её как переходное звено между органическими компонентами и биокосной почвой или как активный фактор, влияющий на почву и соседствующие экосистемы.

Мюллер, датский лесовод, выделил три основных типа лесной подстилки, каждый из которых оказывает определённое влияние на функционирование лесных экосистем.

Первый тип представляет собою мягкий, сладкий или нейтральный лесной перегной. В этом случае подстилка – рыхлая, эластичная, пружинистая, отдельные части которой не сшиты между собою грибными гифами. Разложение (а не гниение) происходит при доступе воздуха и достаточном количестве влаги, при наличии оснований, при преобладающем влиянии бактерий и дождевых червей. Продуктом разложения является аморфный гумус, равномерно перемешанный минеральной частью почвы, с нейтральной или очень слабокислой реакцией. Перегной этот относительно богат питательными веществами; переход от неразложившихся частей подстилки к перегною, вошедшему уже в состав почвы, постепенный. Почва под такой пружинистой подстилкой – рыхлая, с комковатой структурой, пушистая.

Второй тип лесной подстилки, так называемый кислый, или грубый, перегной – сухой торф. Подстилка плотная, отдельные части которой сшиты грибными гифами. Кроме плотности, она часто характеризуется, в противоположность первому типу, большой мощностью. Гниение (а не разложение) идет не до конца, а дает продукты, способные к дальнейшему окислению. Оно происходит при недостатке воздуха, при избытке влаги или при низкой температуре, или при отсутствии или недостаточном количестве оснований. Гумусовые кислоты обуславливают кислый характер растворов, поступающих в почву, в которой явно обозначается подзолообразовательный процесс. Отсутствие животных обуславливает сохранение строения гниющих частей, которые не перемешиваются с минеральной частью почвы. Поэтому переход от подстилки к почве обыкновенно очень резок. Почва под такой подстилкой плотна.

Третий тип подстилки представляет собой наиболее распространенный вид перегнойных образований, где процесс разложения и его продукты обладают промежуточными характеристиками. В зависимости от внешних условий, подстилка может подвергаться различным процессам во времени [4].

Лесная подстилка, своей активностью, регулирует водные, воздушные, температурные, химические и питательные условия почвы и, поэтому, кроме упомянутых, в природе существует и другие разновидности, замеченные лесоводами, но до сих пор не получившие детального научного описания. В процессе разложения органических остатков, от верхних слоев подстилки к нижним, присутствуют различные этапы: от деструктивных до ферментативных, гумифицированных, перегнойных, торфянистых и торфяных процессов. Химический состав минеральной части подстилки подвергается изменениям в содержании как макро-, так и микроэлементов, проходя через процесс гумификации.

1) Деструктивные, которые включают разрушение растительного опада под действием биотических и абиотических факторов, которые приводят к уменьшению размерности частиц в системе опад, а именно нижележащие горизонты.

2) Ферментативные процессы, отражающие интенсивность микробиологической деятельности. Эти процессы сопровождаются появлением темно-бурых и черных тонов в подгоризонтах подстилки. Процессы ферментации приводят к образованию горизонта гумификации и к формированию перегнойного горизонта.

3) Гумифицированные – биохимические и физико-химические процессы превращения опада в гумусовые вещества.

4) Перегнойные процессы, в результате которых образуются первичные органоминеральные агрегаты.

5) Торфянистые процессы протекают при избыточном увлажнении, при этом процессы разложения опада замедлены, что проявляется в профиле в виде бурых тонов.

6) Торфяные процессы, возникающие при гидроморфных условиях, в результате образуется торф.

Химический состав лесной подстилки изменяется в различных лесных регионах и формациях. В лесном опаде содержится значительное количество азота и зольных элементов, что может колебаться в зависимости от многих факторов. Например, данные из разных регионов указывают на различия в содержании питательных элементов. Улучшение экологических условий обычно связано с увеличением элементов питания в опаде. Сравнение различных типов лесных пород также показывает, что листовенные насаждения обычно имеют больше элементов питания в опаде по сравнению с хвойными.

Скорость разложения подстилки также влияет на её запасы: чем быстрее разлагается подстилка, тем меньше её запасы. Например, на Среднем Урале обнаружено, что в подстилке сосновых и еловых лесов в абсолютно сухом состоянии содержится от 23 до 63 тонн на гектар. При предположении, что азот составляет примерно 2% от этой массы, его общее количество может достигать от 460 до 1260 кг на гектар. Зольные элементы, составляющие примерно 3%, могут колебаться от 690 до 1890 кг на гектар. Это превышает годовое потребление растениями в несколько раз [5]. Концентрации химических элементов в опаде и подстилке сильно варьируются в зависимости от типа лесной растительности.

В опаде под лиственницей углерод (С) составляет примерно 54,43%, а в подстилке это значение снижается до 43,72%. Под сосной содержание углерода в опаде около 51,47%, а в подстилке — примерно 47,44%. Для ели уровень углерода в опаде приближается к 54,49%, в то время как в подстилке составляет около 43,05%.

Азот (N) в опаде под сосной составляет примерно 0,61%, а в подстилке — около 0,82%. Для лиственницы значения составляют около 0,74% в опаде и около 0,79% в подстилке. Под елью содержание азота в опаде приблизительно 0,73%, а в подстилке — около 0,98%.

Кальций (Ca) в опаде под сосной примерно 0,39%, а в подстилке — около 0,73%. Для лиственницы значения около 0,58% в опаде и около 0,93% в подстилке. Под елью содержание кальция в опаде приблизительно 0,76%, а в подстилке — около 1,65%.

Магний (Mg) в опаде под сосной составляет около 0,09%, а в подстилке — около 0,40%. Для лиственницы значения около 0,20% в опаде и около 0,40% в подстилке. Под елью содержание магния в опаде приблизительно 0,22%, а в подстилке — около 0,40%.

Калий (K) в опаде под сосной составляет около 0,27%, а в подстилке — около 0,20%. Для лиственницы значения около 0,17% в опаде и около 0,20% в подстилке. Под елью содержание калия в опаде приблизительно 0,36%, а в подстилке — около 0,18%.

Фосфор (P) в опаде под сосной примерно 0,04%, а в подстилке — около 0,02%. Для лиственницы значения около 0,06% в опаде и около 0,06% в подстилке. Под елью содержание фосфора в опаде приблизительно 0,08%, а в подстилке — около 0,08% [5].

Многие исследования также показывает, что с глубиной подстилки уменьшается содержание органических элементов и увеличивается минеральная составляющая из-за наличия минеральных включений. Отмечается снижение содержания углерода, а также водорода и кислорода, в связи с гумификацией лесного опада. В подстилках различных пород накапливается значительное количество азота и зольных элементов. Кроме того, присутствуют разнообразные соединения, как из растительных остатков, так и результаты их гумификации, такие как гуминовые и фульвокислоты.

Важно отметить, что уровни содержания упомянутых элементов отражают не только минерализацию лесного опада, но и синтез перегнойных веществ, обладающих более высоким содержанием углерода. Это приводит к увеличению содержания азота, особенно в слое ферментации. Присутствие значительного количества зольных элементов и азота в листьях ускоряет их разложение микроорганизмами, которые выбирают более питательные субстраты. На этот процесс также влияют другие характеристики листьев, такие как их жесткость и содержание дубильных веществ.

Говоря о лесоводственном значении лесной подстилки следует отметить, что во-первых, большая плотность и мощность подстилки и кислого перегноя может мешать укоренению всходов, корни которых, извиваясь в различных направлениях, могут не достигнуть минерального слоя почвы и оттого преждевременно начинают сохнуть; во-вторых, такие всходы, не умирая окончательно, очень долго прозябают, будучи страшно угнетены в силу того, что или химические, или физические свойства такой плотной подстилки не отвечают их природе; здесь могут иметь значение физиологическая сухость такого мёртвого покрова, недостаток аэрации, — корни, по крайней мере, становятся гораздо более поверхностными, и это наблюдается там, где эта порода произрастает в минеральном слое почвы [4].

Выводы. Таким образом, данные наблюдения свидетельствуют о сложных химических и биологических процессах, происходящих в лесной подстилке, где различные элементы подвергаются разложению, гумификации и аккумуляции, что влияет на обогащение почвенного состава и поддержание биологической активности лесной экосистемы. В целом, это подчёркивает важность сохранения лесной подстилки в целях поддержания биологического баланса и активности лесной экосистемы. Древесно-кустарниковые насаждения требуют рационального подхода к использованию, чтобы уменьшить негативное воздействие на состояние лесной подстилки. Это необходимо для поддержания целостности и сохранения естественной структуры подстилочного слоя, что в свою очередь, обеспечит более здоровую и устойчивую экосистему.

Список источников

1. Динамика морфологии и химических свойств лесной подстилки в ходе естественного постагрогенного лесовосстановления и ее отражение напочвенным покровом. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-morfologii-i-himicheskikh-svoystv-lesnoy-podstilki-v-hode-estestvennogo-postagrogennogo-lesovosstanovleniya-i-ee-otrazhenie>.
2. Лесные подстилки как компонент лесного биогеоценоза. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_9536196_80990579.pdf.
3. Строение, состав и пространственная вариабельность лесных подстилок Восточной Фенноскандии. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dslib.net/pochvoved/stroenie-sostav-i-prostranstvennaja-variabelnost-lesnyh-podstilkov-vostochnoj.html>.
4. Морозов Г. В. Учение о лесе. 5-е изд. Москва; Ленинград: Гос. изд-во, 1930. 440с.
5. Лесные подстилки как депо биогенных элементов. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesnye-podstilki-kak-depo-biogennyh-elementov>.

References

1. Dynamics of the morphology and chemical properties of the forest litter during natural postagrogenic reforestation and its reflection by the ground cover. [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-morfologii-i-himicheskikh-svoystv-lesnoy-podstilki-v-hode-estestvennogo-postagrogennogo-lesovosstanovleniya-i-ee-otrazhenie>. (in Russ.).
2. Forest litter as a component of forest biogeocenosis. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_9536196_80990579.pdf. (in Russ.).
3. Structure, composition and spatial variability of forest litter in Eastern Fennoscandia. [Electronic resource]. URL: <http://www.dslib.net/pochvoved/stroenie-sostav-i-prostranstvennaja-variabelnost-lesnyh-podstilkov-vostochnoj.html>. (in Russ.).
4. Morozov, G. V. (1930). Teaching about the forest. 5th edition. Moscow; Leningrad: State publishing house (in Russ.). (in Russ.).
5. Forest litter as a depot of nutrients. [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesnye-podstilki-kak-depo-biogennyh-elementov>. (in Russ.).

Информация об авторах

А. Е. Ли – студент;
А. Н. Кузьминых – студент;
В. Б. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

A. E. Li – student;
A. N. Kuzminykh – student;
V. B. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Вклад авторов:

А. Е. Ли – написание статьи;
А. Н. Кузьминых – написание статьи;
В. Б. Троц – научное руководство.

Contribution of the authors:

A. E. Li – writing an article;
A. N. Kuzminykh – writing an article;
V. B. Trots – scientific guidance.

Научная статья
УДК 631.82

СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Александра Евгеньевна Ли¹, Людмила Николаевна Жичкина²

^{1,2} Самарский государственный аграрный университет, Самара

¹podaroksashi@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

²zhichkinaln@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6536-8856>

В данной статье проанализировано применение азотных, фосфорных и калийных удобрений при возделывании пшеницы в Самарской области. Установлено, что при возделывании пшеницы в 2020-2022 гг. больше применялось азотных удобрений (586,0 тыс. ц).

Ключевые слова: минеральные удобрения, азотные удобрения, фосфорные удобрения, калийные удобрения, озимая пшеница, посевная площадь.

Для цитирования: Ли А. Е., Жичкина Л. Н. Состояние применения минеральных удобрений при возделывании пшеницы в условиях Самарской области // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 136-139.

MINERAL FERTILIZERS APPLICATION STATE IN WHEAT CULTIVATION IN THE SAMARA REGION

Aleksandra. E. Li¹, Lyudmila N. Zhichkina²

^{1,2}Samara State Agrarian University, Samara

¹podaroksashi@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-1186-8563>

²zhichkinaln@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6536-8856>

This article analyzes the use of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers when cultivating wheat in the Samara region. It has been established that when cultivating wheat in 2020-2022 more nitrogen fertilizers were used (586.0 thousand cwt).

Keywords: mineral fertilizers, nitrogen fertilizers, phosphorus fertilizers, potash fertilizers, winter wheat, sown area.

For citation: Li, A. E., Zhichkina, L. N. (2024). Mineral fertilizers application state in wheat cultivation in the Samara region. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 136-139. (in Russ.).

Зерновые культуры – возделываются в основном в сельскохозяйственных организациях и крестьянско-фермерских хозяйствах. Пшеница занимает особое место в продовольственном балансе страны и является ценным видом сельскохозяйственной продукции. На долю продуктов переработки зерновых, к которым относятся хлеб, мука и крупы, приходится около 40% всех потребляемых калорий, почти 50% потребностей в белках и 60% потребностей в углеводах [1]. Зерно пшеницы применяют для изготовления концентрированных кормов для ряда сельскохозяйственных животных. Пшеничные отруби также являются высококонцентрированным кормом [2]. Солома и мякина обладают кормовой ценностью. Солома измельченная,

запаренная или обработанная химическими препаратами используется в пищу крупным рогатым скотом, овцами. Возможно использование соломы как строительного материала, как источник бумаги, как подстилки для животных [3].

Селекционерами научных центров нашей страны созданы сорта озимой и яровой пшеницы, которые не имеют себе равных по зимостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к вредителям и болезням, обладают высокой урожайностью и качеством.

Урожайность пшеницы и качество зерна пшеницы в первую очередь зависит от выбора правильной системы полеводства и обеспеченности растений элементами минерального питания в течение всего вегетационного периода [4].

Требования интенсивных сортов к условиям более высокие. Раскрыть генетический потенциал таких сортов озимой и яровой пшеницы можно только при создании оптимального поступления питательных элементов в течение всего периода вегетации. Полное обеспечение потребностей растений пшеницы всеми элементами питания дает максимальный эффект, который проявляется в высокой урожайности и получении качественного зерна. Особенно важно учитывать экологические условия, проводить постоянный контроль и удобрять растения с учетом их индивидуальных потребностей.

Проблема недостатка питательных веществ в почве актуальна для Самарской области, где объем использования минеральных удобрений в последние годы значительно вырос. В целом в 2022 г. самарские аграрии использовали 185 тыс. т минеральных удобрений, что на 18% больше, чем в 2021 г. Общая удобренная площадь превысила 1,5 млн га, что в 2,1 раза больше, чем пять лет назад. Тем не менее, наблюдается недостаток таких элементов питания, как цинк, марганец, медь, магний, фосфор, калий и сера.

Формирование 1 т основной продукции и соответствующей ей побочной продукции озимой пшеницы выносит меньше азота, чем яровая пшеница, но больше фосфора и калия. Так вынос азота при формировании урожая озимой пшеницы составляет 39,5 кг; фосфора 13,5 кг; калия – 25,5 кг, тогда как при формировании урожайности яровой пшеницы – 44,1 кг; 11,5 кг и 17,1 кг соответственно [5].

Урожайность озимой и яровой пшеницы в конечном итоге будет зависеть от тех факторов, которые будут в минимуме, т.е. от лимитирующих факторов. При применении комплексных удобрений эта проблема менее заметна. Недостаток и избыток макроэлементов и прежде всего азота, фосфора и калия проявляются в виде специфичных симптомов на растениях. В целом несбалансированное питание сказывается на формировании продуктивности и качества зерна, может проявляться в повышении восприимчивости к вредным организмам, и прежде всего болезням.

Соотношение азота, фосфора и калия для получения высокой урожайности озимой и яровой пшеницы составляет 1,5:1:1-2 [6].

Способ, сроки и нормы внесения удобрений при возделывании пшеницы разработаны, одна требует уточнения в зависимости от планируемой урожайности, предшественника, гранулометрического состава почвы, наличия влаги в почве, состояния и фазы роста и развития растений [7].

Фактором, который определяет эффективное плодородие почвы, а также формирование высокой урожайности пшеницы, является присутствие питательных веществ в доступной для растений форме. Недостаток элементов минерального питания, можно компенсировать внесением азотных, фосфорных, калийных или комплексных минеральных удобрений.

Большую часть минеральных удобрений лучше применять под основную обработку почвы с осени, а в течение вегетационного периода применять подкормки – в начале возобновления весенней вегетации (на озимой пшенице), в фазу выхода в трубку в период формирования зерна (на озимой и яровой пшенице).

Цель исследования – определить состояние применения минеральных удобрений в условиях Самарской области при возделывании пшеницы.

Самарская область характеризуется климатическими условиями и почвами, позволяющими возделывать значительное количество сельскохозяйственных культур, в том числе и

озимую и яровую пшеницу. За анализируемый период площадь сельскохозяйственных угодий изменялась составляла 3795,7 тыс. га, площадь пашни 2858,5 тыс. га. Посевные площади увеличивались с 2130,6 тыс. га в 2020 г., до 2181,6 тыс. га в 2021 г. и до 2204,7 тыс. га в 2022 г. За 2020-2022 г. общая посевная площадь пшеницы в Самарской области составила 1312,1 тыс. га. Минимальная посевная площадь пшеницы составляла 413,3 тыс. га (2022 г.), максимальная – 456,5 тыс. га (2021 г.) (табл. 1).

Таблица 1

Состояние применения минеральных удобрений при возделывании пшеницы
в Самарской области

Годы	Посевная площадь пшеницы, тыс. га	Площадь применения минеральных удобрений, тыс. га	Вид минеральных удобрений		
			азотные удобрения, тыс. ц	фосфорные удобрения, тыс. ц	калийные удобрения, тыс. ц
2020	442,3	292,7	146,5	42,0	4,8
2021	456,5	348,0	206,5	72,6	7,4
2022	413,3	347,6	233,0	51,8	5,5
Всего	1312,1	988,3	586,0	166,4	17,7

За анализируемый период на площади 988,3 тыс. га в посевах озимой и яровой пшеницы вносились минеральные удобрения. В 2020 г. площадь, на которой применяли минеральные удобрения, была 292,7 тыс. га, а в 2021 и 2022 гг. она составила 348,0 и 347,6 тыс. га соответственно.

При возделывании пшеницы в Самарской области применяли азотные, фосфорные, калийные удобрения. В 2020 г. было внесено 146,5 тыс. ц азотных удобрений, что на 60 тыс. ц меньше, чем в 2021 г. (206,5 тыс. ц). В 2022 г. количество внесенных азотных удобрений увеличилось до 233,0 тыс. ц. Всего за период 2020-2022 г. было внесено 586,0 тыс. ц азотных удобрений в посевах озимой и яровой пшеницы.

В 2020 г. применение фосфорных удобрений при возделывании пшеницы было наименьшим и составило 42,0 тыс. ц. В 2021 г. было внесено 72,7 тыс. ц фосфорных удобрений, что на 30,6 тыс. ц, больше, чем в 2020 г. и на 20,8 тыс. ц больше, чем в 2022 г. За изучаемый период при возделывании пшеницы было применено 166,4 тыс. ц фосфорных удобрений.

Калийных удобрений в 2020 г. внесли 4,8 тыс. ц. В 2021 г. и 2022 г. – 7,4 и 5,5 тыс. ц. соответственно. Всего было внесено 17,7 тыс. ц калийных удобрений.

В результате проведенных исследований было установлено, что в условиях Самарской области ежегодно при возделывании озимой и яровой пшеницы применяют минеральные удобрения. В годы исследований площадь применения минеральных удобрений составляла 66,2-84,0% от посевной площади пшеницы. Ежегодно отмечается увеличение применения азотных минеральных удобрений при возделывании пшеницы. Всего за изучаемый период при возделывании пшеницы было внесено 586 тыс. ц азотных удобрений, 166,4 тыс. ц фосфорных удобрений и 17,7 тыс. ц калийных удобрений.

Список источников

1. Zhichkin K. A., Nosov V. V., Zhichkina L. N., Gubadullin A.A. The Theory of Agriculture Multifunctionality on the Example of Private Households // Agriculture. 2022. Vol. 12. 1870. doi:10.3390/agriculture12111870.
2. Zhichkina L. N., Nosov V. V., Zhichkin K. A., Aydinov H. T., Zhenzhebir V. N., Kudryavtsev V. V. Satellite monitoring systems in forestry // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1515. 032043. doi:10.1088/1742-6596/1515/3/032043.
3. Zhichkin K., Nosov V., Zhichkina L. The Express Method for Assessing the Degraded Lands Reclamation Costs // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 130. P. 483-492. doi:10.1007/978-981-33-6208-6_47.

4. Zhichkin K., Nosov V., Zhichkina L., Lakomiak A., Pakhomova T., Terekhova A. Biological bases of crop insurance with state support // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. 022026. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022026.

5. Жичкина Л. Н. Влияние рельефа местности на вредоносность пшеничного трипса в лесостепи Заволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 33-37.

6. Zhichkina L., Zhichkin K., Vlasov A., Belyaev A., Borobov V., Lyubimova N. The effectiveness of nitrogen fertilizing in the cultivation of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 979. 012015. doi:10.1088/1755-1315/979/1/012015.

7. Жичкина Л. Н. Экономико-экологическая и энергетическая эффективность систем обработки почвы // Стабилизация аграрного производства в рыночных условиях : межвузовский сборник научных трудов. Самара: Самарская ГСХА, 2001. С. 123-125.

References

1. Zhichkin, K. A., Nosov, V. V., Zhichkina, L. N. & Gubadullin, A.A. (2022). The Theory of Agriculture Multifunctionality on the Example of Private Households. *Agriculture*, 12, 1870. doi:10.3390/agriculture12111870

2. Zhichkina, L. N., Nosov, V. V., Zhichkin, K. A., Aydinov, H. T., Zhenzhebir, V. N. & Kudryavtsev, V. V. (2020). Satellite monitoring systems in forestry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515, 032043. doi:10.1088/1742-6596/1515/3/032043

3. Zhichkin, K., Nosov, V. & Zhichkina, L. (2021). The Express Method for Assessing the Degraded Lands Reclamation Costs. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 130, 483-492. doi:10.1007/978-981-33-6208-6_47

4. Zhichkin, K., Nosov, V., Zhichkina, L., Lakomiak, A., Pakhomova, T. & Terekhova, A. (2021). Biological bases of crop insurance with state support. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677, 022026. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022026

5. Zhichkina, L. N. (2013) Influence of terrain relief on the harmfulness of wheat thrips in the forest-steppe of the Volga region. *News of the Samara State Agricultural Academy*. 4, 33-37 (in Russ.).

6. Zhichkina, L., Zhichkin, K., Vlasov, A., Belyaev, A., Borobov, V. & Lyubimova, N. (2022). The effectiveness of nitrogen fertilizing in the cultivation of winter wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 979, 012015. doi:10.1088/1755-1315/979/1/012015

7. Zhichkina, L. N. (2001) Economic-environmental and energy efficiency of soil treatment systems. *Stabilization of agricultural production in market conditions: interuniversity collection of scientific papers*. Samara: Samara State Agricultural Academy. 123-125 (in Russ.).

Информация об авторах

Л. Н. Жичкина – кандидат биологических наук, доцент;

А. Е. Ли – студент.

Information about the authors

L. N. Zhichkina – candidate of Biological Sciences, Associate Professor;

A. E. Li – student.

Вклад авторов:

Л. Н. Жичкина – научное руководство;

А. Е. Ли – написание статьи

Contribution of the authors:

L. N. Zhichkina – scientific management;

A. E. Li – writing article.

Тип статьи: научная

УДК 631.412:631.423.7 (571.150)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ЭТАЛОНОВ РАЙОНА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГИ САЛАЙРСКОГО КРЯЖА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Никита Андреевич Меркулов¹, Елена Владимировна Кононцева,²

Жан Геннадьевич Хлуденцов³

¹Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул

^{2,3}Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул

¹merkulna@gmail.com , <https://orcid.org/0009-0006-7453-9297>

²kononcevaasau@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8127-7101>

³zhan.khludentsov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3875-8847>

В работе приведены физико-химические и химические свойства эталонов района серых лесных почв черневой тайги Салайрского кряжа Алтайского края. Почвы характеризуются разными химическими и физико-химическими свойствами. Свойства обеспечивают разное почвенное плодородие по мощности гумусового горизонта, содержанию гумуса, величине рН среды, сумме поглощенных оснований, обеспеченности почв подвижным фосфором и обменным калием, степени насыщенности почв основаниями и др. свойствами. Ранжированные показатели физико-химических и химических свойств эталонов можно использовать при проведении мониторинговых исследований.

Ключевые слова: физико-химические свойства, гумус, рН среды, сумма поглощенных оснований, подвижный фосфор, обменный калий, степень насыщенности основаниями, плодородие почв.

Для цитирования: Меркулов Н. А., Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г. Физико-химические свойства региональных почвенных эталонов района серых лесных почв черневой тайги краевой части Салайрского кряжа Алтайского края /Н. А. Меркулов, Е. В. Кононцева, Ж. Г. Хлуденцов // Путохинские чтения. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 140-144.

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF REGIONAL SOIL STANDARDS IN THE REGION OF GRAY FOREST SOILS OF CHERNEVA TAIGA SALAIR RANGE OF ALTAI REGION

Nikita A. Merkulov¹, Elena V. Konontseva², Jan G. Khludentsov³

¹Altai State Agrarian University, Barnaul

^{2,3}Altai State Agrarian University, Barnaul

The paper presents the physicochemical and chemical properties of the standards of the region of gray forest soils of the black taiga of the Salair Ridge of the Altai Territory. Soils are characterized by different chemical and physicochemical properties. The properties provide different soil fertility in terms of the thickness of the humus horizon, humus content, the pH value of the environment, the

amount of absorbed bases, the provision of soil with mobile phosphorus and exchangeable potassium, the degree of soil saturation with bases, and other properties. Ranked indicators of physicochemical and chemical properties of standards can be used when conducting monitoring studies.

Key words: physicochemical properties, humus, pH of the environment, the amount of absorbed bases, mobile phosphorus, exchangeable potassium, degree of saturation with bases, soil fertility.

For citation: Merkulov, N. A. Konontseva E. V., Khludentsov J. G. (2024). Physico-chemical properties of regional soil standards of the region of gray forest soils of the black taiga of the regional part of the Salair Ridge of the Altai Territory. *Putokhin Readings: collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 140-144. (in Russ.).

Физико-химические свойства почв относятся к показателям, характеризующими почвенное плодородие, определяют способность почв поддерживать физико-химическое равновесие между почвенными фазами, составами растворов и поглощенных оснований в почвенном поглощающем комплексе, окислительно-восстановительным и кислотно-щелочным потенциалом, буферностью почв, составом и количеством доступных питательных веществ. Качественный состав их определяется элементным, минералогическим составом почвообразующих пород, гранулометрическим составом почв, наличием органических и органо-минеральных соединений, образующихся в результате разложения и синтеза растительных и животных остатков и рядом других факторов. В разных почвенно-климатических зонах формируются разные условия почвообразования (климатические, геоморфологические, литологические и др.), способствующие дифференциации почвенного покрова и формированию почв с различными химическими и физико-химическими свойствами. Эти свойства служат диагностическими показателями при выделении почвенных разностей [1, 3]. Так как территория Алтайского края характеризуется большим разнообразием почвенно-климатических условий (семь почвенно-климатических зон), отличающаяся большим разнообразием почвенных разностей с различными свойствами, преобразуемыми в следствие активного воздействия на них антропогенного фактора, целью исследования стало изучение физико-химических свойств почв региональных почвенных эталонов района серых лесных почв черневой тайги краевой части Салаирского кряжа Алтайского края.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в зоне серых лесных и глубокоподзоленных почв; почвенном районе серых лесных почв черневой тайги краевой части Салаирского кряжа Алтайского края, расположенном в пределах увалисто-холмистого плато Салаирского кряжа, глубоко расчленённого долинно-балочной сетью, с абсолютными высотами 400-470 м. Климат – резко континентальный. [4]. Почвообразующие породы представлены бурыми суглинками, местами продуктами выветривания плотных пород; по вершинам редких сопок и в береговых обрывах рек -обнаженными коренными (палеозойскими) породами. Почвы территории исследования представлены серыми лесными почвами (светло-серыми, серыми, темно-серыми лесными), чернозёмами оподзоленными, лугово-чернозёмными, чернозёмно-луговыми и луговыми почвами. По гранулометрическому составу преобладают легкосуглинистые и среднесуглинистые разновидности почв.

В ходе исследований использованы сравнительно-географический, картографический, профильный методы, математической статистики [2].

Химические и физико-химические почв, отражающие почвенное плодородие, использованные при диагностики основных почвенных разностей территории исследования представлены в таблице 1.

Светло-серые и серые лесные почвы характеризуются небольшой мощностью гумусового горизонта ($M_{A1+A1A2}$ до 35 см) (маломощные и среднемощные), невысоким содержанием гумуса (<3,0%), кислой и слабокислой реакцией среды (рН <5,00-5,51 ед. рН), невысокой суммой поглощенных оснований (< 20 мг.экв./100 г), наибольший удельный вес в которой приходится на Са (до 15 мг.экв./100 г), с повышенной и высокой обеспеченностью подвижным фосфором, средней и повышенной обеспеченностью обменным калием (<10,00 мг/100 г), с высоким показателем гидролитической кислотностью (>6,50 мг.экв./100 г), со степенью насыщенности почв основаниями от 75 до 85 % (слабо нуждается в известковании). Темно-серые лесные почвы территории исследования по мощности гумусового горизонта – среднемощные ($M_{A1+A1A2}$ до 35 см), по обеспеченности гумусом – среднегумусные (от 4,01 до 5,00%), по рН среды – кислые и слабокислые, (5,00-5,51 ед. рН), с суммой поглощенных оснований 25,0-35,0 мг.экв./100 г, наибольший удельный вес в которой приходится на Са (до 15 мг.экв./100 г), с высокой обеспеченностью подвижным фосфором (15,0-25,0 мг/100 г), повышенной обеспеченностью обменным калием (<10,0 мг/100 г), со степенью насыщенности почв основаниями от 75 до 85% (слабо нуждается в известковании). Показатель гидролитической кислотности у темно-серых лесных почв ниже по сравнению со светло-серыми лесными почвами на 0,5-1, мг.экв./100 г. Для черноземов оподзоленных характерны маломощные (35 см) и среднемощные (45 см) виды по мощности гумусового горизонта M_{A+AB} , среднегумусные виды по содержанию гумуса (6,5-7,5 %), слабокислая реакция среды (5,01-6,00 рН.ед), очень высокая обеспеченность подвижным фосфором, повышенная обеспеченность обменным калием, высокая сумма поглощенных оснований (35,1-40,0 мг.экв./100 г) и высоким содержанием поглощенного Са (>30 мг.экв./100 г), гидролитическая кислотность до 4,5 мг.экв./100 г степень насыщенности почв основаниями от 80 до 85 % (слабо нуждается или не нуждается в известковании) [5].

Лугово-черноземные почвы характеризуются самыми высокими показателями плодородия по всем свойствам. По мощности гумусового горизонта – среднемощные (M_{A+AB} 40-50 см), по обеспеченности гумусом – среднегумусные (от 4,01 до 5,00%) , по рН среды – нейтральная, (6,50-7,00 ед. рН), с суммой поглощенных оснований 30,0-35,0 мг.экв./100 г, наибольший удельный вес в которой приходится на Са (до 30 мг.экв./100 г), с очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором (20,0-30,0 мг/100 г), гидролитической кислотностью 4,5-5,5 мг.экв./100 г, повышенной обеспеченностью обменным калием (<10,0 мг/100 г), со степенью насыщенности почв основаниями от >85 % (не нуждается в известковании).

Физико-химические свойства черноземно-луговых почв схожи со свойствами лугово-черноземных почв, отличия заключаются в большей мощности гумусового горизонта (M_{A+AB} 50-55 см - среднемощные), и меньшим содержанием гумуса (гумус 6,50-7,0%).

Луговые почвы по мощности гумусового горизонта – укороченные и маломощные (M_{A+AB} <35-50 см), по обеспеченности гумусом – среднегумусные (от 7,01 до 7,00%) , по рН среды – нейтральная, (6,50-7,00 ед. рН), с суммой поглощенных оснований 30,0-30,0 мг.экв./100 г, наибольший удельный вес в которой приходится на Са (25,0-30,0 мг.экв./100 г), со средней обеспеченностью подвижным фосфором и калием (<10,0 мг/100 г), низкой гидролитической кислотностью (<3,5 мг.экв./100 г), со степенью насыщенности почв основаниями от >85 % (не нуждается в известковании).

Таблица 1

Физико-химическая характеристика почвенных разностей района серых лесных почв черневой тайги краевой части Салаирского края

Свойства	Размерность специфических состояний, метрическое значение (ранг)													
	С ₁		С ₂		С ₃		Ч ^о		ЧЛ		ЛЧ		Л	
	Ап	АВ	Ап	АВ	Ап	АВ	Ап	АВ	Ап	АВ	Ап	АВ	Ап	АВ
Мощность, А+АВ, см (ранг)	<30,10-35,00 (1,2)		<30,10-35,00 (1,2)		35,10-45,00 (3,4)		35,10-45,00 (3,4)		40,10-50,00 (4,5)		>50,10-55,00 (6,7)		<30,10-35,00 (1,2)	
Г, % (ранг)	<3,01-3,50 (1,2)	<3,01-3,50 (1,2)	4,01-5,00 (4,5)	<3,01-3,50 (1,2)	6,01-7,00 (8,9)	<3,01-3,50 (1,2)	>7,01-7,50 (10,11)	3,01-3,50 (2)	>7,50 (11)	<3,01-3,50 (1,2)	6,51-7,50 (9,10)	<3,00 (1)	>7,01-7,50 (10,11)	<3,00 (1)
pНв (ранг)	<5,00-5,51 (1,2)	<5,00 (1)	<5,00-5,51 (1,2)	<5,00 (1)	5,01-6,00 (2,3)	<5,00-5,51 (1,2)	5,01-6,00 (2,3)	5,01-5,51 (2)	>6,51-7,00 (5,6)	>7,00 (6)	>6,51-7,00 (5,6)	6,01-6,50 (4)	>7,00 (6)	>6,51-7,00 (5,6)
S, мг-экв./100г (ранг)	<20,00 (1)	<20,00 (1)	<20,10-25,00 (1,2)	<20,10-25,00 (1,2)	25,10-35,00 (3,4)	25,10-35,00 (3,4)	>35,10-40,00 (5,6)	30,10-35,00 (4)	>40,00 (6)	>40,00 (6)	>40,00 (6)	30,10-35,00 (4)	>40,00 (6)	>35,10-40,00 (5,6)
Са, мг-экв./100г (ранг)	<10,0-15,00 (1,2)	<10,00 (1)	10,10-20,00 (2,3)	<10,0-15,00 (1,2)	>25,10-30,00 (5,6)	10,10-20,00 (2,3)	>30,00 (6)	20,10-30,00 (4,5)	>25,10-30,00 (5,6)	>30,00 (6)	>25,10-30,00 (5,6)	20,10-30,00 (4,5)	>25,10-30,00 (5,6)	>25,10-30,00 (5,6)
Mg, мг-экв./100г (ранг)	<3,00 (1)	<3,00 (1)	<3,10-5,00 (1,2)	<<3,10-5,00 (1,2)	<3,10-5,00 (1,2)	<3,10-5,00 (1,2)	3,10-7,00 (2,3)	<3,10-5,00 (1,2)	3,10-7,00 (2,3)	<3,10-5,00 (1,2)	3,10-7,00 (2,3)	<3,10-5,00 (1,2)	3,10-7,00 (2,3)	<3,10-5,00 (1,2)
P ₂ O ₅ , мг/100 г (ранг)	10,10-20,00 (2,3)	20,10-30,00 (4,5)	15,00-25,00 (3,4)	20,10-30,00 (4,5)	20,10-30,00 (4,5)	>25,10-30,00 (5,6)	20,10-30,00 (4,5)	20,10-25,00 (4)	20,10-30,00 (4,5)	<10,00 (1)	<10,00 (1)	10,10-15,00 (2)	<10,00 (1)	10,10-15,00 (2)
K ₂ O, мг/100 г (ранг)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,00 (1)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,00 (1)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,00 (1)	<10,00 (1)	<10,10-15,00 (1,2)	<10,00 (1)	<10,00 (1)
Nв, % (ранг)	<0,15 (1)	<0,15 (1)	0,16-0,25 (2,3)	<0,15 (1)	>0,31-0,35 (5,6)	<0,16-0,20 (1,2)	0,16-0,25 (2,3)	0,16-0,25 (2,3)	0,16-0,25 (2,3)	0,16-0,25 (2,3)	>0,35 (6)	<0,15 (1)	>0,35 (6)	<0,15 (1)
Hг (ранг)	>6,50 (5)	3,51-5,50 (2-3)	>5,51-6,50 (4,5)	<3,51-4,50 (1,2)	>5,51-6,50 (4,5)	<3,51-4,50 (1,2)	<3,51-4,50 (1,2)	<3,50 (1)	4,51-5,50 (3)	<3,50 (1)	<3,50 (1)	<3,50 (1)	<3,50 (1)	<3,50 (1)
V, %	75,10-85,00 (3,4)	<70,00 (1)	75,10-85,00 (3,4)	75,10-85,00 (3,4)	>80,10-85,00 (4,5)	75,10-85,00 (3,4)	>80,10-85,00 (4,5)	>85,00 (5)	>85,00 (5)	>85,00 (5)	>85,00 (5)	>85,00 (5)	>85,00 (5)	>85,00 (5)

Примечание: С₁ – светло-серая лесная; С₂ – серая лесная; С₃ – темно-серая лесная; Ч^о – чернозем оподзоленный, ЧЛ – лугово-черноземная почва, Л – луговая почва; БЛ – лугово-болотная почва; А_{пах} – пахотный горизонт; А – гумусово-аккумулятивный горизонт; АВ – переходный гумусово-иллювиальный горизонт.

Таким образом, эталоны района серых лесных почв черневой тайги Салаирского края Алтайского края характеризуются разными химическими и физико-химическими свойствами, обеспечивающими разное плодородие почв по мощности гумусового горизонта, содержанию гумуса, величине рН среды, сумме поглощенных оснований, обеспеченности почв подвижным фосфором и обменным калием, степени насыщенности почв основаниями и др. свойствами. Ранжированные показатели физико-химических и химических свойств эталонов можно использовать при проведении мониторинговых исследований.

Список источников

1. Бурлакова Л. М., Рассыпнов В. А. Плодородие почв Алтайского края. Барнаул, 1990, 81 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропроиздат, 1985. 351 с.
3. Пивоварова Е. Г., Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г., Попова Е. С. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8(166). С. 40-47.
4. Природное районирование Алтайского края. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 380 с.
5. Троц В. Б., Троц Н. М. Аккумуляция тяжёлых металлов чернозёмами Самарского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1(45). С. 141-144.

References

1. Burlakova, L. M., Rassypnov, V. A. (1990). Soil fertility in the Altai region. Barnaul (in Russ.).
2. Dospheov, B. A. (1985). Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agroproizdat (in Russ.).
3. Pivovarova, E.G., Konontseva, E.V., Khludentsov, Zh.G., Popova, E.S. (2018) System of agrochemical indicators in the regional classification of soils of the Altai Territory *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of the Altai State Agrarian University)*, 8(166), 40-47 (in Russ.).
4. Natural zoning of the Altai Territory (1959). Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences (in Russ.).
5. Trots, V. B., Trots, N. M. (2014). Accumulation of heavy metals in chernozems of the Samara Trans-Volga region. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2014. No. 1(45). pp. 141-144.

Информация об авторах

Е. В. Кононцева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Ж. Г. Хлуденцов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Н. А. Меркулов – магистрант.

Information about the authors

E. V. Konontseva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

J. G. Khludentsov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

N. A. Merkulov – master's student.

Вклад авторов:

Е. В. Кононцева – научное руководство;

Ж. Г. Хлуденцов – консультант;

Н. А. Меркулов – написание статьи.

Contribution of the authors:

E. V. Konontseva – scientific management;

J. G. Khludentsov – consultant;

N. A. Merkulov – article writing.

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Мещеряков Демид Андреевич¹, Чиняева Юлия Зуфаровна²

^{1,2}ФГБОУ Южно-Уральский государственный аграрный университет. Институт агроэкологии, Троицк

¹ demid.meshcheryakov.02@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4551-7030>

² chuz80@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

Представлены данные о влиянии биопрепаратов на ростовые процессы сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: гуматы, ростовые процессы, семена, посевные показатели, лен.

Для цитирования: Мещеряков Д. А., Чиняева Ю. З. Влияние биопрепаратов на ростовые процессы сельскохозяйственных растений. // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 145-149.

THE EFFECT OF BIOLOGICAL PRODUCTS ON THE GROWTH PROCESSES OF AGRICULTURAL PLANTS

Demid A. Meshcheryakov¹, Julia Z. Chinyaeva²

^{1,2}South Ural State Agrarian University. Institute of Agroecology, Troitsk

¹ demid.meshcheryakov.02@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4551-7030>

² chuz80@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

The method of determining the effect of biological products on the growth processes of agricultural plants is given.

Keywords: humates, growth processes, seeds, sowing indicators, flax.

For citation: Meshcheryakov, D. A, Chinyaeva, Yu. Z. The effect of biological products on the growth processes of agricultural plants. Putokhin Readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 145-149. (in Russ.).

В настоящее время, когда экологически чистые методы становятся все более приоритетными, изучение эффективных и безопасных для окружающей среды препаратов для улучшения почвенного состояния является актуальной задачей. В данной статье рассматривается применение биологических препаратов на основе гуминовых кислот для улучшения питательного состояния почвы растений. Гипотеза состоит в том, что использование гуминовых препаратов приведет к увеличению энергии прорастания, лабораторной всхожести и улучшению общего состояния растений, таких как лен сорта "Северный".

Цель исследований: определить влияние гуминовых препаратов на показатели качества льна сорта Северный. Задачи: 1) установить влияние гуминовых препаратов на всхожесть и энергию прорастания семян льна сорта Северный; 2) оценить ростовые процессы семян льна при использовании биопрепаратов.

В качестве метода исследования было выбрано определение лабораторной всхожести и энергии прорастания семян льна при проращивании в соответствии со схемой опыта. Объектом исследования, на котором проводился опыт, был выбран лен сорта Серверный, так как данный сорт возделывается на территории Уральского округа.

Промышленное средство "Благо" представляет собой инновационное комплексное удобрение на основе органики и минералов, разработанное с использованием передовых научных технологий. Оно обеспечивает растения всеобъемлющим комплексом полезных микроэлементов и органических соединений для оптимального роста и развития. Основной состав "Благо" включает гуминовую и фульвовую кислоты, которые обладают выдающимися свойствами в области стимуляции роста и улучшения почвы. Содержание органических соединений составляет не менее 35%, что обеспечивает высокую концентрацию питательных элементов. Данное средство имеет плотность от 1,2 до 1,25 г/см³, что делает его удобным в применении. Влажность составляет 75-80%, а pH-значение поддерживается в пределах от 6,5 до 9, что создает лучшие условия для взаимодействия с растениями. Применение "Благо" рекомендуется для уровней урожайности свыше 30 центнеров в гектаре. Чтобы добиться оптимальных результатов, рекомендуется использовать 1 литр средства на 1 тонну почвы, предварительно разбавив в 10 литрах воды. Такой раствор можно активно применять для обработки семян, что значительно улучшает всхожесть и прорастание семян на 10-12%. Также применение "Благо" способствует формированию равномерных всходов и развитию здоровой корневой системы. Эффективное применение "Благо" на ранних стадиях развития растений способствует дружному и однородному всходу, что крайне важно для равномерного роста и развития растений на протяжении всего сезона. Развитие высококачественной корневой системы обеспечивает лучшее поглощение воды и питательных веществ, что в итоге приводит к повышению урожайности и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Оно отличается не только эффективностью, но и безопасностью для окружающей среды, способствуя постепенному отказу от химических удобрений и переходу к более экологически чистому сельскому хозяйству.

Гумат+7 "Здоровый Урожай" представляет собой уникальное удобрение, включающее в свой состав органические соли, микроэлементы и гуматы. С более чем 80% содержанием органических солей, в основном представленных калием и натрием, а также сбалансированным комплексом микроэлементов, это удобрение спроектировано для поддержки растений на всех стадиях их роста. Гумат+7 содержит в своем составе основные макроэлементы азот (N), фосфор (P), и калий (K), необходимые для развития растений. Кроме того, удобрение обогащено микроэлементами, такими как железо (Fe), медь (Cu), цинк (Zn), марганец (M), молибден (Mo) и бор (B), обеспечивая комплексное и сбалансированное питание растений. Норма расхода препарата варьируется в пределах от 0,8 до 1,3 литра на гектар, что обеспечивает оптимальное воздействие на почву и растения. Применение Гумат+7 «Здоровый Урожай» представляет ряд значительных преимуществ для сельского хозяйства. Улучшение созревания урожая: Применение гуматов сокращает сроки созревания на 3-7 дней. Это имеет значение для управления сельскохозяйственным производством, особенно в условиях переменчивого климата и требований к урожайности. Формирование мощной корневой системы: гуматы способствуют развитию крепкой и разветвленной корневой системы, что повышает устойчивость растений к стрессовым условиям и обеспечивает лучшее поглощение питательных веществ. Повышение эффективности удобрений и пестицидов: Гумат+7 улучшает воздействие минеральных и микроудобрений на 25-45%. Это приводит к оптимизации использования удобрений и снижению затрат, что в свою очередь снижает себестоимость сельскохозяйственной продукции на 20-25%. Так же Гумат+7 «Здоровый Урожай» является инновационным решением для современного сельского хозяйства. Его уникальный состав и свойства делают его эффективным инструментом для увеличения урожайности, обеспечивая при этом устойчивость растений к различным факторам. Следует также отметить, что применение Гумат +7 в комплексе с другими агрометодами способствует уменьшению необходимости в химических пестицидах. Это не только снижает воздействие химических веществ на окружающую среду, но также соответствует принципам устойчивого сельского хозяйства.

В результате представленного исследования (таблица 1), посвященного энергии прорастания и лабораторной всхожести семян сорта "Северный" льна, можно ясно увидеть влияние применения гуминовых препаратов - Гумата и Благо.

Таблица 1

Посевные показатели качества семян льна сорта Северный

№ п/п	Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
1	Контроль	26,6	57,7
2	Гумат+7	35,6	76,6
3	Благо	28,0	60,3

Ориентироваться будем на энергию прорастания, контроль (среднее по варианту: 26,6 %): начнем с базового значения контрольной группы, где энергия прорастания составляет 26,6 %. Это будет служить отправной точкой для сравнения с результатами обработки гуминовыми препаратами. Группа, обработанная Гуматом+7 (среднее по варианту: 35,6 %): интересно, что в группе, где был использован Гумат+7, энергия прорастания значительно выше и составляет 35,6 %. Это свидетельствует о стимулирующем воздействии гуматов на процесс прорастания семян. Группа, обработанная препаратом "Благо" (среднее по варианту: 28,0 %): также следует отметить, что в группе, где был использован препарат "Благо", наблюдается повышение энергии прорастания по сравнению с контрольной группой, достигая значения в 28,0 %.

Далее перейдем к рассмотрению лабораторной всхожести, в контроле лабораторной всхожести было выявлено 57,7 %, что является достаточно неплохим результатом для опыта без использования удобрений. Применение Гумата+7 существенно повышает лабораторную всхожесть семян до 76,6 %, что является выдающимся результатом, а также самым высоким из всех что представлены в опыте. "Благо" также оказывает положительное воздействие, увеличивая лабораторную всхожесть до 60,3 %. Данный показатель является менее внушительным, чем наблюдения за Гумат+7, но также наблюдается увеличение лабораторной всхожести на 2,6 %.

Рассмотрим результаты измерений, связанных с развитием растений, включающих длину, количество корней, сумму длин корней и массу проростков. Эти параметры предоставляют важную информацию о здоровье и структуре корневой системы льна сорта "Северный" под воздействием гуминовых препаратов (табл. 2).

Таблица 2

Ростовые процессы семян льна сорта Северный

№ п/п	Вариант	Длина растений, см	Кол-во корней, шт.	Сумма длин корней, см	Масса проростков, г
1	Контроль	1,3	14	81,6	0,295
2	Гумат+7	2,65	23	147,4	0,320
3	Благо	1,63	18	99,4	0,267

Длина растений контрольной группы, является самой низкой, а именно 1,3 см. Показатель препарата Благо увеличил длину, но не значительно. А препарат Гумат+7, увеличил длину проростков более чем в 2 раза, что является очень хорошим показателем. Количество корешков также самое большее у Гумат+7. В данном случае усиленные роста Благо, можно не учитывать, так как разница составляет 4 корешка на среднее по варианту, что не может играть существенной роли. Разница суммы длин корней контроля и Гумат+7, составила 65,8 см, что является очень большим отличием, и можно говорить о доминации препарата Гумат+7 над

остальными. Масса проростков самая низкая у Благо 0,267 г, что является не типичным, потому как, до этого препарат показывал хорошие результаты по сравнению с контролем и во многом опережал его, самая большая масса у Гумат+7 0,320 г.

Применение гуминовых препаратов – Гумата и Благо – положительно влияет на развитие корневой системы, наращиванию зеленой массы, а также длине корней льна сорта "Северный". Группа, обработанная гуматом, проявляет более активный рост и более разветвленную корневую систему по сравнению с контрольной группой. Препарат "Благо" также оказывает стимулирующий эффект, улучшая общее состояние корней и их разветвленность. Эти результаты подтверждают, что гуминовые препараты способствуют формированию здоровых и развитых корневых систем, что важно для обеспечения растений необходимыми питательными веществами и обеспечения устойчивости к стрессовым условиям. Увеличению зеленой массы и длине растений, количества корней, энергии прорастания и лабораторной всхожести.

Таким образом, оба препарата Гумат+7 и Благо показали хорошие результаты и увеличили все показатели, которые рассматривались в данном исследовании. Использование гуминовых препаратов оправданно и может быть использовано в сельском хозяйстве дальше, не только для увеличения получаемой продукции, но для улучшения экологического состояния почв и агроэкосистем.

Список источников

1. Павловская Н. Е., Гагарина И. Н., Бородин Д. Б., Попова А. Ю. Исследование действия биопрепарата на основе гуматов и микроэлементов на морфометрические показатели и урожайные данные озимой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2023. № 1 (100). С. 93-99.
2. Петенко А. И., Борисенко В. В., Жолобова И. С., Гнеуш А. Н. Влияние биогумата "ЭКОСС" и регуляторов роста на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Юка // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 4-1 (26). С. 81-88.
3. Калганов, А. А. Последствие органоминеральных удобрений на основе иловых осадков на урожайность кукурузы // Биология в сельском хозяйстве. – 2018. – № 1(18). – С. 20-22.
4. Валиахметова, Ю. З. Продуктивность и азотфиксирующая способность многолетних бобовых трав при разных уровнях минерального питания на выщелоченных черноземах лесостепи Зауралья / Ю. З. Валиахметова, Л. Ф. Вахитова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 1(9). С. 29-32.
5. Троц Н. М., Черняков А. И. Особенности накопления тяжелых металлов перспективными сортами картофеля, возделываемыми в южной зоне Самарской области // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 17-21.

References

1. Pavlovskaya, N.E., Gagarina, I.N., Borodin, D.B., Popova, A.Y. (2023) Investigation of the effect of a biological product based on humates and trace elements on morphometric indicators and yield data of winter wheat. *Bulletin of Agrarian Science*. 1 (100), 93-99 (in Russ).
2. Petenko, A.I., Borisenko, V.V., Zholobova, I.S., Gneush, A.N. (2017) Influence of ECOSS biohumate and growth regulators on yield and grain quality of winter wheat of the Yuka variety. *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 4-1 (26), 81-88 (in Russ).
3. Kalganov, A. A. (2018) The aftereffect of organomineral fertilizers based on silt sediments on corn yield / A. A. Kalganov. *Biology in agriculture*. 1(18). 20-22 (in Russ).
4. Valiakhmetova, Yu. Z., Vakhitova L. F. (2006) Productivity and nitrogen-fixing ability of perennial legumes at different levels of mineral nutrition on leached chernozems of the Trans-Urals forest-steppe. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 1 (9), 29-32 (in Russ).
5. Trots, N.M., Chernyakov, A.I. (2013). Features of accumulation of heavy metals by promising potato varieties cultivated in the southern zone of the Samara region. *News of the Samara State Agricultural Academy*, 4, 17-21.

Информация об авторах:

Ю. З. Чиняева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Д. А. Мещеряков – студент.

Information about the authors:

Y. Z. Chinyaeva – Candidate of Agricultural Sciences, docent;
D. A. Meshcheryakov – student.

Вклад авторов:

Ю. З. Чиняева – научное руководство;
Д. А. Мещеряков – написание статьи.

Contribution of the authors:

Y. Z. Chinyaeva – scientific supervisor;
D. A. Meshcheryakov – writing the article.

Тип статьи: научная

УДК 661.522.4:547.461.6

**УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА
КАПРОЛАКТАМА – СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ**

Светлана Вячеславовна Моисеева¹, Юлия Александровна Дружинина²

^{1,2}Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹Sveta_sushkova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9949-3276>

²Drujininaj@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0576-4507>

Разработан метод получения адипиновой кислоты и сульфата аммония из капролактамосодержащих отходов. Определены показатели качества получаемых продуктов. Показана возможность использования сульфата аммония в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: отходы, качество, переработка, сульфат аммония.

Для цитирования: Моисеева С. В., Дружинина Ю. А. Утилизация отходов производства капролактама – сельскому хозяйству // Путохинские чтения : сб. науч.тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 149-153.

**RECYCLING OF CAPROLACTAM PRODUCTION
WASTE – FOR AGRICULTURE**

Svetlana V. Moiseeva, Yulia A. Druzhinina

^{1,2}Samara State Technical University, Samara, Russia

¹Sveta_sushkova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9949-3276>

²Drujininaj@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0576-4507>

A method for the production of adipic acid and ammonium sulphate from caprolactame-containing waste has been developed. The quality indicators of the products have been determined. The possibility of using ammonium sulphate in agriculture is shown.

Keywords: wastes, quality, recycling, ammonium sulphate.

For citation: Moiseeva, S.V., Druzhinina, Y.A. (2024) Recycling of caprolactam production waste – for agriculture. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: Plc of the samara State Agrarian University, P. 149-153. (in Russ.)

Введение

Производство капролактама – многостадийный химический процесс, в ходе которого образуется большое количество побочных продуктов и отходов. Около половины образующихся отходов складываются, подвергаются захоронению или сжиганию. Очистка отходов – это лишь изменение физико-химической формы вещества, которое дает малый общий эффект.

Одним из отходов производства капролактама являются кубы дистилляции, содержащие 96-98% масс. капролактама. В настоящее время кубы возвращают в технологический цикл. Исследования показали, что рецикл отхода способствует образованию и накоплению новых примесей, ухудшающих качество товарного капролактама. В рамках работы предложено выводить отход из технологического процесса и перерабатывать в востребованные продукты: адипиновую кислоту и сульфат аммония. На рисунке 1 приведена блок-схема выделения товарного капролактама и предложенного направления использования [1].

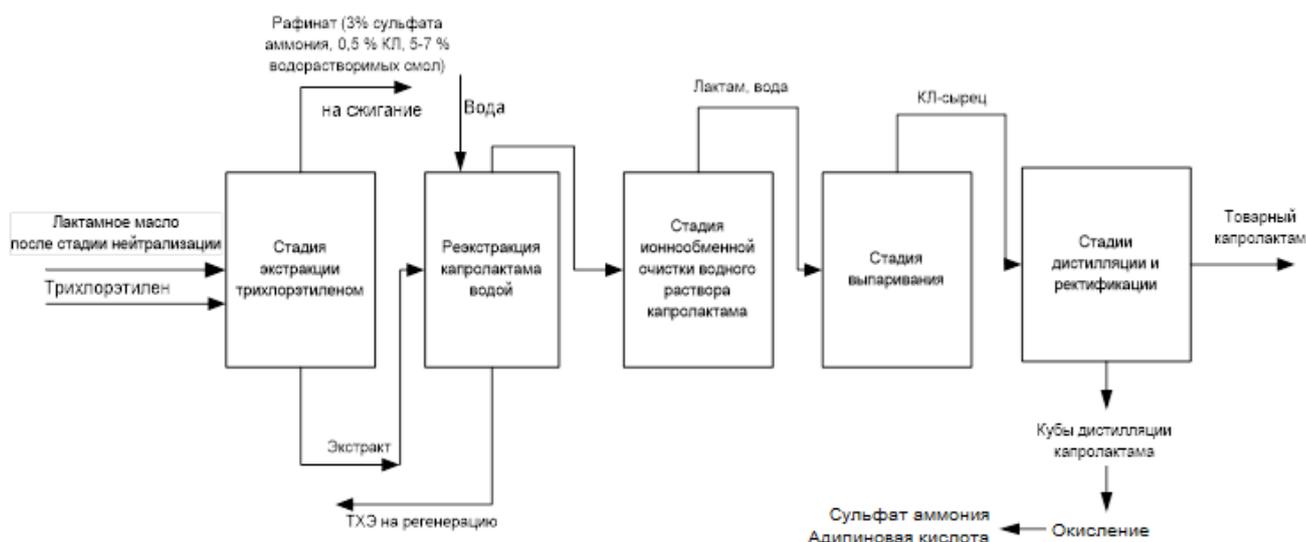


Рис.1 Схема выделения товарного капролактама и переработки кубов дистилляции

Адипиновая кислота – востребованное сырье для получения сложных эфиров, полиамида-6,6, уретановых эластомеров, пластификатора ПВХ и др. Сульфат аммония – важный продукт в химической промышленности, обладающий уникальными свойствами. Сульфат аммония нетоксичный и безвредное вещество для человека, находящий применение не только в качестве эффективного удобрения в сельском хозяйстве, но в производстве вискозы, в пищевой промышленности для обеззараживания питьевой воды. Высокую эффективность сульфата аммония в сельском хозяйстве в качестве удобрения не вызывает сомнений. Он подходит для всех видов почв, не накапливается в растениях и плодах. Сера, входящая в состав сульфата аммония (24 % масс.), необходима для питания плодов, повышает их витаминную ценность и срок хранения, увеличивает урожайность [2-3].

Переработка отходов позволит не только улучшить качество товарного капролактама, но и получить нужные для химической и сельскохозяйственной промышленности продукты с высокой добавленной стоимостью.

Экспериментальная часть. Разработан способ окисления капролактама, содержащегося в промышленных отходах, в адипиновую кислоту и сульфат аммония товарных кондиций [4]. На рисунке 2 приведена схема окисления капролактама.

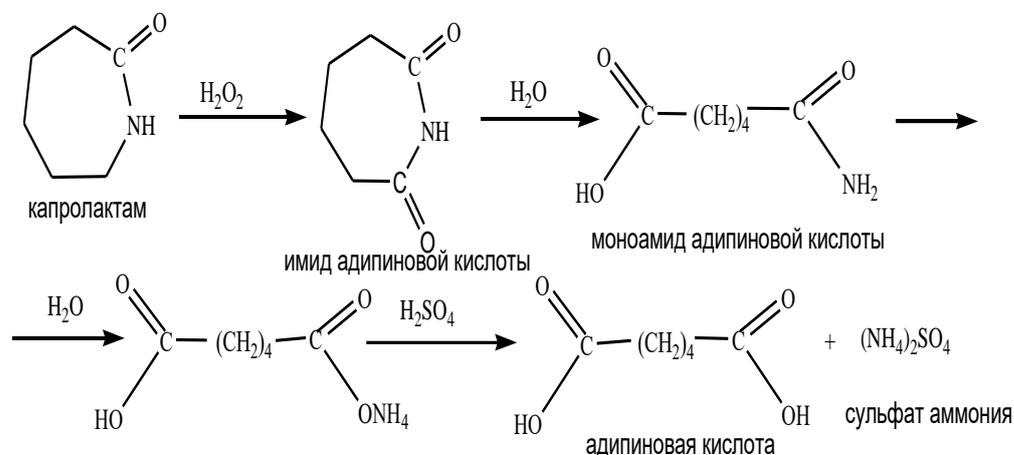


Рис.2 Схема превращения в процессе окисления капролактама 30% раствором пероксида водорода

В качестве объекта исследования использовали кубы дистилляции производства капролактама, содержащие 98 % капролактама; остальное – примеси, образующиеся на разных стадиях производства капролактама.

Процесс окисления капролактама проводили в круглодонной колбе с мешалкой, в которую загружали кубы дистилляции и расчетное количество 30 % перекиси водорода. Температуру процесса поддерживали 98-100°C, соотношение реагентов в реакционной массе $\text{KL}:\text{H}_2\text{O}_2 = 1:5$ (мол.).

По окончании процесса окисления в реакционную смесь добавляли эквивалентное капролактаму количество концентрированной серной кислоты и проводили гидролиз. Выпавшие кристаллы адипиновой кислоты отфильтровывали, промывали ледяной дистиллированной водой, сушили до постоянной массы при температуре 85-90 °С. Для выделения кристаллического сульфата аммония его водный раствор упаривали в фарфоровой чашке при постоянной температуре.

Качество сульфата аммония определяли по воспроизводимости результатов по выборке из трех проб по ТУ 2181-060-00205311-2014. Расход капролактама отслеживали хроматографически. Анализ проб проводили на приборе < Кристалл – 2000 М > с пламенно-ионизационным детектором на капиллярной колонке OV – 101. Концентрацию перекиси водорода в реакционной массе определили титриметрическим методом. Качество адипиновой кислоты определяли потенциометрическим титрованием. Измерения выполняли с помощью рН-метра типа. 150 М, в качестве измерительного использовали стеклянный электрод ЭСЛ-45-11, в качестве электрода сравнения – хлор - серебряный электрод ЭВЛ-1М4. Титрование проводили в водной среде при комнатной температуре 18-25 °С [5].

Результаты и заключение. В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

- конверсия капролактама – 95-98%;
- выход адипиновой кислоты составляет 45-50 %;
- **сульфата аммония – 20-25 % масс;**
- остальное – смесь дикарбоновых кислот (C_4 - C_5).

В таблице 1 приведены показатели качества сульфата аммония.

Таблица 1

Сравнение физико-химических свойств полученного кристаллического сульфата аммония с требованием ТУ 2181-060-00205311-2014

№ п/п	Наименование показателя	ТУ 2181-060-00205311-2014	Сульфат аммония
1	Внешний вид	Белые кристаллы, допускается светло-желтый и розовый оттенок	Слегка светло-желтого цвета
2	Массовая доля сульфата аммония, не менее %	99,0	99,0
3	Массовая доля воды, %, не более	0,30	0,46
4	Массовая доля свободной серной кислоты, %, не более	0,05	0,1
5	Рассыпчатость, %	100	100

Переработка отхода позволит вывести кубы из рецикла и получать сульфат аммония, который используется в качестве удобрения в сельском хозяйстве, а также адипиновую кислоту, которая по уровню потребления и стоимости не уступает капролактаму.

Список источников

1. Глазко И. Л., Леванова С. В., Дружинина Ю. А. Методы химической ремедиации в процессах переработки многотоннажных отходов производства капролактама и изопрена. Создание промышленных кластеров: монография. Самара: Самарский государственный технический университет, 2014. 167 с.
2. <http://www.him-prom.ru>.
3. Елькова О. // *The Chemical Journal*. 2008. № 4. С. 58-61.
4. Глазко И. Л., Дружинина Ю. А., Леванова С. В. Синтез адипиновой кислоты из капролактамосодержащих отходов // *Нефтехимия*. 2009. Т. 49. № 6. С. 963-966.
5. Дружинина Ю. А., Глазко И. Л., Леванова С. В. Адипиновая кислота из капролактамосодержащих продуктов (химическая ремедиация как метод утилизации промышленных отходов). Lambert Academic Publishing. 2011. 115 с.

References

1. Glazko, I. L., Levanova, S. V., Druzhinina, Y. A. (2014). Methods of chemical remediation in the processing of high-tonnage waste from the production of caprolactam and isoprene. Creation of industrial clusters. Samara: Samara State Technical University (in Russ.).
2. <http://www.him-prom.ru>.
3. Elkova, O. (2008). *The Chemical Journal*, 4, 58-61 (in Russ.).
4. Glazko, I. L., Druzhinina, Y. A., Levanova, S. V. (2009). Synthesis of adipic acid from caprolactame-containing waste. *Neftechimiya*, 49, 6, 963-966 (in Russ.).
5. Druzhinina, Y. A., Glazko, I. L., Levanova S. V. (2011). Adipic acid from caprolactam-containing products (chemical remediation as a method of industrial waste disposal). Lambert Academic Publishing (in Russ.).

Информация об авторах

С. В. Моисеева – кандидат химических наук, доцент;
Ю. А. Дружинина – кандидат химических наук, доцент.

Information about the authors

S. V. Moiseeva – Candidate of Chemical Sciences, docent;
Y. A. Druzhinina – Candidate of Chemical Sciences, docent.

Вклад авторов:

С. В. Моисеева – написание статьи;
Ю. А. Дружинина – научное руководство.

Contribution of the authors:

S. V. Moiseeva – writing article;
Y. A. Druzhinina – scientific management.

Научная статья

УДК 66.014

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В БИОМАССЕ CHLORELLA VULGARIS

Жанар Журсиновна Нуртазина¹, Жанар Сайлаубековна Касымова²

^{1,2}НАО «Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан
nurtazina830912@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4315-3731>
kasymova-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4971-6638>

Chlorella vulgaris известна своим потенциалом накопления белка в биомассе и используется как источник питания в животноводстве. На накопление белка в микроводоросли влияют концентрации соединений азота и фосфора в питательной среде. В этой статье исследуется влияние соотношения азота и фосфора (N:P) на содержание белка в биомассе *Chlorella vulgaris*. В исследовании микроводоросль культивировали в двух разных питательных средах с различным содержанием азота в виде нитрата (13,8%) и мочевины (46,7%), а также фосфора в виде дигидрофосфата (22,8%). По результатам исследования было выявлено, что молярное соотношение 20:1 азота:фосфора при применении нитрата и мочевины одновременно увеличивает белковость микроводоросли в 1,3 раза по сравнению с применением нитратного азота.

Ключевые слова: микроводоросль, хлорелла, питательная среда, белок, биомасса.

Для цитирования: Нуртазина Ж. Ж., Касымова Ж. С. Влияние соотношения азота и фосфора в питательной среде на содержание белка в биомассе *Chlorella vulgaris* // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 153-156.

INFLUENCE OF THE RATIO OF NITROGEN AND PHOSPHORUS IN THE NUTRIENT MEDIUM ON THE PROTEIN CONTENT IN CHLORELLA VULGARIS BIOMASS

¹Zhanar Zh. Nurtazina, ²Zhanar S. Kasymova

^{1,2}NAO Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan
nurtazina830912@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4315-3731>
kasymova-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4971-6638>

Chlorella vulgaris is well-known for its capacity to accumulate protein in biomass and is used as a food source in animal husbandry. The accumulation of protein in microalgae is influenced by the concentrations of nitrogen and phosphorus compounds in the nutrient medium. This article examines the effect of the mole ratio of nitrogen to phosphorus (N:P) on the protein content in the biomass of *Chlorella vulgaris*. In the research, microalgae were cultivated in two different nutrient media with

different nitrogen contents in the form of nitrate (13.8%) and urea (46.7%), as well as phosphorus in the form of dihydrophosphate (22.8%). According to the results of the experiments, it was revealed that the molar ratio of 20:1 nitrogen:phosphorus, when using nitrate and urea, simultaneously increases the protein content of microalgae by 1.3 times compared with the use of nitrate nitrogen.

Keywords: microalgae, nutrient medium, chlorella, chemical modification, biomass

For citation: Nurtazina, Zh. Zh., Kasymova, Zh.S. (2024). The influence of the ratio of nitrogen and phosphorus in the nutrient medium on the protein content in *Chlorella vulgaris* biomass. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 153-156. (in Russ.).

Микроводоросль *Chlorella v.* богата питательными веществами, содержит белок, углеводы, жиры, витамины группы В, включая В12, который редко встречается в растительных источниках, а также минералы и антиоксиданты [1]. Учитывая данные характеристики, *Chlorella v.* представляет собой интересный объект для научных исследований, а также практического использования в различных областях, связанных с питанием, здоровьем и экологией. Содержание в микроводоросли *Chlorella v.* примерно 50-60% белка от сухого веса способствует ее применению в качестве источника белка для улучшения качества корма, поддержания здоровья и повышения иммунной системы животных.

Химический состав *Chlorella v.* может различаться в зависимости от условий культивирования. Для оптимального выращивания хлореллы с высоким содержанием белка важными компонентами являются азот и фосфор, которые участвуют в синтезе аминокислот. Источниками азота в питательной среде могут быть использованы нитраты, аммиак или мочевины, а фосфора – дигидрофосфат калия [2]. Баланс между данными элементами влияет на рост и синтез белка в биомассе *Chlorella v.* Азотное голодание или дисбаланс в соотношении N:P может привести к питательному стрессу, влияют на метаболизм микроводоросли и вызывают изменение в биохимическом составе белка. Важно обеспечить оптимальное соотношение N:P в питательной среде, которая способствует росту, продуктивности и увеличению биомассы микроводоросли. Также на культивирование оказывают влияние интенсивность света, температура, pH питательной среды [3].

Данное исследование проводилось с целью изучения роста биомассы микроводоросли *Chlorella v.* и содержания белка путем варьирования соотношения азота и фосфора в питательных средах.

Материалы и методы

Объект исследования микроводоросль *Chlorella v.* выращивали в синтетических питательных средах Таммия (контроль) и ее модифицированной форме Таммия с мочевиной. Состав питательных сред представлен в таблице 1.

Таблица 1

Состав питательных сред

Таммия		Таммия с мочевиной	
Химические компоненты	Концентрация, г/л	Химические компоненты	Концентрация, г/л
KNO ₃	5	KNO ₃	5
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2,5	(NH ₂) ₂ CO	5
KH ₂ PO ₄	1,25	MgSO ₄ ·7H ₂ O	2,5
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,003	KH ₂ PO ₄	1,25
H ₃ BO ₃	2,86	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,003
MnCl ₂ ·4H ₂ O	1,81	H ₃ BO ₃	2,86
C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	0,044	MnCl ₂ ·4H ₂ O	1,81
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,222	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	0,044
MoO ₃	0,01764	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,222
NH ₄ VO ₃	0,0226	MoO ₃	0,0176
		NH ₄ VO ₃	0,0226

В питательной среде Таммья мольное соотношение азота и фосфора составляет 5:1. Так как азотное голодание приводит к увеличению липидов в микроводоросли, питательную среду Таммья модифицировали путем добавления мочевины с концентрацией 5 г/л. В результате проведенной модификации в среде Таммья с мочевиной мольное соотношение N:P стало 20:1. Концентрация фосфора в двух средах была одинаковой 1,25 г/л.

Для исследования был взят коммерческий образец суспензии микроводоросли *Chlorella v.* от компании «Биокомплекс» (Екатеринбург, Россия). Микроводоросль выращивали в прозрачных стаканах объемом 1000 мл, содержащим 800 мл питательной среды с pH 8-9, при температуре 28⁰С и поддерживалась терморегулятором Н-360. Повторность эксперимента была трехкратной, микроводоросль культивировали на протяжении 12 суток. Суспензию непрерывно перемешивали с помощью аэратора АР-106 со скоростью 2 л/ч. Сохранялся 12-часовой световой и 12-часовой темновой фотопериоды. Освещение обеспечивалось солнечным светом.

Динамику роста микроводоросли в ходе исследования оценивали путем измерения оптической плотности суспензии фотометрическим методом. Для определения оптической плотности культуральной среды аликвоты отбирали ежедневно в течение 12 дней культивирования и проводили измерения на спектрофотометре при длине волны 540 нм. Содержание белка определяли методом Кьельдаля.

Результаты исследования

Динамика роста микроводоросли в питательных средах (Таммья и Таммья с мочевиной) представлена на рис.1.

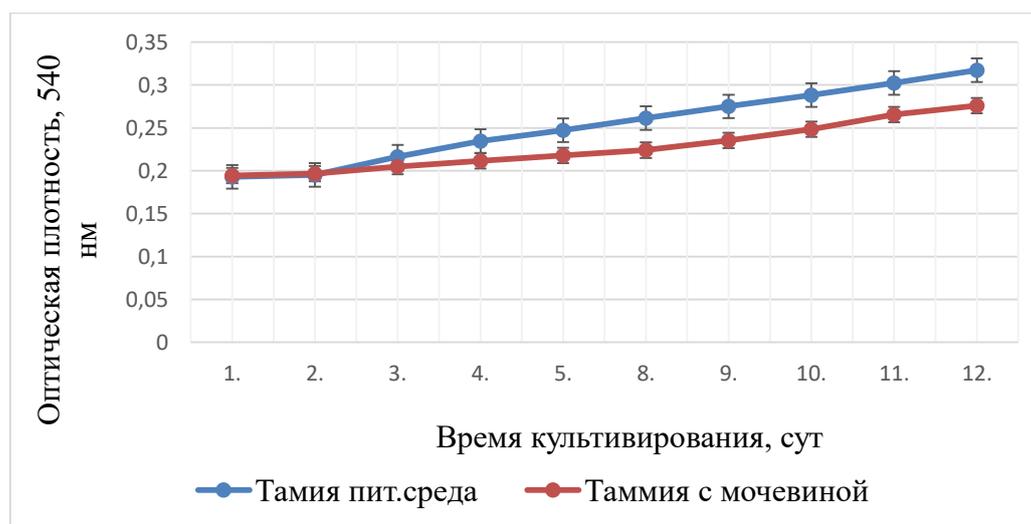


Рис.1 Динамика роста водоросли *Chlorella vulgaris*

Из данных, представленных на рис. 1, наблюдается увеличение оптической плотности с 3 суток, это может быть связано с адаптацией клеток микроводорослей к питательной среде в течение первых двух суток. Возрастание оптической плотности свидетельствует об увеличении концентрации биомассы микроводорослей.

Содержание белка исследовали в конце культивирования в сухой биомассе микроводоросли. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание белка в микроводорослях, выращенных на средах Таммья и Таммья с мочевиной

Питательная среда	Содержание азота (%)	Содержание белка (%)
Таммья	73,30±2,87	45,83±1,79
Таммья с мочевиной	92,60±2,87	57,92±1,79

Увеличение содержания азота в питательной среде не снижает продуктивность водорослей, но увеличивает содержание белка. По результатам исследования было выявлено, что эффективными источниками азота являются нитраты и мочевины при одновременном присутствии в питательной среде. Микроводоросли, выращенные на питательной среде с мочевиной, накапливали белковые вещества на 12.09% больше, чем в водоросли на среде с нитратами. Это может быть обусловлено превышением содержания азота в мочевины на 33% по сравнению с калийной селитрой. Большое количество азота в питательной среде позволяет накапливать белок в биомассе [4].

Вывод. Исследование влияния питательных сред на накопление белка показывает, что наилучшая среда для увеличения биомассы и содержания белка в *Chlorella v.* является Таммиа с мочевиной, в которой мольное соотношение азота к фосфору (N:P) составляет 20:1.

Список источников

1. Кабдулкаримова К. К., Абекова, Р. С., Сабитова А. Н. Исследование возможности применения нитчатых водорослей водоемов Семипалатинского региона в качестве биологических активных добавок (БАД) // Евразийский Союз Ученых. 2014. № 7. С. 73-74.
2. Дворецкий Д. С., Пешкова Е., Комплексное использование биомассы микроводоросли *ChlorellaVulgaris*// Actual directions of scientific researches of the XXI century theory and practice. 2014. №2. С. 478-482.
3. Kalla N and Khan S: Effect of nitrogen, phosphorus concentrations, pH and salinity ranges on growth, biomass and lipid accumulation of *chlorella vulgaris*//Int J Pharm Sci Res. 2016. № 7(1). С. 397-405. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.7(1).397-05
4. Deniz, İ. (2020). Determination of Growth Conditions for *Chlorella vulgaris* . *Marine Science and Technology Bulletin* , 9 (2) , 114-117. <https://doi.org/10.33714/masteb.717126>

References

1. Kabdulkarimova, K. K., Abekova, R. S., Sabitova A. N. (2014). Study of the possibility of using filamentous algae from reservoirs of the Semipalatinsk region as biologically active additives (BAA). *Eurasian Union of Scientists*, 7, 73-74. (in Russ.).
2. Dvoretzky, D. S., Peshkova, E. (2014). Complex use of biomass microalgae *chlorella vulgaris*. *Actual directions of scientific researches of the XXI century theory and practice*, 2, 478-482 (in Russ.).
3. Kalla, N., Khan, S (2016). Effect of nitrogen, phosphorus concentrations, pH and salinity ranges on growth, biomass and lipid accumulation of *chlorella vulgaris*. *Int J Pharm Sci Res*, 7, 1, 397-405. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.7(1).397-05
4. Deniz, İ. (2020). Determination of Growth Conditions for *Chlorella vulgaris*. *Marine Science and Technology Bulletin*, 9, 2, 114-117. doi: 10.33714/masteb.717126

Информация об авторах

Ж. С. Касымова – кандидат биологических наук, доцент;
Ж. Ж. Нуртазина – докторант.

Information about the authors

Zh. S. Kasymova – Candidate of Biological Science, Associate Professor;
Zh. Zh. Nurtazina – doctoral student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Тип статьи: научная
УДК 631.412:631.6 (571.150)

ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОГЕННЫХ ПОЧВ, НУЖДАЕМОСТЬ ИХ В ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Никита Михайлович Почёмин¹, Елена Владимировна Кононцева²,
Жан Геннадьевич Хлуденцов³

¹Алтайский государственный университет, Барнаул

^{2,3}Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул

¹pochyomin@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5899-5464>

²kononcevaasau@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8127-7101>

³zhan.khludentsov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3875-8847>

Изучены химические и физико-химические свойства агрогенных почв в условиях сухостепной зоны Алтайского края. Почвы исследуемой территории характеризуются разными химическими и физико-химическими свойствами, обеспечивающими разное плодородие почв по содержанию гумуса, величине рН среды, обеспеченности почв подвижными элементами питания и др. По показателям физико-химических свойств почв определена нуждаемость их в химической мелиорации, разработаны приемы регулирования плодородия почв путем внесения химических мелиорантов в дозах, рассчитанных с учетом свойств почв.

Ключевые слова: химические свойства, почва, мелиорация почв, гумус, рН среды, емкость поглощения, сумма поглощенных оснований, химическая мелиорация.

Для цитирования: Почёмин Н. М., Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г. Химические и физико-химические свойства агрогенных почв, нуждаемость их в химической мелиорации в условиях сухой степи алтайского края /Н.М. Почёмин, Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов // Путохинские чтения. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 157-162.

CHEMICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF AGROGENIC SOILS, THEIR NEED FOR CHEMICAL MELIORATION IN THE CONDITIONS OF THE DRY STEPPE OF THE ALTAI REGION

Nikita M. Pochemin¹, Elena V. Konontseva², Jan G. Khludentsov³

Altai State University, Barnaul

^{1,2,3}Altai State Agrarian University, Barnaul

¹pochyomin@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5899-5464>

²kononcevaasau@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8127-7101>

³zhan.khludentsov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3875-8847>

The paper presents the physicochemical and chemical properties of the standards of the region of gray forest soils of the black taiga of the Salair Ridge of the Altai Territory. Soils are characterized by different chemical and physicochemical properties. Properties provide different soil fertility according to The chemical and physicochemical properties of agrogenic soils in the conditions of the dry steppe zone of the Altai Territory have been studied. The soils of the study area are characterized by different chemical and physicochemical properties, providing different soil fertility in terms of humus content, pH value, soil supply with mobile nutrients, etc. Based on the indicators of the physicochemical properties of soils, their need for chemical reclamation was determined, and regulatory methods were developed. soil fertility by introducing chemical ameliorants in doses calculated taking into account the properties of the soil.

Key words: chemical properties, soil, soil reclamation, humus, pH of the environment, absorption capacity, sum of absorbed bases, chemical reclamation.

For citation: Pochyomin, N. M., Konontseva, E. V., Khludentsov, J. G. (2024). Chemical and physicochemical properties of agrogenic soils, their need for chemical reclamation in the conditions of the dry steppe of the Altai region. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 157-162. (in Russ.).

Показатели почвенного плодородия характеризуются комплексом химических и физико-химических свойств почв, определяются составом и содержанием в них различных элементов и соединений. Компонентный состав химических свойств почв зависит от их происхождением (материнской породой), обуславливается составом минеральной части почвы, наличием органических соединений, продуктами распада веществ органического и животного происхождения, деятельностью микроорганизмов и др. Разные типы почв характеризуются определенным набором химических и физико-химических свойств почв, их качественными и количественными характеристиками и используется в качестве диагностических показателей при выделении почвенных разностей [2, 4, 6]. По данным физико-химических свойств почв определяется состав поглощенных катионов, сумма поглощенных оснований, емкость катионного обмена, степень насыщенности почв основаниями, степень солонцеватости, определяется нуждаемость почвы в химической мелиорации, осуществляется оптимизация реакции среды почв путем проведения химической мелиорации расчетными дозами мелиорантов [4]. В связи с этим целью исследований стало изучение химических и физико-химических свойства агрогенных почв, определить нуждаемость их в химической мелиорации в условиях сухой степи Алтайского края.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в зоне каштановых почв, почвенном районе темно-каштановых и каштановых почв с большими массивами солонцов на территории землепользования К(Ф)Х Макаров С.А. Угловского района Алтайского края. Климат территории исследования – резко континентальный. В геоморфологическом отношении территория относится к обширной Кулундинской низменности озерно-аллювиального происхождения, рельеф равнинный, с абсолютными высотами 160-260 м [1,5]. Почвы агроландшафтов, представлены агрообразцами текстурно-карбонатными типичными, агроземами текстурно-карбонатными типичными, агрокаштановыми типичными, сформированными на древне-аллювиальных отложениях; агроземами текстурно-карбонатными гидрометаморфизованными (на древне-аллювиальных оглеенных отложениях); солонцами и солончаками (на засоленных древне-аллювиальных отложениях). Почвы распространены как однородными массивами, так и комплексами. По гранулометрическому составу преобладают легкосуглинистые и супесчаные разновидности почв.

В ходе исследований использованы сравнительно-географический, профильный, картографический методы, методы математической статистики [3].

Почвы территории исследования характеризуются различными химическими и физико-химическими свойствами, обуславливающими разное плодородие почв (табл. 1). Агрообразцы текстурно-карбонатные типичные характеризуются укороченным профилем, формирующимся в следствии проявления эрозийных процессов разной интенсивности (средней и сильной степени дефляции) с небольшой мощностью гумусово-иллювиального горизонта (по M_{A+V1} мелки и среднемелкие – 15-25 см, 2-3 ранг специфичного состояния по свойству). По содержанию гумуса почвы слабо и мало гумусированные (1,01-2,00 %). pH среды – слабощелочная в пахотном горизонте (7,00-7,50), щелочная – в подпахотном (7,50-8,00). Обеспеченность подвижным фосфором – от средней до повышенной (5,01-15,00 мг/100 г) (3-4 классы обеспеченности по классификации 6-ти классов обеспеченности), обеспеченность подвижным калием - высокая. Для агрообразцов характерна невысокая емкостью поглощения (15,0-20,0 мг-экв/100 г почвы), наибольший удельный вес в которой приходится на поглощенный Ca (> 70 %), по степени солонцеватости почвы незасоленные.

Таблица 1

Химические и физико-химические свойства почв территории исследования

Свойства	Размерность специфичных состояний, метрическое значение (ранг)											
	Агрообразем текстурно-карбонатный типичный ААб _{тк}		Агрозем текстурно-карбонатный типичный Аз _{тк}		Агрозем текстурно-карбонатный гидрометаморфизованный Аз _{тк} ^{ГМ}		Агрокаштановые типичные АК		Солонцы гидрометаморфические светлые Сн _с ^{ГМ}		Солончаки	
	РВ	САТ	Р	ВМК	Р	ВМК	Р	ВМК	АЖ	ВМК	С	Всол
Мощность, А+В1, см (ранг)	15,1-25,0 (2,3)		25,0-35,0 (4,5)		35,1 - >40,0 (6,7)		30,1-40,0 (5,6)		15,0-25,0 (2,3)		< 15,0 (1)	
Гумус, % (ранг)	1,01-2,00 (2,3)	< 1,00 (1)	2,01-3,00 (4,5)	1,01-1,50 (2)	2,51-3,50 (5,6)	1,51-2,00 (3)	2,51-3,50 (5,6)	1,51-2,50 (3,4)	1,01-2,00 (2,3)	1,01-1,50 (2)	1,51-2,00 (3)	< 1,00 (1)
рНв (ранг)	7,00-7,50 (1,2)	7,01-8,00 (2,3)	7,00-7,50 (1,2)	7,01-7,50 (2)	7,01-7,50 (2)	7,01-8,00 (2,3)	7,01-7,50 (2)	7,01-7,50 (2)	7,51-8,50 (3,4)	8,01->8,51 (4,5)	8,01->8,51 (4,5)	8,01-8,50 (3)
Т, мг-экв./100г (ранг)	15,01-20,00 (2)	15,01-20,00 (2)	25,01-30,00 (4)	20,01-30,00 (3,4)	20,01-25,00 (3)	15,01-25,00 (2,3)	20,01-30,00 (3,4)	20,01-30,00 (3,4)	<15,00-20,00 (1,2)	<15,00-20,00 (1,2)	<15,00-20,00 (1,2)	<15,00- (1)
Са, мг-экв./100г (ранг)	<15,00-20,00 (1,2)	<15,00 (1)	20,01-25,00 (3)	15,01-20,00 (2)	<15,00 (1)	<15,00-20,00 (1,2)	15,01-25,00 (2,3)	15,01-25,00 (2,3)	10,01-25,00 (2,3)	10,01-20,00 (2)	<10,01-20,00 (2)	-
Mg, мг-экв./100г (ранг)	<3,00-5,00 (1,2)	<3,00-5,00 (1,2)	3,01-7,00 (2,3)	5,01-7,00 (3)	<3,00-5,00 (1,2)	3,01-7,00 (2,3)	3,01-5,00 (2)	3,01-7,00 (2,3)	3,01-5,00 (2)	<3,00 (1)	-	-
P ₂ O ₅ , мг/100 г (ранг)	5,01-15,00 (2,3)	5,01-15,00 (2,3)	10,01-15,00 (3)	5,01-10,00 (2)	10,01-15,00 (3)	5,01-15,00 (2,3)	10,01-15,00 (3)	5,01-15,00 (2,3)	10,01-20,00 (3,4)	5,01-15,00 (2,3)	<5,00 (1)	<5,00 (1)
K ₂ O, мг/100 г (ранг)	15,01-25,00 (3,4)	<10,00-15,00 (1,2)	15,01-25,00 (4,5)	15,01-20,00 (3)	>30,01 (6)	20,01-25,00 (4)	25,01->30,01 (5,6)	10,01-20,00 (2,3)	15,01-25,00 (3,4)	15,01-20,00 (3)	10,01-20,00 (2,3)	15,01-20,00 (3)
Nв, % (ранг)	0,05 -0,15 (2,3)	<0,05 -0,10 (1,2)	0,10-0,15 (3)	0,05 -0,15 (2,3)	0,10-0,20 (3,4)	<0,05 -0,10 (1,2)	<0,05 -0,10 (1,2)	<0,05 -0,10 (1,2)	<0,05 -0,10 (1,2)	<0,05 -0,10 (1,2)	0,05 -0,15 (2,3)	<0,05 (1)
Степень солонцеватости (А), %	<3,0-5,0 (1-2)	<3,0-5,0 (1-2)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	3,1-10,0 (3-4)	3,1->15,1 (3-5)	>15,1 (5)	3,1-5,0 (2)

Примечание: * – ранг специфичного состояния свойства, ААб_{тк} – агрообразем текстурно-карбонатный типичный; Аз_{тк} – агрозем текстурно-карбонатный типичный; Аз_{тк}^{ГМ} – агрозем текстурно-карбонатный гидрометаморфизованный; АК – агрокаштановые типичные; Сн_с^{ГМ} – солонцы гидрометаморфические светлые; Солончаки (Ск, – типичные, Ск^Г – солончаки глеевые); горизонты: РВ – агроабразионный; САТ текстурно-карбонатный; Р – агрогумусовый; АЖ – светлогумусовый; S – солончаковый; ВМК – ксерометаморфический.

Агрозоемы текстурно-карбонатные типичные характеризуются слабой и средней степенью проявления эрозионных процессов с мощностью гумусового горизонта от 25 до 35 см (среднемелкие и маломощные по $M_A + B_1$, 4-5 раги специфичного состояния). По содержанию гумуса почвы среднегумусированные (2,01-3,00 %). рН среды – слабощелочная как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах (7,01-7,50). Обеспеченность подвижным фосфором повышенная (10,01-15,00 мг/100 г) (3-4 классы обеспеченности), очень высокая обеспеченность подвижным калием (15,01-25,00 мг/100 г) (6-й класс обеспеченности подвижным калием). Емкость поглощения 25,0-30,0 мг-экв/100 г почвы, что на 2 ранга выше по сравнению с агрообразцами, в составе почвенно-поглощающего комплекса преобладает поглощенный Са над Mg. По степени солонцеватости почвы незасоленные.

К агрозомам текстурно-карбонатным гидрометаморфизованным относятся слабо и среднедефлированные почвы с мощностью гумусового горизонта 35,0 и более см (маломощные, 6-7 ранги специфичного состояния по свойству). По содержанию гумуса почвы мало и средне гумусированные (2,51-3,50%). рН среды – слабощелочная в пахотном (7,01-7,50), щелочная (7,50-8,00) - в подпахотном горизонтах. Обеспеченность подвижным фосфором, повышенная (10,01-15,00 мг/100 г) (3-4 классы обеспеченности), очень высокая обеспеченность подвижным калием (6-й класс обеспеченности). Емкость поглощения 20,0-25,0 мг-экв/100 г почвы, в составе которой преобладает поглощенный Са над Mg. По степени солонцеватости почвы незасоленные.

Агрокаштановые типичные почвы характеризуются неукороченным профилем с мощностью гумусового горизонта от 30,0 и более см (5-6 ранги специфичного состояния по свойству). По содержанию гумуса почвы мало и средне гумусированные (2,51-3,50 %), слабощелочные по рН среды (7,01-7,50), как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах. Обеспеченность подвижным фосфором 10,01-15,00 мг/100 г – повышенная (3-4 классы обеспеченности подвижным фосфором), очень высокая обеспеченность подвижным калием (6-й класс обеспеченности). Емкость поглощения 20,0-30,0 мг-экв/100 г почвы, в составе почвенно-поглощающего комплекса преобладает поглощенный Са над Mg. По степени солонцеватости почвы незасоленные.

Солонцы гидрометаморфические светлые обладают небольшой мощностью гумусового горизонта (по M_{A+B_1}) мелки и среднемелкие – 15-25 см, 2-3 ранг), слабо и мало гумусированные по содержанию гумуса (1,01-2,00 %). рН среды – от щелочной до сильнощелочной (7,51-8,50) в пахотном и подпахотном горизонтах. Обеспеченность подвижным фосфором - от повышенной до высокой (10,01-20,00 мг/100 г) (5-6 классы обеспеченности), обеспеченность подвижным калием – от высокой до очень высокой (15,01-25,00). Для солонцов характерна невысокая емкостью поглощения (15,0-20,0 мг-экв/100 г почвы), по степени солонцеватой почв от 3,10 до 10,00 % (от слабо и средnezасоленных) (таблица 1).

Солончаки крайне мелкие и мелкие по мощностью гумусового горизонта (по M_{A+B_1}) - <15,0 см, 1 ранг), слабо гумусированные по содержанию гумуса (<1,01 %). рН среды – сильнощелочная (8,01->8,51). Обеспеченность подвижным фосфором - от низкой до очень низкой (<5,00 мг/100 г) (1 классы обеспеченности), обеспеченность подвижным калием – от высокой до очень высокой (15,01-20,00). Для почв характерна невысокая емкостью поглощения (15,0-20,0 мг-экв /100 г почвы), степень солонцеватости почв >15,1 %.

Анализ химических и физико-химических свойств почв показал, что агрообразцы текстурно-карбонатные типичные, агрозоемы текстурно-карбонатные типичные, агрозоемы текстурно-карбонатные гидрометаморфизованные и агрокаштановые почвы, степень солонцеватости которых менее 3-5%, не нуждаются в химической мелиорации. Солонцы гидрометаморфические светлые и солончаки нуждаются в химической мелиорации (гипсовании), о чем свидетельствуют высокие показатели степени солонцеватости. Рациональное использование засоленных почв возможно при внесении в них доз извести, рассчитанных с учетом показателей почвенно-поглощающего комплекса этих почв.

Доза химического мелиоранта (гипса) для улучшения свойств солонцов гидрометаморфических светлых легкосуглинистых, содержащих обменный Na в составе почвенно-поглощающего комплекса от 0,36 до 1,2 мг-экв / 100 г почвы составляет от 1,03 т/га до 1,57 т/га. Расчетная доза гипса для улучшения свойств солончаков, содержащих Na в составе почвенно-поглощающего комплекса от 2,5 до 3,0 мг-экв / 100 г составляет от 3,53 до 4,12 т/га.

Таким образом, почв исследуемой территории характеризуются разными химическими и физико-химическими свойствами, обеспечивающими разное плодородие почв по содержанию гумуса, величине рН среды, обеспеченности почв подвижными элементами питания и др. По показателям физико-химических свойств почв определена нуждаемость их в химической мелиорации, разработаны приемы регулирования плодородия почв путем внесения химических мелиорантов (гипса) в дозах, рассчитанных с учетом свойств почв.

Список источников

1. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. Л.: Гидрометеиздат, 1971.
2. Бурлакова Л. М., Рассыпнов В. А. Плодородие почв Алтайского края. Барнаул, 1990, 81 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропроиздат, 1985. 351 с.
4. Пивоварова Е. Г., Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г., Попова Е. С. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8(166). С. 40-47.
5. Природное районирование Алтайского края. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 380 с.
6. Троц Н. М., Боровкова Н. В., Соловьев А. А. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 3-11.

References

1. *Agroklimaticheskie resursy Altajskogo kraya (Agroclimatic resources of the Altai Territory)* (1971). Leningrad: Gidrometeoizdat (in Russ.).
2. Burlakova, L. M. & Rassypnov, V.A. (1990). *Plodorodie pochv Altajskogo kraya (Soil fertility in the Altai region)*. Barnaul (in Russ.).
3. Dospheov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results))*. Moscow: Agroproizdat (in Russ.).
4. Pivovarova, E. G., Konontseva, E. V., Khludentsov, Zh. G. & Popova, E.S. (2018). System of agrochemical indicators in the regional classification of soils of the Altai Territory. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Bulletin of the Altai State Agrarian University), 8(166), 40-47 (in Russ.).
5. *Prirodnnoe rajonirovanie Altajskogo kraya (Natural zoning of the Altai Territory)* (1959). Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences (in Russ.).
6. Trots, N. M., Borovkova, N. V., Solovyov, A. A. (2022). Assessment of the effectiveness of phosphogypsum in agrocenoses of spring barley. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 1. P. 3-11.

Работа выполнена в рамках Программы Приоритет 2030, по теме “Экологическое состояние агрогенных почв и режимы их рационального использования в условиях Алтайского края (2-й тур)”.

Информация об авторах

Е. В. Кононцева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Ж. Г. Хлуденцов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Н. М. Почёмин – аспирант

Information about the authors

E. V. Konontseva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
J. G. Khludentsov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
N. M. Pochyomin – graduate student

Вклад авторов:

Е. В. Кононцева – научное руководство
Ж. Г. Хлуденцов – консультант
Н. М. Почёмин – написание статьи

Contribution of the authors:

E. V. Konontseva – scientific management
J. G. Khludentsov – consultant
N. M. Pochyomin – article writing

Тип статьи: научная

УДК 631

ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ, КАК АЛЬТЕРНАТИВА ХИМИЧЕСКИМ ПРЕПАРАТАМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Елизавета Николаевна Савельева¹, Юлия Зуфаровна Чиняева²

^{1,2}ФГБОУ Южно-Уральский Государственный Аграрный университет. Институт агроэкологии, Троицк

¹elizavetasaveleva627@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-6513-7832>

²chuz80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

Представлены исследования по определению влияния биопрепаратов на основе экстрактов лекарственных растений на посевные и ростовые качества сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: биологические препараты, гуматы, посевные качества семян, ростовые качества семян, пшеница.

Для цитирования: Савельева Е. Н., Чиняева Ю. З. Применение биопрепаратов на основе лекарственных растений при выращивании сельскохозяйственных растений. // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 162-166.

APPLICATION OF BIOPREPARATIONS BASED ON EXTRACTS OF MEDICINAL PLANTS AS AN ALTERNATIVE TO CHEMICAL PREPARATIONS IN CULTIVATION OF AGRICULTURAL PLANTS

Elizaveta N. Savelyeva¹, Yulia Z. Chinyaeva²

^{1,2}FGBOU South Ural State Agrarian University. Institute of Agroecology, Troitsk.

¹elizavetasaveleva627@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-6513-7832>

²chuz80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

The methodology of determination of biological preparations based on extracts of medicinal plants on sowing and growth qualities of agricultural plants is given.

Keywords: biological preparations, humates, seed sowing qualities, seed growth qualities, wheat

For citation: Savelyeva, E. N., Chinyaeva, Y. Z. (2024). Application of biopreparations on sowing and growth qualities of seeds, wheat. N. Application of biopreparations on the basis of medicinal plants in the cultivation of agricultural plants. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 162-166. (in Russ.).

Использование биологических препаратов, созданных на основе растительных экстрактов, представляет собой перспективный подход в улучшении характеристик семян при посеве. Эти препараты демонстрируют потенциал в повышении всхожести и урожайности семян. Исследования, проведенные в различных институтах, показывают положительные результаты: препараты, такие как Стимапюр, Стивин и Альбит, приводят к значительному увеличению урожайности различных сельскохозяйственных культур. Этот метод может считаться эффективным внесением биологически активных веществ для улучшения качества сельскохозяйственных посевов.

Во Всероссийском НИИ защиты растений проводилось исследование физиологически активных веществ плодов маклюры оранжевой. В ходе исследования выявили, что препарат Стимапюр при применении 15 мл/т увеличил урожайность ярового ячменя на 13,4 ц/га [1].

Во ВНИИЗР был разработан препарат Стивин, в основе которого растительные компоненты из отходов винограда промышленной переработки и семян сахарной свеклы. В течение двух лет полевых испытаний препарат Стивин показал высокую эффективность применения в фазе бутонизации при дозировке 140 мл/га, что способствовало увеличению урожайности картофеля до 40 %. Также было замечено увеличение крахмалистости на 1,6-1,7 абс. % (относительно контроля на 16-24 %) [2].

Во Владимирской области на базе СПК «Гарбаево» проводились испытания препарата Альбит, объектом исследования стала зеленая масса клевера. В фазе стеблевания-начала бутонизации при обработке препаратом Альбит 50 мл/га было выявлено, что прибавка урожайности составила 7 ц/га или 7,1 %. Также у препарата хорошие результаты при формировании генеративных органов растения, позже показал высокий уровень защиты к многим болезням люцерны (бурая пятнистость) и клевера (мучнистая роса) [3].

В настоящее время изучение биологически активных веществ, содержащихся в экстрактах растений, представляет большой интерес, особенно в связи с их способностью улучшать ростовые свойства и всхожесть семян. Несмотря на обширные исследования в этой области, применение препаратов на основе хвойных экстрактов остается малоизученной областью. Это актуальный вопрос, поскольку такие препараты могут существенно способствовать улучшению сельскохозяйственных процессов, повышению продуктивности семян и повышению всхожести. Дальнейшие исследования в этой области могут еще больше расширить наши знания о потенциале растительных экстрактов в сельском хозяйстве.

Гипотеза: при использовании гуминовых препаратов ожидается увеличение энергии прорастания, лабораторной всхожести от повышения дозы препарата, а также ростостимулирующее действие от использования препаратов с экстрактом ели.

Цель: выявить эффект от применения препарата Grow-A на твердой пшенице сорта «Марина». Задачи: 1) выявить энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян твердой пшеницы сорта «Марина» при применении препарата на основе экстракта ели; 2) изучить изменения ростовых показателей семян твердой пшеницы сорта «Марина» при применении препарата на основе экстракта ели и гуминовых кислот.

Объект исследования: твердая пшеница сорта «Марина».

Предмет исследования: препарат GroW-A.

Фунгицид GroW-A – это биопрепарат из древесной зелени ели, обладающий фунгицидными, бактерицидными и ростостимулирующими свойствами. Действующим веществом препарата являются экстрактивные компоненты древесной зелени ели – флавоноиды.

Методы исследования:

1. Определение лабораторной всхожести и энергии прорастания семян пшеницы (ГОСТ 12038-84)

2. Анализ ростовых процессов семян (ГОСТ 20290-74)

Схема опыта:

1. Контроль (без препарата)

2. Препарат GroW-A

3. Препарат Гумикрон

4. Препарат Биоресурс

Исследование проводилось в Институте агроэкологии, с. Миасское. 27 ноября были заложены опыты согласно схеме в трехкратной повторности. На третьи сутки была определена энергия прорастания семян, на седьмые сутки была определена лабораторная всхожесть семян. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Было выявлено, что обработка семенного материала регуляторами роста увеличивала энергию прорастания и всхожести семян. Также ранние всходы, которые были равномерные, способствовали дружному развитию растений, что существенно влияет на формирование урожая [4].

Таблица 1

Посевные качества твердой пшеницы сорта Марина

№	Параметры	Контроль	GroW-A	Гумикрон	Биоресурс
1	Энергия прорастания, %	76	49	75	91
2	Лабораторная всхожесть, %	65	67	85	96

Большую эффективность показал препарат Биоресурс, так как в его составе есть гуминовые кислоты из низинного торфа, где содержится большое количество гумата калия, который влияет на всхожесть семян и дальнейшее развитие корневой системы. Также увеличивает иммунитет растений к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Исследование показали, что применение препарата GroW-A уменьшило энергию прорастания на 7-27 % в зависимости от дозы. Аналогичная ситуация наблюдается и с лабораторной всхожестью, её снижение составило 4-17 %.

Многочисленные исследования подтверждают влияние биологических препаратов на ростовые процессы. Предоставленные данные о препарате GroW-A на твердой пшенице "Марина" также подтверждают положительное воздействие на энергию прорастания и рост растений, согласуясь с ранее опубликованными исследованиями [5, 6, 7].

Внесение дополнительных биопрепаратов при посеве оказывает стимулирующее воздействие на интенсивный рост и развитие растений. Это проявляется не только в увеличении вегетативной массы проростка, но также в развитии его корневой системы. Для подтверждения этого эффекта был проведен опыт, посвященный изучению ростовых характеристик при воздействии биопрепаратов. Полученные данные были систематизированы и представлены в таблице 2. Результаты свидетельствуют о значительном влиянии биопрепаратов на физиологические параметры растений, поддерживая предыдущие наблюдения в области стимуляции роста и укрепления корневых систем.

Биопрепараты на основе гумата оказывают существенное ростостимулирующее воздействие на развитие корневой системы, более слабый эффект на увеличение длины проростков, практически не влияет на накопление вегетативной массы.

Таблица 2

Ростовые качества твердой пшеницы сорта Марина

№	Параметры	Контроль	GroW-A	Гумикрон	Биоресурс
1	Длина растения, см	13,1	15,6	5,04	5,35
2	Количество корней, шт	5,1	4,5	5	4
3	Сумма длины корней, см	48,7	46,5	1281,9	1975,3

Было выяснено, что каждый препарат влияет на определенный параметр у ростовых качеств: GroW-A повлиял на длину растений: в сравнении с контролем длина растения не сильно увеличилась, всего на 2,5 см, а вот разница с препаратами Гумикрон и Биоресурс составила 10,56 и 10,25 см соответственно; Гумикрон повлиял на количество корней: между GroW-A и контролем разница составила 0,6; между Гумикрон и контролем разница оказалась меньше всех – 0,1, а Биоресурс показал в сравнении с контролем наиболее слабый эффект и разница составила 1,1.

Биоресурс повлиял на сумму длины корней: самый лучший результат оказался между Биоресурс и контролем и составил 1926,6 см, разница между Гумикрон и контролем составила 1233,2 см, самый близкий результат к контролю показал GroW-A и составил 2,2 см.

В ходе данного исследования выяснили, что препарат GroW-A увеличил среднюю длину растений на 2,5 см по сравнению с контролем. По среднему количеству корней значительных изменений не наблюдалось, сумма длин корней уменьшилась при применении препарата.

Таким образом, биопрепараты на основе экстрактов лекарственных растений оказывает стимулирующее действие на посевные и ростовые качества семян твердой пшеницы сорта Марина.

Список источников

1. Деркач А. А., Зимина Т. В., Бобрешова И. Ю., Рябчинская Т. А. Разработка нового регулятора роста растений растительного происхождения // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: Материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 13–15 сентября 2022 года. Том Выпуск 11. Краснодар: Издательство "ЭДВИ", 2022. С. 178-182. EDN SAGSJI.

2. Рябчинская Т. А., Зимина Т. В. Влияние биологического регулятора роста Стивин на продуктивность сельскохозяйственных культур // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 4. С. 57-70. – DOI 10.33920/sel-05-2004-07. – EDN TAFDOY.

3. Харченко Г. Л., Рябчинская Т. А., Саранцева Н. А. [и др.] Оценка влияния регулятора роста Альбит на урожайность кормовых трав // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 6. С. 31-33. – EDN KYQWNJ.

4. Бухарова А. Р., Хлусов В. Н., Колесова Е. А., Дадашова Х. Влияние регуляторов роста озимой пшеницы на посевные качества семян // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2022. № 41(46). С. 12-18. EDN VZDULB.

5. Калганов А. А. Последствие органоминеральных удобрений на основе иловых осадков на урожайность кукурузы // Биология в сельском хозяйстве. 2018. № 1(18). С. 20-22. EDN YRMKEM.

6. Валиахметова Ю. З., Вахитова Л. Ф. Продуктивность и азотфиксирующая способность многолетних бобовых трав при разных уровнях минерального питания на выщелоченных черноземах лесостепи Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 1(9). С. 29-32. EDN MTAGNT.

7. Чиняева, Ю. З. Влияние минеральных удобрений на продуктивность люцерны синегибридной в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Челябинского агроинженерного университета. 2005. Т. 45. С. 39-41. EDN XGXIID.

8. Троц, Н. М. Боровкова Н. В., Соловьев А. А. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 3-11.

References

1. Derkach, A. A., Zimina, T. V., Bobreshova, I. Yu. & Ryabchinskaya, T. A. (2022). Development of a new plant growth regulator of plant origin. Biological plant protection - the basis of

stabilization of agroecosystems : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Krasnodar, September 13-15, (pp. 178-182), 11, Krasnodar (in Russ.). EDN SAGSJI.

2. Ryabchinskaya, T. A. & Zimina, T. V. (2020). Influence of biological growth regulator Stevin on the productivity of agricultural crops. *Kormlenie sel'skokhozyajstvennykh zivotnykh i kormoproizvodstvo*. (Feeding of agricultural animals and fodder production), 4, 57-70. (in Russ.). - DOI 10.33920/sel-05-2004-07. - EDN TAFDOY.

3. Kharchenko, G. L., Ryabchinskaya, T. A., Sarantseva, H. A. [et al.] (2009). Evaluation of the effect of growth regulator Albit on the yield of forage grasses. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk* (Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Science), 6. 31-33 (in Russ.). - EDN KYQWNJ.

4. Bukharova, A. R., Khlusov, V. N., Kolesova, E. A. & Dadashova, H. A. (2022). Influence of winter wheat growth regulators on sowing qualities of seeds. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk* (Bulletin of the Russian State Agrarian Extramural University), 2022, 41(46), 12-18 (in Russ.). - EDN VZDULB.

5. Kalganov, A. A. (2018). The effect of organomineral fertilizers based on sludge on corn yield. *Biologiya v sel'skom khozyajstve* (Biology in Agriculture), 1(18), 20-22 (in Russ.). - EDN YR-MKEM.

6. Valiakhmetova, Y. Z. (2006). Productivity and nitrogen-fixing ability of perennial leguminous grasses at different levels of mineral nutrition on leached chernozems of forest-steppe in the Trans-Urals. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarian university), 2006, 1(9), 29-32 (in Russ.). - EDN MTAGNT.

7. Chinyaeva, Y. Z. (2005). Effect of mineral fertilizers on the productivity of alfalfa blue-hybrid in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. *Vestnik Chelyabinskogo agroinzhenernogo universiteta* (Bulletin of the Chelyabinsk Agroengineering University), 45, 39-41 (in Russ.). - EDN XGXIID.

8. Trots, N.M. Borovkova, N.V., Solovyov, A.A. Assessment of the effectiveness of phosphogypsum in agrocenoses of spring barley. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2022. No. 1. P. 3-11.

Информация об авторах:

Ю. З. Чиняева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Е. Н. Савельева – студент

Information about the authors:

Y. Z. Chinyaeva – candidate of agricultural sciences, associate professor

E. N. Savelyeva – student

Вклад авторов:

Ю. З. Чиняева – научный руководитель

Е. Н. Савельева – студент

Contribution of the authors:

Y. Z. Chinyaeva - scientific supervisor

E. N. Savelyeva - writing the article

Тип статьи: обзорная

УДК 631.81

ХИМИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА – КАК СПОСОБ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

Кирилл Дмитриевич Сазонкин¹, Дмитрий Валериевич Виноградов^{1,2},

Анна Сергеевна Шкуркина¹

¹ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», Рязань, Россия

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва, Россия

¹kirill.sazonkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7953-1116>

²vdv-rz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2017-1491>

³anna.agroeco@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1817-5193>

В статье обсуждается вопрос сущности и развития химизации в сельскохозяйственном производстве. Приводятся положительные и отрицательные моменты широкого использования химических препаратов и удобрений по основным направлениям деятельности, а именно в растениеводстве и животноводстве, а также рассматриваются перспективы развития этого направления. Оценивается уровень химизации сельского хозяйства.

Ключевые слова: химизация, минеральные удобрения, средства защиты растений, урожай, растениеводство, животноводство, плодородие.

Для цитирования: Сазонкин К. Д., Виноградов Д. В., Шкуркина А. С. Химизация сельского хозяйства – как способ развития отрасли // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 167-171.

CHEMICALIZATION OF AGRICULTURE AS A WAY TO DEVELOP THE INDUSTRY

Kirill D. Sazonkin¹, Dmitry V. Vinogradov^{1,2} Anna S. Shkurkina¹

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan, Russia

²Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow, Russia

¹kirill.sazonkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7953-1116>

²vdv-rz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2017-1491>

³anna.agroeco@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1817-5193>

The article discusses the issue of the essence and development of chemicalization in agricultural production. The positive and negative aspects of the widespread use of chemicals and fertilizers in the main areas of activity, namely in crop production and animal husbandry, are presented, and the prospects for the development of this area are considered. The level of chemicalization of agriculture is estimated.

Key words: keywords: chemicalization, mineral fertilizers, plant protection products, harvest, crop production, animal husbandry, fertility.

For citation: Sazonkin, K. D., Vinogradov, D. V., Shkurkina, A. S. (2024). Chemicalization of agriculture as a way to develop the industry. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 167-171. (in Russ.).

Научно-технический прогресс не происходит только в одной отрасли, обычно новые

технологии и инновации находят своё применение сразу во многих направлениях деятельности человека. Не исключением является и отрасль сельского хозяйства. Различные процессы, которые протекают в растениях и почве неразрывно связаны с химией и объясняются на языке формул и реакций [1, 2, 3]. Несмотря на то, что сельское хозяйство является, пожалуй, самым древнем направлением деятельности человека, такое понятие, как химизация было озвучено не так давно, почти 100 лет назад, в 1924 году это сделал выдающийся русский ученый, агрохимик, академик, основоположник именно агрономической химии Дмитрий Николаевич Прянишников.

Химизация подразумевает под собой широкое применение химических технологий в сельскохозяйственном производстве, с целью значительного повышения эффективности отрасли. В первую очередь химизация влияет на урожайность сельскохозяйственных культур [4, 5].

В настоящее время представить АПК без использования различных химических препаратов крайне сложно, ведь широкое известкование или гипсование, а также корректировка уровня рН, а как следствие улучшение структуры почвы и повышение её плодородия является сегодня одним из необходимых направлений в сельском хозяйстве с целью достижения высоких урожаев [6, 7].

Кроме того, большой объем в химизации сельского хозяйства занимают минеральные удобрения и средства защиты.

Россия богата различными полезными ископаемыми и залежами, что позволяет проводить разработку в необходимых объемах. Отметим, что большее количество предприятий сосредоточено в европейской части страны, это связано в первую очередь с наличием необходимого сырья, а также с относительной близостью к основным сельскохозяйственным угодьям страны.

Таким образом производство минеральных удобрений тесно неразрывно связано с химической промышленностью, а получаемые неорганические вещества содержат в своем составе необходимые элементы питания в различных дозах. Основными минеральными удобрениями являются фосфорные, калийные и азотные. Кроме того, существует целый рынок микроудобрений или микробиологических удобрений, которые отличаются от минеральных тем, что содержат в своем составе микроэлементы, которые также необходимы растениям.

Производят минеральные удобрения преимущественно из фосфоритов, апатитов, калийных солей, продуктов нефтеперерабатывающих и газовых предприятий (коксовых газов).

По статистике на долю азотных удобрений (аммиачная селитра, мочевины, сульфат аммония) приходится более 50% мирового спроса, калийные и фосфорные делят между собой практически поровну оставшиеся 50%. На начало 2022 года крупнейшими производителями в мире минеральных удобрений являлись: Китай – около 30%, США – около 13% и Россия – около 12%, при этом наша страна традиционно ориентирована на экспорт большей части производимых удобрений.

Несмотря на широкое применение минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве, ведутся дискуссии о вреде чрезмерного использования этих химических средств. По данным Росстата использования минеральных удобрений в России снизилось более чем на 30% в 2021 году по сравнению с 2010 годом, что в свою очередь свидетельствует о понимании важности внесения минеральных удобрений исключительно в необходимых количествах.

Стоит отметить, что использовать минеральные удобрения не контролируемо нельзя, необходимо строго соблюдать рекомендации по внесению и делать это в четко установленные сроки и при благоприятных погодных условиях. При этом, необходимо предварительно проводить агрохимические анализы на всей территории землепользования отдельного предприятия, так как чрезмерное внесение минеральных удобрений окажет противоположный эффект и приведет к ухудшению почвенного плодородия и снижению количества и качества получаемого урожая. Разумеется, вся ответственность за правильную транспортировку, хранение и применение минеральных удобрений лежит на руководителях предприятия и ответственных

сотрудниках. Для качественного учета внесения удобрений, а также прозрачности сферы 1 сентября 2022 года в промышленную эксплуатацию была запущена ФГИС «Сатурн» - специальная система, главной целью которой является учет и отслеживание количества использования не только удобрений, но и других химических средств, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Наряду с удобрениями, действие которых направленно на увеличение урожайности культур существует целая группа химических средств, применение которой направленно на снижение засоренности, заболеваний и вредителей, влияние которых на культурные растения может привести к полной гибели посевов.

Пестициды – еще одни препараты, без которых сельское хозяйство сегодня сложно представить. Химические средства защиты растений широко применяются как в открытом, так и в закрытом грунте против широко перечня вредителей, заболеваний и сорной растительности. Главными преимуществами химических препаратов является их доступность, широкий ассортимент, простота в применении, увеличение урожайности за счет уменьшения потерь, однако существует и ряд негативных моментов, которые необходимо учитывать при использовании средств защиты. В первую очередь – это негативное влияние на состояние людей, которые работают с препаратами, особенно 1 класса опасности. Необходимо четко соблюдать технику безопасности, при остается риск развития резистентности на препараты, а также возможное отрицательное последствие на окружающую среду и получаемый урожай.

Отдельно выделяют такие агрохимикаты, как регуляторы роста растений. Это препараты, действие которых заключается в стимуляции ростовых процессов в семенах или растениях с целью повышения устойчивости к окружающим факторам и как следствие способствовать увеличению урожайности культуры, представляют собой низкомолекулярные органические соединения. Выпускаются они в различных формах, в виде таблеток, порошка, гранул или жидкостей.

Отдельно стоит отметить ретарданты, которые применяют, когда необходимо затормозить рост стебля и побегов, что в свою очередь будет влиять на полегание растений.

Еще одной сферой использования химических производных стало животноводство, а именно производство кормов. Так, при заготовке кормов нашли свое применение специальные консерванты, которые участвуют в процессах брожения и способствуют сохранению заготовленных кормов на длительные сроки. Благодаря широкому перечню различных производителей подобрать необходимый препарат под конкретный вид корма или культуру не представляется сложным.

Мелиоранты – необходимые сегодня вещества, так как, применяются практически повсеместно с целью улучшения агрофизических и химических характеристик почв. Подразделяются на мелиоранты природного и промышленного происхождения. Промышленным способом получают различные мелиоранты для и известкования, гипсования или кислования, детоксикации и восстановления плодородия почв. Отметим, что к природным восстановителям почвенного плодородия относятся торф, ил, сапропель, однако получить такие в больших количествах не всегда возможно трудозатратно. Напротив, различные улучшители характеристик почв на основе гуминовых веществ, сточных вод, отходов свёклосахарной промышленности и ряд других являются отличными альтернативами для аграриев.

Таким образом, химизация сельского хозяйства в настоящее время находится на достаточно высоком уровне, так как получить высокие урожаи без применения химических средств в технологиях возделывания проблематично. Химическая промышленности остается одной из самых стабильных отраслей производства, так как минеральные удобрения, средства защиты и другие препараты ежегодно пользуются высоким спросом, а заменить их полезный эффект другими методами не представляется возможным в полной мере в современных условиях. Однако использование химических препаратов должно находиться в максимально прозрачном поле, так как злоупотребление ими с целью получения высокой прибыли может нанести серьезный вред агроценозам и экологии в целом. При этом химизация не может являться панацеей для получения высоких урожаев, развития отрасли сельского хозяйства несомненно должно

происходить комплексно на всех этапах, от селекции новых сортов и гибридов до цифровизации различных процессов.

Список источников

1. Евтишина Е. В., Сазонкин К. Д., Виноградов Д. В. Перспективные направления сельскохозяйственного производства в Рязанской области // Вавиловские чтения, 2022 : Межд. науч.-практич. конф., посвящ. 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. Саратов: ООО «Амирит», 2022. С. 695-700.
2. Ильинский А. В., Виноградов Д. В., Балабко П. Н. Некоторые аспекты обоснования системы комплексного контроля при проведении мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2015. № 4(28). С. 8-13.
3. Сазонкин, К. Д., Виноградов Д. В. Эффективность применения микроудобрений в агроценозах озимого рапса в условиях южной части Нечерноземной зоны // АгроЭкоИнфо. 2022. № 5(53).
4. Троц В. Б., Ахматов Д. А., Троц Н. М. Влияние минеральных удобрений на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и фитомассе зерновых культур // Зерновое хозяйство России. 2015. № 1. С. 45-49.
5. Ушаков Р. Н., Виноградов Д. В., Головина Н. А. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы // Агрехимический вестник. 2013. № 5. С. 12-13.
6. Lupova E. I., Sazonkin K. D., Vinogradov D. V. Yield of winter rape in Ryazan region // IOP conference series: earth and environmental science : Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products. Vol. 723. – Smolensk, 2021. – P. 022031.
7. Shchur A. V., Valkho O.V., Vinogradov D. V. Influence of Biologically Active Preparations on Caesium-137 Transition to Plants from Soil on the Territories Contaminated after Chernobyl Accident // Impact of Cesium on Plants and the Environment. – Switzerland : Springer International Publishing, 2017. – P. 51-70.

References

1. Evtishina, E. V., Sazonkin, K. D., Vinogradov, D. V. (2022). Promising directions of agricultural production in the Ryazan region. Vavilovsky readings - 2022 : International scientific and practical conference, dedicated. (Pp. 695-700) .Saratov: Amirit LLC (in Russ.).
2. Ilyinsky, A. V., Vinogradov, D. V., Balabko, P. N. (2015). Some aspects of the substantiation of the integrated control system during the rehabilitation of technogenically polluted lands. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 4(28), 8-13. (in Russ.).
3. Sazonkin, K. D., Vinogradov, D. V. (2022). The effectiveness of the use of micronutrients in agroecosystems of winter rapeseed in the conditions of the southern part of the Non-Chernozem zone. *AgroEcoInfo*, 5(53). (in Russ.).
4. Trots, V. B., Akhmatov, D. A., Trots, N. M. (2015). The effect of mineral fertilizers on the accumulation of heavy metals in soil and phytomass of grain crops. *Grain farming of Russia*, 1, 45-49.
5. Ushakov, R. N., Vinogradov, D. V., Golovina, N. A. (2013). Physico-chemical block of fertility of agro-gray soil. *Agrochemical bulletin*, 5, 12-13. (in Russ.).
6. Lupova, E. I., Sazonkin, K. D., Vinogradov, D. V. (2021). Yield of winter rape in Ryazan region. IOP conference series: earth and environmental science : Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products. (P. 022031). Smolensk.
7. Shchur, A. V., Valkho, O. V., Vinogradov, D. V. (2017). Influence of Biologically Active Preparations on Caesium-137 Transition to Plants from Soil on the Territories Contaminated after Chernobyl Accident. *Impact of Cesium on Plants and the Environment*. Switzerland : Springer International Publishing, 51-70.

Информация об авторах

К. Д. Сазонкин – аспирант;

Д. В. Виноградов – доктор биологических наук, профессор;

А. С. Шкуркина – магистр.

Information about the authors

K. D. Sazonkin – postgraduate student;

D. V. Vinogradov – Doctor of Biological Sciences, Professor,

A. S. Shkurkina – Master's degree.

Вклад авторов:

К. Д. Сазонкин – написание статьи;

Д. В. Виноградов – написание статьи, научное руководство;

А. С. Шкуркина – написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

K. D. Sazonkin – article writing;

D. V. Vinogradov – article writing, scientific guidance,

A. S. Shkurkina – writing an article.

The author declares that there is no conflict of interest.

Тип статьи: научная

УДК 631.89; 631.445.4

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА СОЛОНЦЕВАТОГО

Евгений Евгеньевич Суворов

Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

ee_suvorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5702-0246>

Органоминеральные удобрения в своем составе объединяют полезные качества минеральных и органических удобрений. Установлено, что применение комплексного гранулированного органоминерального удобрения на основе навоза КРС, способствовало снижению значений рН почвенного раствора на 0,9 единицу, увеличению показателей содержания серы на 4,2 мг/кг, валового азота на 0,15%, и на 0,5 % общего азота в почве.

Ключевые слова: органоминеральные удобрения, агрохимический анализ, почва, тяжелые металлы, показатель, содержание.

Для цитирования: Суворов Е. Е. Влияние органоминеральных удобрений на агрохимические свойства чернозема солонцеватого // Международная научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. С. 171-177.

THE EFFECT OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON THE AGROCHEMICAL PROPERTIES OF BRACKISH CHERNOZEM

Evgeny E. Suvorov

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

ee_suvorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5702-0246>

Organomineral fertilizers combine the beneficial qualities of mineral and organic fertilizers. It was found that the use of a complex granular organomineral fertilizer based on cattle manure contributed to a decrease in the pH of the soil solution by 0,9 units, an increase in sulfur content by 4,2 mg/kg, gross nitrogen by 0,15%, and 0,5% of total nitrogen in the soil.

Keywords: organomineral fertilizers, agrochemical analysis, soils, heavy metals, index, content.

For citation: Suvorov, E. E. (2024). The influence of organomineral fertilizers on the agrochemical properties of saline chernozem. Putokhin readings: *collection of scientific tr.* Kinel: IBC Samara State Agrarian University. P.171-177.

Почва является природным образованием, относящееся к категории трудно возобновляемых природных ресурсов, обладающим особым свойством - плодородием, т. е. способностью обеспечивать потребности растений в факторах и условиях жизни и развития. Согласно результатам проводимых мониторингов по плодородию почв агрохимической службой происходит уменьшение содержания в почве органического вещества, основных питательных элементов, что негативно отражается на состоянии и плодородии почв. Постоянный вынос питательных веществ и минимальный их возврат ведут к постепенной деградации. Одним из направлений решения данной проблемы считается биологизация земледелия, которая включает в себя возделывание многолетних трав, применение органических удобрений, использование сидератов и соломы в качестве удобрений, применение биопрепаратов и стимуляторов роста, известкование кислых почв [2].

В настоящий момент для поддержания плодородия почвы на высоком уровне, необходимо регулярное внесение не только минеральных, но и органических удобрений.

Поэтому одна из наиболее важных задач сельскохозяйственного производства это поиск и внедрение новых видов удобрений, характеризующихся большей эффективностью и экологичностью, чем привычные минеральные удобрения. Таким образом появляется возможность обратить внимание на комплексные гранулированные органоминеральные удобрения, которые довольно давно производятся в России, но еще не заслужили высокого доверия у сельхоз-товаропроизводителей [6].

Результаты производственных испытаний комплексных органоминеральных удобрений (ОМУ) в разных почвенно-климатических условиях показали их неоспоримые достоинства. Органические отходы, в не переработанном виде могут закислять почву, становятся разносчиками семян сорных растений и вредной микрофлоры. Всех этих недостатков лишены органоминеральные удобрения, так как они проходят технологическую обработку, поэтому их применение приносит экологическую выгоду [4].

Цель исследования: оценить эффективность применения комплексных гранулированных органоминеральных удобрений (ОМУ) при возделывании зернобобовой культуры – нут на засоленных почвах в центральной зоне Самарской области и изучить возможность получение с их помощью высококачественной и экологически чистой продукции.

В задачи исследований входило:

- установление и изучение влияния органоминеральных удобрений на агрохимические показатели плодородия почвы;
- оценка динамики основных макроэлементов и особенности накопления валового содержания и подвижных форм цинка (Zn), свинца (Pb), марганца (Mn), меди (Cu), железа(Fe) и кадмия (Cd) в пахотном горизонте.

Условия и материалы исследований.

Исследования по изучению влияния на агрохимические свойства чернозема солонцеватого комплексных гранулированных органоминеральных удобрений на основе навоза КРС на посевах нута в условиях лесостепи среднего Поволжья проводились на поле в ФГБОУ ВО Самарский ГАУ в Кинельском районе, который располагается в центральной зоне Самарской области, на водоразделе рек Большой Кинель и Сок.

Центральная климатическая зона области имеет 1,2 млн. га используемых под пашню. Среднегодовая температура воздуха по результатам многолетних наблюдений составляет +3,2-3,6°C. Сумма активных температур 2500-2700°C. Годовая сумма осадков равна 350-400 мм. Гидротермический коэффициент соответствует значениям 0,7-0,8. В весенней период запасы продуктивной влаги в почве могут достигать 125-150 мм. Безморозный период насчитывает от 144 до 152 дней [7, 1].

Объектом исследований был почвенный комплекс, расположенный согласно почвенной карты, на используемом участке поля для проведения опыта, в состав которого вошел почвенный комплекс из: лугово – черноземной карбонатной остаточной – солонцеватой малогумусной среднетяжелой легкоглинистой почвы и солонца лугово – черноземного солончакового среднетяжелого среднетяжелого среднетяжелого мелкого легкоглинистого.

Закладывался опыт в трехкратной повторности, размер делянок 5*30 м, учетная площадь 100м², расположение вариантов рендомизированное.

На опытные делянки вносили комплексное гранулированное органоминеральное удобрение (ОМУ) аналог сульфаммофос NP(S) 20:20(14) и минеральное удобрения (МУ) – сульфаммофос NP(S) 20:20(14) в норме 100 кг/га д.в. После внесения удобрений проводилась культивация для заделки их в почву и борьбы с сорняками. Посев нута сорта Приво 1, нормой высева 160 кг/га (0,64 мил. шт./га) был проведен на поле следом.

Исследования гранулированных органоминеральных удобрений показали, что они обладают таким важным свойством, как пролонгированность действия.

Питательные вещества, высвобождающиеся из гранул удобрения, поэтапно обеспечивают потребности культуры по фазам развития. В почвенный раствор попадают макроэлементы, количество которых поддерживает комфортную для растений концентрацию, исключает передозировку и ожоги корневых волосков. Такое действие органоминеральных удобрений может сократить подкормки растений и затраты на их проведение. Гранулированные органоминеральные удобрения приводят к сокращению непродуктивных потерь и повышению коэффициента усвоения питательных элементов. Азот из ОМУ переходит в обменную форму, фиксируется в корнеобитаемом слое и не мигрирует вглубь почвы. Ион калия подвергается вымыванию значительно меньше. Фосфор из минеральных удобрений высвобождается медленно, может переходить в трудно растворимые соединения, из органоминеральных он более доступен. Поэтому, элементы, входящие в состав ОМУ, усваиваются растениями на 90-95%. Органическая составляющая из органоминеральных удобрений разрыхляет почву, что положительно влияет на её физические характеристики, а также на водно-воздушный режим и структуру [1, 4, 3].

Результаты и их обсуждение.

Агрохимический анализ почвы с опытного участка показал, что прибавка органического вещества после применения гранулированного органоминерального удобрения – аналог сульфаммофос в норме 100 кг/га д.в. составила 0,05% (табл. 1).

Показатель pH используется для определения степени кислотности почв и играет важную роль, поскольку от него зависит относительная доступность питательных веществ. pH водный на образцах почвы с контроля имел значение 8,7 ед. На участках с удобрениями, pH почвы уменьшился на 0,9 ед. после применения органоминеральных и на 0,4 ед. после применения минеральных удобрений. Можно отметить, что уменьшение кислотности может отразиться на качестве питания растений в положительную сторону.

Валовое содержание азота в почве на вариантах с внесением МУ и ОМУ увеличилось. Так на делянках с ОМУ оно составило 0,47%, а на делянках с МУ – 0,45%.

Применение органоминеральных удобрений повысило значение общего азота в почве на 0,5%, а минеральных – на 0,2% по отношению к контролю.

Растения легко усваивают необходимое количество фосфора из удобрений. Количество подвижного фосфора способного растворяться в почвенном растворе и усваиваться растениями, после внесения удобрений существенно увеличилось, по сравнению с контрольными

данными. Так в делянках, где применялись органоминеральные удобрения содержание подвижных форм фосфора составило 62,9 мг/кг, а в почвах с внесением минеральных удобрений – 83,0 мг/кг

Изучаемые удобрения являются серосодержащими, поэтому использование аналог сульфоаммофос (ОМУ) увеличило показатель серы (S) в почве до 6,9 мг/кг, что на 4,2 мг/кг больше контрольных показателей и на 1,3 мг/кг выше значений варианта с сульфоаммофосом (МУ).

Таблица 1

Агрохимические показатели чернозема солонцеватого при внесении минеральных и органоминеральных удобрений

№	Показатель	Вариант		
		Контроль	МУ	ОМУ
1	Подвижный фосфор, мг/кг	41,4	83,0	62,9
2	Органическое вещество(гумус), %	4,10	4,10	4,15
3	Сера, мг/кг	2,7	5,6	6,9
4	Валовый азот, %	0,32	0,45	0,47
5	pH водн.	7,4	7,3	7,1
6	pH сол.	8,7	8,3	7,8
7	Общий азот, %	0,16	0,18	0,21
8	Подвижный калий, мг/кг	59,2	92,3	61,7
9	Натрий Na ⁺ , мМоль/100 г	6,3	6,0	5,8
10	Магний Mg ²⁺ , мМоль/100 г ¹	0,10	0,3	0,9
11	Кальций Ca ²⁺ , мМоль/100 г ¹	0,35	0,66	1,33
12	Хлориды Cl ⁻ , мМоль/100 г ¹	23,74	18,94	19,53
13	Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мМоль/100 г	0,56	0,99	0,77

Таким образом, агрохимические исследования на опытном участке позволяют сделать вывод, что внесение органоминеральных удобрений увеличивает значение показателей содержания питательных веществ в почве по отношению к контролю и влияет на кислотность, уменьшая этот показатель на 10,3%.

Валовое содержание тяжелых металлов в почве является показателем общей ее загрязненности, а подвижные формы, характеризуются доступность для растений и являются важным экологическим показателем [5].

Согласно проведенным анализам почвенных образцов с опытного поля, показатели тяжелых металлов не превышали предельно допустимых и фоновых значений.

В образцах почвы с опытного участка определялась концентрация элементов: кадмий (Cd), свинец (Pb), цинк (Zn), медь (Cu), марганец (Mn) и железо (Fe). Были определены валовое содержание и подвижные их формы, в сравнение с ориентировочно допустимыми и предельно допустимыми концентрациями.

Во всех отобранных образцах по полученным данным содержание валового и подвижного кадмия (Cd) составило <1,0 мг/кг (табл. 2, 3).

Валовое содержание свинца (Pb) на вариантах с применением ОМУ оказалось на 0,6 мг/кг больше контрольных показателей и на 1,1 мг/кг больше, чем на вариантах с применением МУ. Показатели подвижной формы свинца (Pb) в опыте по отношению к вариантам без удобрений снизились на 0,1 мг/кг после ОМУ и на 0,6 мг/кг после применения МУ.

Агрохимический анализ почвы показал, что после внесения изучаемых форм удобрений было зафиксировано снижение валового содержания цинка (Zn) на 16,7% в вариантах с минеральными и на 17,8% в вариантах с органоминеральными удобрениями. Повышение на 0,6 мг/кг подвижной формы цинка (Zn) наблюдалось на вариантах с применением ОМУ.

Минеральные удобрения на опытном участке способствовали снижению валового содержания меди (Cu) на 5,9 мг/кг и подвижной формы меди (Cu) в почве на 0,4 мг/кг. ОМУ так

же способствовали снижению валового содержания меди (Cu) на 34,9%, но повысили показатель подвижной ее формы на 18%.

Применение органоминерального удобрения в 1,7 раза уменьшило валовое содержание марганца (Mn) в почве, но повысило подвижные формы тяжелого металла на 97 мг/кг. Подвижные формы марганца (Mn) в вариантах с минеральным удобрением увеличились на 6 мг/кг.

Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов в черноземе солонцеватом при внесении минеральных и органоминеральных удобрений, мг/кг

№	Вариант	Показатель					
		Cd (1)*	Pb (65)*	Zn (110)*	Cu (66)*	Mn (1500)*	Fe
1	Контроль (без удобрений)	<1,0	2,2	18,0	12,9	762,0	4999
2	МУ	<1,0	1,7	15,0	7,0	487,0	3080
3	ОМУ	<1,0	2,8	14,8	8,4	452,0	5000
ФОН		<1,0	<1,0	10,9	9,4	310,0	2294
ПДК		2,0	30,0	100,0	55,0	1500	-

Примечание: *ГН 2.1.7.2511–09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве».

Таблица 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в черноземе солонцеватом при внесении минеральных и органоминеральных удобрений, мг/кг

№	Вариант	Показатель					
		Cd (1)*	Pb (65)*	Zn (110)*	Cu (66)*	Mn (1500)*	Fe
1	Контроль (без удобрений)	<1,0	2,2	7,4	2,2	263,0	2517
2	МУ	<1,0	1,6	6,1	1,7	257,0	1064
3	ОМУ	<1,0	2,1	8,0	2,6	360,0	2543
ФОН		<1,0	1,8	5,6	1,36	249,0	1905
ПДК		0,1	6,0	23,0	3,0	140,0	-

Более всего на показатели валового содержания и подвижных форм железа (Fe) в почве повлияло внесение минерального удобрения. Валовое содержание железа (Fe) по результатам анализа уменьшилось на 1919 мг/кг, что составило 38% от контрольных показателей, подвижные формы железа (Fe) снизились на 58%. Внесение ОМУ способствовало снижению подвижных форм железа (Fe) всего на 1%, а валового содержания – на 1мг/кг.

Заключение. Установлено, что применение комплексного гранулированного органоминерального удобрения на основе навоза КРС, способствовало снижению значений рН почвенного раствора на 0,9 единиц, увеличению показателей содержания серы на 4,2 мг/кг, валового азота на 0,15%, и на 0,5 % общего азота в почве. Показатели тяжелых металлов не превышали предельно допустимых и фоновых значений. На фоне внесения минеральных удобрений снижалось валовое содержание и значения подвижной формы всех изученных тяжелых металлов. При действии органоминеральных удобрений увеличивалась концентрация валового свинца на 0,6 мг/кг, подвижных форм цинка - на 0,6 мг/кг, меди - на 0,4мг/кг, марганца – на 97 мг/кг, железа – на 26 мг/кг. В жизнедеятельности растений цинк, медь, марганец и железо при низком их значении, не превышающим ПДК, необходимы и рассматриваются как эссенциальные.

Список источников

1. Агроэкологические аспекты органоминеральной системы удобрений в агроценозах картофеля / Г. И. Чернякова, Н. М. Троц, Е. П. Цирулев [и др.]. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2022. 143 с.
2. Троц Н. М., Орлов С. В., Герасимов Е. С., Бокова А. А. Накопление пожнивных и корневых остатков в севооборотах при применении технологии No-till в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 25-31.
3. Патент № 2790681 С1 Российская Федерация, МПК А01G 22/20, А01С 21/00, С05F 11/08. Способ возделывания яровой пшеницы и ярового ячменя с внесением органоминеральных удобрений: № 2022115955: заявл. 14.06.2022: опубл. 28.02.2023 / Н. М. Троц, Д. В. Виноградов, А. В. Замура [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет".
4. Троц Н. М., Соловьев А. А., Боровкова Н. В. Влияние органоминеральной подкормки на урожайность лука при выращивании на орошении в условиях степной зоны среднего Поволжья // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. тр. Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2022. С. 13-16.
5. Троц Н. М., Черняков А. И. Особенности накопления тяжелых металлов перспективными сортами картофеля, возделываемыми в южной зоне Самарской области // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 17-21.
6. Чекмарев П. А., Обущенко С. В., Троц Н. М. Влияние системного применения минеральных удобрений на содержание гумуса в черноземе обыкновенном // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 32-34.
7. Троц Н. М., Чернякова Г. И., Ишкова С. В., Батманов А. В. Экологическая устойчивость в посевах основных групп сельскохозяйственных культур в Самарской области // Аграрная Россия. 2017. № 5. С. 38-44.

References

1. Chernyakova, G. I., Trots, N.M., Tsirolev, E.P. (2022) Agroecological aspects of the organomineral fertilizer system in potato agrocenoses. Kinel: Samara State Agrarian University, 143 p. (in Russ.).
2. Trots, N.M., Orlov S.V., Gerasimov, E.S., Bokova, A.A. (2023). Accumulation of crop and root residues in crop rotations using No-till technology in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 1, 25-31. (in Russ.).
3. Trots, N.M., Vinogradov, D.V., Mazura, A.V., Patent No. 2790681 C1 Russian Federation, IPC A01G 22/20, A01C 21/00, C05F 11/08. Method of cultivation of spring wheat and spring barley with the introduction of organic fertilizers: No. 2022115955: application 06/14/2022: published 02/28/2023 / applicant Federal State budgetary educational institution of higher Education "Samara State Agrarian University". (in Russ.).
4. Trots, N. M., Solovyov, A.A., Borovkova, N.V. (2022). The influence of organomineral top dressing on onion yield when grown under irrigation in the conditions of the steppe zone of the Middle Volga region// Innovative achievements of science and technology of the agroindustrial complex. *Collection of scientific papers* – Kinel: : Samara State Agrarian University – pp. 13-16. (in Russ.).
5. Trots, N. M., Chernyakov, A.I. (2013). Features of accumulation of heavy metals by promising potato varieties cultivated in the southern zone of the Samara region // *Izvestiya Samara State Agricultural Academy*, 4, 17-21. (in Russ.).
6. Chekmarev, P. A., Obushchenko, S.V., Trots, N.M. (2013). The effect of the systemic use of mineral fertilizers on the humus content in ordinary chernozem. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*, 6, 32-34. (in Russ.).

7. Trots, N.M., Chernyakova, G.I., Ishkova, S.V., Batmanov, A.V. (2017). Ecological sustainability in crops of the main groups of agricultural crops in the Samara region. *Agrarian Russia*, 5, 38-44. (in Russ.).

Информация об авторах

Е.Е. Суворов – аспирант.

Information about the authors

E.E. Suvorov – postgraduate student.

Вклад авторов:

Е.Е. Суворов – написание статьи.

Contribution of the authors:

E.E. Suvorov – writing an article.

Тип статьи: научная

УДК 633.152.47

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛИЗАТА МИСКАНТУСА
НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ**

Валерия Витальевна Теселкина¹, Елена Владимировна Калюта²

^{1,2}Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул

¹ teslerohka.lt@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-4041-5489>

² kalyuta75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5494-1354>

Описано влияние гидролизата мискантуса на прорастание семян пшеницы сорта Уралсибирская. Установлено, что данный препарат при степени разбавления 1:1000 проявляет росторегулирующие свойства и оказывает наибольшее положительное влияние на биометрические показатели (длину проростков и корней) семян пшеницы, выдержанных в исследуемом растворе в течение 12 часов.

Ключевые слова: мискантус, гидролиз, азотная кислота, пшеница, росторегулирование, биометрические показатели.

Для цитирования: Теселкина В. В., Калюта Е. В. Влияние гидролизата мискантуса на прорастание семян пшеницы // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 177-181.

**INFLUENCE OF MISCANTHUS HYDROLYZATE
ON SEED GERMINATION WHEAT**

Valeria V. Teselkina¹, Elena V. Kalyuta²

^{1,2}Altai State Agricultural University, Barnaul

¹teslerohka.lt@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-4041-5489>

²kalyuta75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5494-1354>

The effect of miscanthus hydrolyzate on the germination of wheat seeds of the Uralsibirskaya variety is described. It has been established that this drug, at a dilution rate of 1:1000, exhibits growth-regulating properties and has the greatest positive effect on the biometric indicators (length of sprouts and roots) of wheat seeds kept in the test solution for 12 hours.

Keywords: miscanthus, hydrolysis, nitric acid, wheat, growth regulation, biometric indicators.

For citation: Teselkina, V.V., Kalyuta, E.V. (2024). Influence of miscanthus hydrolyzate on seed germination Wheat. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 177-181. (in Russ.).

В современном мире вопросы экологии и устойчивого развития сельского хозяйства становятся все более актуальными. Для обеспечения продовольственной безопасности и удовлетворения потребностей растущего населения необходимо разрабатывать и внедрять инновационные подходы к использованию природных ресурсов, в частности, в области биоэнергетики и переработки отходов. В первую очередь это касается технологии выращивания пшеницы как самой распространенной злаковой культуры. Пшеница выращивается по всему миру и по объему посевных площадей занимает второе место после кукурузы. Она служит основным источником растительного белка в рационе человека и считается стратегическим продовольственным продуктом во многих странах [1-4].

Мискантус – это многолетнее растение, которое активно используется в качестве альтернативного источника энергии из-за его высокой продуктивности и способности накапливать большое количество биомассы. Гидролиз мискантуса представляет собой процесс расщепления его биомассы с помощью воды для получения биогаза и других ценных для химической промышленности продуктов [5]. В настоящее время гидролизат этих производств нигде не используется, хотя его образуется в 20 раз больше, чем целевого твердого продукта [6].

Целью данной научной статьи является изучение влияния гидролизата мискантуса на прорастание семян пшеницы, что может иметь важное значение для разработки эффективных методов использования мискантуса в сельском хозяйстве и экономике в целом.

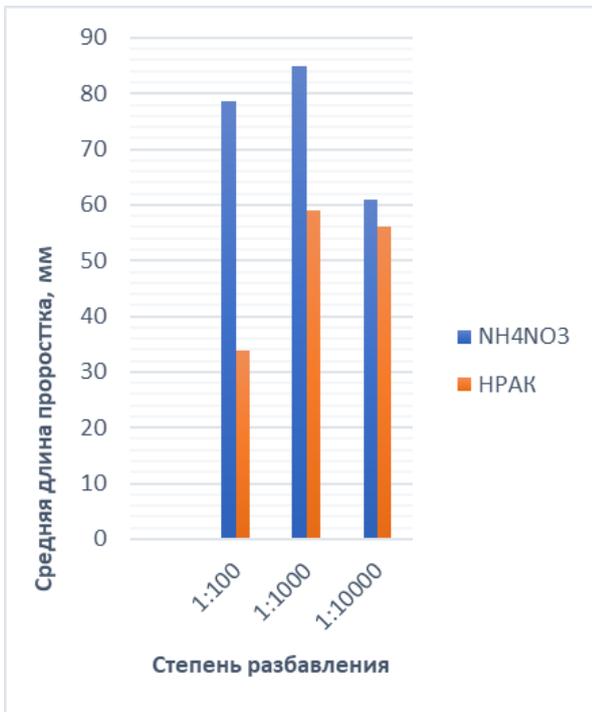
Материалы и методы исследований

Объектом исследования является гидролизат мискантуса, который представляет собой нейтрализованную гидроксидом аммония жидкую фазу после кислотной варки 4% раствором азотной кислоты. Он был предоставлен сотрудниками ИПХЭТ СО РАН (г. Бийск) (далее гидролизат НРАК) и имел следующий химический состав: сухих веществ – 4,54%, в том числе: нитрата аммония – 2,67%, лигнина – 0,6%, восстанавливающих сахаров – 1,13% (в том числе глюкозы – 0,17%), зольность – 0,14%. Рострегулирующая активность препарата исследована при степенях разбавления 1:100, 1:1000, 1:10000. В качестве контроля использована дистиллированная вода, в качестве раствора сравнения – 2,67%- ный раствор нитрата аммония NH_4NO_3 в тех же степенях разбавления.

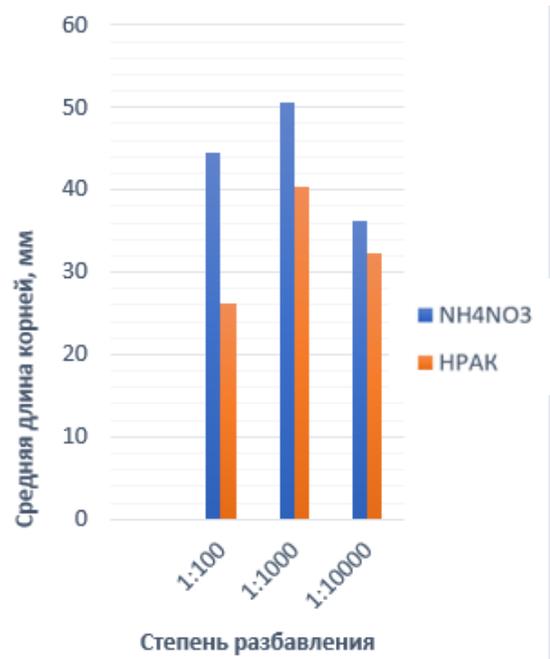
Семена перед проведением исследования замачивали в растворах препаратов на 2 и 12 часов. Проращивание осуществляли с использованием фильтровальной бумаги в соответствии с требованиями ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Набухшие семена раскладывали на двух слоях увлажненной бумаги в чашках Петри. Опыты проведены в 4-х повторениях и обработаны статистически.

Результаты исследования

Опытные данные по влиянию различных препаратов на биометрические показатели семян пшеницы представлены на рисунках 1-3.

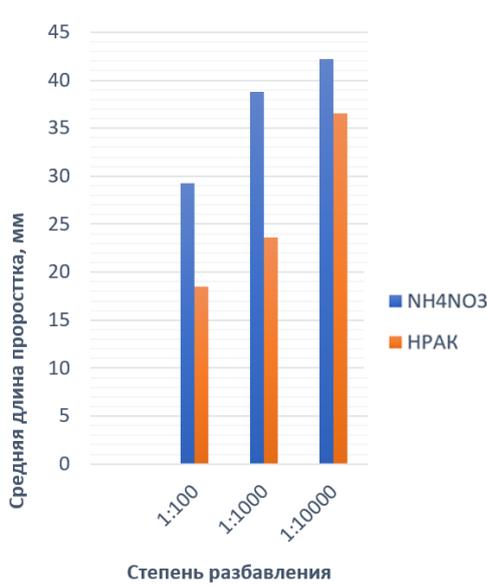


а) (контроль – 56,7 мм)

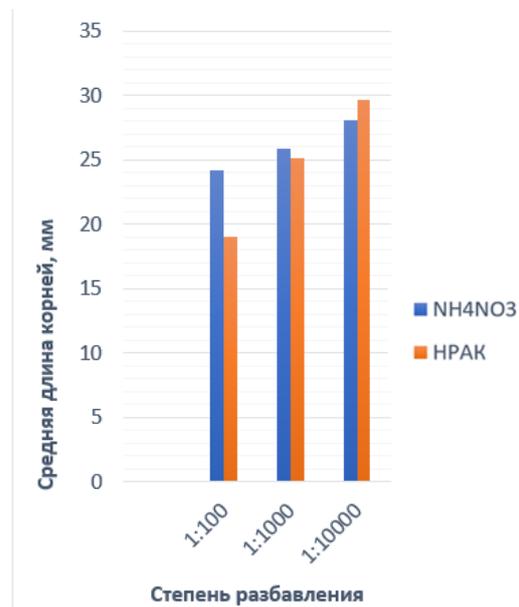


б) (контроль – 31,2 мм)

Рис. 1 Влияние различных препаратов на биометрические показатели проросших семян пшеницы сорта Уралсибирская (замачивание 2 ч): а - проростков, б – корней



а) (контроль – 41,8 мм)



б) (контроль – 29,1 мм)

Рис. 2 Влияние различных препаратов на биометрические показатели проросших семян пшеницы сорта Уралсибирская (замачивание 12 ч): а - проростков, б - корней



Рис. 3 Состояние проросших семян пшеницы сорта Уралсибирская на 7 день эксперимента (замачивание 12 ч в препаратах НРАК). Слева направо: контроль, препарат 1:100, препарат 1:1000, препарат 1:10000

Обсуждение результатов. В результате проведенных исследований было установлено, что обработка семян пшеницы препаратом НРАК при разбавлении 1:1000 и замачивании на 12 часов способствует увеличению длины корней и высоты ростков по сравнению с контролем и раствором сравнения на 38% и 26%, соответственно.

Таким образом, нейтрализованный гидроксидом аммония раствор азотной кислоты, полученный после обработки мискантуса, обладает рострегулирующей активностью и может быть использован в качестве биопрепарата для стимуляции роста растений.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования нейтрализованного гидроксидом аммония раствора азотной кислоты в качестве стимулятора роста растений и указывают на необходимость дальнейших исследований в этой области.

Список источников

1. Самойлов Л. Н., Чернова Л. С., Трушкин С. В. Комплекс факторов, влияющих на производство и качество зерна пшеницы // Плодородие. 2018. № 6(105). С. 12-16. doi:10.25680/S19948603.2018.105.04.
2. Иванченко Т. В., Игольникова И. С. Влияние регуляторов роста на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1(49). С. 101-108. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108.
3. Мальцев М. И., Калюта Е. В., Базарнова Н. Г., Маркин В. И. Влияние препаратов, карбоксиметилированного растительного сырья, на рост и развитие яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 12 (194). С. 39 – 45.
4. Калюта Е. В., Мальцев М. И., Маркин В. И., Машкина Е. И. Влияние препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья на ростовые процессы, урожайность и биохимические показатели зерна пшеницы // Химия растительного сырья. 2021. №2. С. 361–368. doi: 10.14258/jcprgm.2021029732
5. Шавыркина Н. А., Гисматулина Ю. А., Будаева В. В. Перспективы химической и биотехнологической переработки мискантуса // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. N 3. С. 383–393. doi:10.21285/2227-2925-2022-12-3-383-393.
6. Shavyrkina, N. A.; Budaeva, V. V.; Skiba, E. A.; Gismatulina, Y. A.; Sakovich, G. V. Review of Current Prospects for Using Miscanthus-Based Polymers. *Polymers* 2023. 15. 3097.

References

1. Samoilov, L. N., Chernova, L. S. & Trushkin, S. V. (2018). Complex of factors affecting the production and quality of wheat grain. *Fertility*, 6(105), 12-16 (in Russ.). doi:10.25680/S19948603.2018.105.04.

2. Ivanchenko T. V. & Igolnikova I. C. (2018). The influence of growth regulators on the productivity and quality of winter wheat grain in the conditions of the Lower Volga region. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education*, 1(49), 101-108. (in Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108.

3. Maltsev M. I., Kalyuta E. V., Bazarnova N. G. & Markin V. I. (2020). Influence of preparations, carboxymethylated vegetable raw materials, on the growth and development of spring wheat. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 12 (194), 39-45. (in Russ.).

4. Kalyuta, E. V., Maltsev, M. I., Markin, V. I. & Mashkina E. I. (2021). Influence of preparations obtained from carboxymethylated vegetable raw materials on growth processes, yield and biochemical parameters of wheat grain. *Chemistry of vegetable raw materials*, 2, 361-368 (in Russ.). doi: 10.14258/jcprm.20210297326.

5. Shavyrkina, N. A., Gismatulina, Yu. A., Budaeva, V. V. (2022). Prospects for chemical and biotechnological processing of miscanthus *News of universities. Applied chemistry and bio-technology*, 3, 383–393. (in Russ.). doi:10.21285/2227-2925-2022-12-3-383-393.

6. Shavyrkina, N. A.; Budaeva, V. V.; Skiba, E.A.; Gismatulina, Y. A.; Sakovich, G.V. (2023). Review of Current Prospects for Using Miscanthus-Based Polymers. *Polymers*, 15, 3097.

Информация об авторах

Е. В. Калюта – кандидат химических наук, доцент;

В. В. Теселкина – студент.

Information about the authors

E. V. Kalyuta – Candidate of Chemical Sciences, docent;

V. V. Teselkina – student.

Вклад авторов:

Е. В. Калюта – научное руководство;

В. В. Теселкина – написание статьи.

Contribution of the authors:

E. V. Kalyuta – scientific management;

V. V. Teselkina – writing articles.

Тип статьи: дискуссионная

УДК 631.53.01:631.8(571.150)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЛИЗАТА МИСКАНТУСА В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ

Валерия Витальевна Теселкина¹, Елена Владимировна Калюта²

^{1,2}Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул

¹teslerohka.lt@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-4041-5489>

²kalyuta75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5494-1354>

В статье на основе данных химического анализа дана оценка возможности применения гидролизата мискантуса в качестве инновационного регулятора роста растений.

Ключевые слова: мискантус, гидролизат, азотная кислота, органоминеральные удобрения, регуляторы роста.

Для цитирования: Теселкина В. В., Калюта Е. В. Перспективы использования гидролизата мискантуса в качестве регулятора роста растений // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 181-184.

PROSPECTS FOR USING MISCANTHUS HYDROLYZATE AS A PLANT GROWTH REGULATOR

Valeria V. Teselkina¹, Elena V. Kalyuta²

^{1,2}Altai State Agricultural University, Barnaul

¹teslerohka.lt@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-4041-5489>

²kalyuta75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5494-1354>

The article, based on chemical analysis data, assesses the possibility of using miscanthus hydrolyzate as an innovative plant growth regulator.

Key words: miscanthus, hydrolyzate, nitric acid, organomineral fertilizers, growth regulators.

For citation: Teselkina, V. V., Kalyuta, E. V. (2024). Prospects for using miscanthus hydrolyzate as a plant growth regulator. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 181-184. (in Russ.).

Многие процессы жизнедеятельности растений регулируются фитогормонами путем ускорения деления клеток или их растяжения в длину. Они помогают растению быстрее развиваться, цвести и лучше плодоносить. Вырабатываемые растениями фитогормоны делятся на 4 основных группы: ауксины, гиббереллины, цитокинины, брассины (брасиностероиды). Наиболее популярны препараты на основе гиббереллиновых и гуминовых кислот, отличительной чертой которых является способность к стимуляции корнеобразования [1]. Но не всегда собственных фитогормонов растению бывает достаточно для раскрытия генетического потенциала. Чтобы "помочь" ему лучше расти и развиваться, применяют их синтезированные аналоги - регуляторы роста растений [2]. «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» все регуляторы роста растений подразделяет на три группы зависимости от класса действующего вещества:

1. Фитогормональные (на основе природных фитогормонов, их синтетических аналогов и антагонистов).

2. На основе негормональных действующих веществ с различной биологической активностью.

3. На основе продуктов микробиологического синтеза.

Регуляторы роста помогают одним частям растения развиваться быстрее других, что позволяет агрономам увеличивать продуктивность культурных растений и улучшать качество урожая. Поэтому поиск новых эффективных средств, влияющих на рост и развитие растений, является актуальной задачей для аграриев.

Цель работы: на основе данных химического анализа оценить возможность применения гидролизата мискантуса в качестве инновационного регулятора роста растений.

В настоящее время биомасса мискантуса во всем мире рассматривается как перспективное возобновляемое биоэнергетическое сырье из-за ее высокой урожайности (до 40 т/га посевной площади). Из мискантуса можно получать широкий круг высокоценных веществ: целлюлозу и ее нитраты, бумагу, этилен, гидроксиметилфурфурол, фурфурол, фенолы и др. [3]. В ИПХЭТ СО РАН (г. Бийск) впервые предложено новое направление переработки биомассы растений с целью получения целлюлозы, включающего кислотную обработку разбавленным раствором азотной кислоты. При этом образуется две фракции: жидкая – органоминеральное удобрение и твердая – продукт, обогащенный целлюлозой [4]. В процессе варки про-

исходит гидролиз главным образом гемицеллюлоз мискантуса, которые разрушаются до различных сахаров. Лигнин нитруется, частично разрушается и переходит в раствор. В технологическом процессе кислотной варки образуется в 20 раз больше жидкой фазы (побочный продукт), чем целевой твердый остаток. Эти сточные воды содержат различные биологически активные органические и минеральные вещества, поэтому рациональнее найти для них целевое применение, например, использовать их в сельском хозяйстве в качестве регуляторов роста растений.

После воздействия азотной кислоты на мискантус необходима щелочная обработка для перевода нитролигнина в раствор. Нейтрализованный гидроксидом аммония раствор азотной кислоты после обработки мискантуса по данным ИПХЭТ СО РАН имеет следующий химический состав: сухих веществ – 4,54%, в том числе: нитрата аммония – 2,67%, лигнина – 0,6%, восстанавливающих сахаров – 1,13% (в том числе глюкозы – 0,17%), зольность – 0,14%.

Образующийся в процессе нейтрализации нитрат аммония является нитратным удобрением, широко применяемым в сельском хозяйстве для повышения полевой всхожести семян, урожайности и качества продукции. Использование аммиачной селитры при выращивании, например, пшеницы увеличивает содержание клейковины и белка в зерне [5]. Максимальная продуктивность зернового сорго, сахарного сорго, кукурузы на зеленую массу достигается при совместном применении минеральных азотных удобрений и гуминовых препаратов, в состав которых входит лигниноподобные вещества [6]. Проращивание семян сои в растворах сахаров (моно- и дисахаридов) оказывает положительное воздействие на длину и массу проростков, т.е также ускоряет ростовые процессы [7].

Таким образом, жидкая фаза (гидролизат), образующая при кислотной варке мискантуса, может проявлять росторегулирующие свойства по отношению к сельскохозяйственным растениям после нейтрализации раствором аммиака.

Список источников

1. Нугманова Т. А., Грушина О. А., Сорокопудов В. Н. Использование биопрепаратов для растениеводства // Успехи современной науки. 2016. Т. 5. № 10. С. 128-130.
2. Калюта Е.В., Мальцев М.И., Маркин В.И., Машкина Е.И. Влияние препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья на ростовые процессы, урожайность и биохимические показатели зерна пшеницы // Химия растительного сырья. 2021. №2. С. 361–368.
3. Шавыркина Н. А., Гисматулина Ю. А., Будаева В. В. Перспективы химической и биотехнологической переработки мискантуса // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. N 3. С. 383–393.
4. Shavyrkina, N. A.; Budaeva, V. V.; Skiba, E.A.; Gismatulina, Y. A.; Sakovich, G. V. Review of Current Prospects for Using Miscanthus-Based Polymers. *Polymers* 2023. 15. 3097.
5. Ожередова А. Ю., Есаулко А. Н. Формирование планируемой урожайности озимой пшеницы на основе оптимизации минерального питания // Земледелие. 2019. № 7. С. 21-23.
6. Корсаков К. В., Семин Д. С., Асташов А. Н., Пронько В. В. Значение минеральных удобрений и препаратов на основе гуминовых кислот в повышении урожайности кормовых культур на почвах засушливого Поволжья (аналитический обзор) // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 19-22.
7. Подшивалова А. К., Чуринова Д. Н. Влияние сахаров на процессы прорастания семян сои сорта “Золотистая” // Вестник ИрГСХА. 2020. № 100. С. 52-60.

References

1. Nugmanova, T. A., Grushina, O. A., Sorokopudov, V. N. (2016). Use of biological products for crop production. *Advances in modern science*, 10, 128-130 (in Russ.).
2. Kalyuta, E. V., Maltsev, M. I., Markin, V. I. & Mashkina E. I. (2021). Influence of preparations obtained from carboxymethylated vegetable raw materials on growth processes, yield and biochemical parameters of wheat grain. *Chemistry of vegetable raw materials*, 2, 361-368 (in Russ.).

3. Shavyrkina, N. A., Gismatulina, Yu. A., Budaeva, V. V. (2022). Prospects for chemical and biotechnological processing of miscanthus *News of universities. Applied chemistry and bio-technology*, 3, 383–393. (in Russ.).

4. Shavyrkina, N. A.; Budaeva, V. V.; Skiba, E. A.; Gismatulina, Y. A.; Sakovich, G. V. (2023). Review of Current Prospects for Using Miscanthus-Based Polymers. *Polymers*, 15, 3097.

5. Ozheredova, A. Yu., Esaulko, A. N. (2019). Formation of the planned yield of winter wheat based on optimization of mineral nutrition *Agriculture*, 7, 21-23. (in Russ.).

6. Korsakov, K. V., Semin, D. S., Astashov, A. N., Pronko, V. V. (2022). The importance of mineral fertilizers and preparations based on humic acids in increasing the yield of forage crops on soils of the arid Volga region (analytical review). *Agrarian scientific journal*, 3, 19-22. (in Russ.).

7. Podshivalova, A. K., Churinova, D. N. (2020). The influence of sugars on the processes of germination of soybean seeds of the “Zolotistaya” variety. *Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy*, 100, 52-60. (in Russ.).

Информация об авторах

Е. В. Калюта – кандидат химических наук, доцент;

В. В. Теселкина – студент.

Information about the authors

E. V. Kalyuta – Candidate of Chemical Sciences, docent;

V. V. Teselkina – student.

Вклад авторов:

Е. В. Калюта – научное руководство;

В. В. Теселкина – написание статьи.

Contribution of the authors:

E. V. Kalyuta – scientific management;

V. V. Teselkina – writing articles.

Тип статьи: научная

УДК 631.811

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Алёна Евгеньевна Циулина¹, Юлия Зуфаровна Чиняева²

^{1,2}ФГБОУ Южно-Уральский Государственный Аграрный университет. Институт агроэкологии, Троицк.

¹ciulina03@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4551-7030>

²chuz80@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

Представлены результаты исследований по определению влияния биопрепарата Grow-A на основе экстрактивных веществ на посевные качества семян твердой пшеницы сорта Марина.

Ключевые слова: биопрепараты, предпосевная обработка, экстрактивные вещества, семена, пшеница.

Для цитирования: Циулина А. Е., Чиняева Ю. З. Влияние биопрепаратов на основе экстрактивных веществ на посевные качества сельскохозяйственных культур // Вклад молодых ученых в аграрную науку: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 184-187.

THE EFFECT OF BIOPREPARATIONS BASED ON EXTRACTIVE SUBSTANCES ON THE SOWING QUALITIES OF AGRICULTURAL

Alyona E. Tsiulina¹, Julia Z. Chinyaeva²

^{1,2}South Ural State Agrarian University. Institute of Agroecology, Troitsk.

¹ciulina03@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4551-7030>

²chuz80@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-2969-5450>

A method for determining the effect of biopreparations based on extractive substances on the sowing qualities of agricultural crops is presented.

Keywords: biologics, pre-sowing treatment, extractive substances, seeds, wheat.

For citation: Tsiulina, A. E., Chinyaeva, Yu. Z. (2024). The influence of biopreparations based on extractive substances on the sowing qualities of agricultural crops. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 184-187. (in Russ.).

Посевные качества семян играют важную роль в достижении стабильного и высокого урожая. Для улучшения этих качеств в сельском хозяйстве необходимо использовать новые, экологически безопасные препараты на основе природных соединений. Одним из эффективных методов решения этой проблемы является обработка семян до посева для стимуляции роста и увеличения урожайности сельскохозяйственных растений с помощью современных биопрепаратов на основе экстрактов. Применение экстрактов растений в биологических препаратах представляет перспективный подход для повышения посевных качеств семян. Биологически активные вещества, содержащиеся в экстрактах растений, способны повышать ростовые свойства и всхожесть семян [1]. Однако применение препаратов на основе экстрактов хвойных растений до сих пор мало изучено и представляет актуальную тему исследований в настоящее время.

Гипотеза: при использовании биопрепаратов на основе экстрактивных веществ ожидается увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян от повышения дозы препарата и снижение инфицированности семян.

В качестве цели и задач были выбраны следующие пункты.

Цель: выявить эффект от применения препарата GroW-A на твердой пшеницы сорта Марина. Задачи: 1) изучить влияние препаратов на основе экстракта ели на посевные качества семян; 2) оценить ростовые показатели семян сорта Марина при использовании биопрепаратов.

В качестве метода исследования было выбрано определение лабораторной всхожести и энергии прорастания семян твердой пшеницы при проращивании в соответствии со схемой опыта. Повторность в опыте трехкратная.

Объектом исследования, на котором проводил опыт, была пшеница сорта Марина, так как данный сорт возделывается на территории Челябинской области, где и проводилось исследование. Произрастает этот сорт в различных регионах, при средней урожайности 18,6 центнера с гектара. Максимальная урожайность, достигла 52,1 центнера с гектара, была получена в Челябинской области. Вегетационный период для данного сорта составляет от 77 до 93 дней. Этот сорт пшеницы среднеустойчив к полеганию и засухе, однако немного подвержен заболеваниям, таким как бурая ржавчина, пыльная головня, мучнистая роса и септориоз. Сорт положительно реагирует на удобрения, регуляторы роста и качественную обработку почвы, что делает

его применимым для механизированного возделывания.[2] Также, макаронные качества этого сорта являются удовлетворительными.

Биопрепарат GroW-A на основе экстракта ели является идеальным средством для профилактики и борьбы с болезнями растений [3]. Кроме того, этот препарат отлично справляется со стрессом и действует как стимулятор роста, особенно во время пестицидных обработок. В составе GroW-A содержится экстракт древесной зеленой ели, который является источником природных фунгицидов – флавоноидов, необходимых для фотосинтеза растений [4]. Также в этом препарате присутствуют фитонциды – биологически активные вещества, образуемые растениями, которые подавляют рост и развитие бактерий и грибов, а также играют важную роль в иммунитете растений. Кроме того, GroW-A содержит витамины А и С, эфирные масла, микроэлементы и полисахариды [5].

В ходе исследований, проведена инокуляция, затем семена поставили на проращивание, данные по энергии прорастания и лабораторной всхожести представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние биопрепарата GroW-A на посевные качества семян твердой пшеницы сорта Марина

№ п/п	Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
1	Контроль	76	84
2	GroW-A 0,5	49	67
3	GroW-A 1	69	80
4	GroW-A 2	58	74

В результате представленного исследования, по изучению на посевные качества семян твердой пшеницы сорта Марина установлено, что рекомендуемая доза препарата GroW-A 1, способствовала повышению энергии прорастания до уровня близкого к контролю.

Увеличение дозы препарата в 2 раза в четвертом варианте привело к снижению энергии прорастания.

По показателям лабораторной всхожести с контрольным вариантом, исключением являлся GroW-A 0,5.

При предпосевной обработке семян пшеницы биопрепаратом GroW-A на основе экстрактивных веществ отмечено его стимулирующее действие на рост и развитие растений, данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Ростовые процессы семян твердой пшеницы сорта Марина

№ п/п	Вариант	Длина растений, см	Кол-во корней, шт.	Сумма длины корней, см	Масса проростков, г
1	Контроль	13,1	5,1	48,7	2,8
2	GroW-A 0,5	15,6	4,5	46,5	3,0
3	GroW-A 1	11,7	4,1	40,1	2,7
	GroW-A 2	17,2	5,5	46,7	2,0

Средняя длина растений повысилась на 2-4 см по сравнению с контролем. По среднему количеству корней значительных изменений не наблюдалось. Сумма длин корней уменьшилась при применении препарата. Масса проростков снизилась с повышением дозы препарата.

Таким образом, предпосевная обработка семян пшеницы биопрепаратом на основе экстрактивных веществ положительно влияет на активацию запасных питательных веществ в ходе прорастания, что способствует улучшению посевных качеств семян.

Список источников

1. Деркач А. А. Бобрешова, И. Ю. Биорегулятор роста нового поколения - Стимаклюр, действие на яровой ячмень в агроценозе Воронежской области // "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. С. 72-75.
2. Петенко А. И., Борисенко В. В., Жолобова И. С., Гнеуш А. Н. Влияние биогумата "ЭКОСС" и регуляторов роста на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Юка. // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 4-1 (26). С. 81-88.
3. Богуславская Н. В. Совместное применение биологических и физических методов защиты растений для повышения урожайности зерновых культур [Эффективность предпосевной обработки семян биопрепаратами растительного происхождения, постоянным магнитным полем и полем отрицательного коронного разряда в борьбе с грибными болезнями озимой пшеницы и ярового ячменя] // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2006 г.
4. Калганов А. А. Последствие органоминеральных удобрений на основе иловых осадков на урожайность кукурузы // Биология в сельском хозяйстве. 2018. № 1(18). С. 20-22.
5. Валиахметова, Ю. З., Вахитова Л. Ф. Продуктивность и азотфиксирующая способность многолетних бобовых трав при разных уровнях минерального питания на выщелоченных черноземах лесостепи Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 1(9). С. 29-32.

References

1. Derkach, A. A., Bobreshova, I. Y. (2023). Bioregulator of new generation growth - Stimaclore, actions on spring barley in the agrocenosis of the Voronezh region. *Scientific Publishing Center "Bulletin of Science"*, 72-75. (in Russ).
2. Petenko, A.I., Borisenko, V.V., Zholobova, I.S., Gneush, A.N. (2017). Influence of ECOSS biohumate and growth regulators on yield and grain quality of winter wheat of the Yuka variety. *Bulletin of the Don State Agrarian University*, 4-1 (26), 81-88. (in Russ).
3. Boguslavskaya, N. V. (2006). Joint application of biological and physical methods of plant protection to increase the yield of grain crops [Effectiveness of pre-sowing seed treatment with biological products of plant origin, permanent magnetic field and negative corona discharge field in the fight against fungal diseases of winter wheat and spring barley]. *Environmental safety in agriculture. Abstract journal*. (in Russ).
4. Kalganov, A. A. (2018). The aftereffect of organomineral fertilizers based on silt sediments on corn yield. *Biology in agriculture*, 1(18), 20-22. (in Russ).
5. Valiakhmetova, Yu. Z., Vakhitova, L. F. (2006). Productivity and nitrogen-fixing ability of perennial legumes at different levels of mineral nutrition on leached chernozems of the Trans-Urals forest-steppe. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 1(9), 29-32. (in Russ).

Информация об авторах:

Ю. З. Чиняева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

А. Е. Циулина – студент.

Information about the authors:

Y. Z. Chinyaeva – Candidate of Agricultural Sciences, docent;

A. E. Tsiulina – student.

Вклад авторов:

Ю. З. Чиняева – научный руководитель;

А. Е. Циулина – написание статьи.

Contribution of the authors:

Y. Z. Chinyaeva – scientific supervisor;

A. E. Tsiulina – writing the article.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Анна Сергеевна Шкуркина

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, Рязань
anna.agroeco@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1817-5193>

В статье кратко изложены исследования по продуктивности озимой ржи в зависимости от сроков внесения доз минеральных удобрений в условиях Нечерноземной зоны России.

Ключевые слова: озимая рожь, минеральные удобрения, сроки внесения, урожайность, качественные показатели зерна

Для цитирования: Шкуркина А. С. Урожайность и качество зерна озимой ржи в зависимости от сроков внесения минеральных удобрений // Пухотинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 188-191.

YIELD AND QUALITY OF WINTER RYE GRAIN DEPENDING ON THE TIMING OF MINERAL FERTILIZATION

Anna S. Shkurkina

Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev, Ryazan
anna.agroeco@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1817-5193>

The article summarizes the research on the productivity of winter rye depending on the timing of the application of doses of mineral fertilizers in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia.

Keywords: winter rye, mineral fertilizers, application time, yield, grain quality indicators

For citation: Shkurkina, A.S. (2024). Yield and quality of winter rye grain depending on the timing of fertilization. Pukhotin readings: *collection of scientific tr.* Kinel: IBC Samara State University, 2024. P. 188-191.

Введение. Получить высокие и устойчивые урожаи почти всех сельскохозяйственных культур невозможно без хорошей обеспеченности почв элементами питания, при котором требуется комплексный подход в разработке систем питания и агротехнических мероприятий по оптимальным срокам, нормам внесения и видам удобрений [1-3].

Как показывает анализ использования минеральных удобрений под озимые зерновые культуры, внесение их происходит недостаточно [5, 6]. В настоящее время внесение происходит малыми дозами в различные сроки, часто удовлетворяя потребность посевов лишь на 50-70% от требуемого количества. Используя рядковое внесение при посеве, исключаются ранневесенние подкормки, и более поздние подкормки по вегетации в технологии выращивания озимой ржи [4].

Для озимой ржи важно, чтобы растения в период кущения, когда идет закладка зачатков будущего урожая, были хорошо снабжены питательными элементами. На дерново-подзолистых почвах с их невысоким почвенным плодородием, прежде всего азотом и фосфором, озимая рожь часто испытывает существенный недостаток в данных элементах практически с начала развития [7].

Условия и методика исследований. Для выявления оптимальных сроков внесения минерального азотного удобрения под озимую рожь были проведены исследования в 2022 году в условиях Московской области.

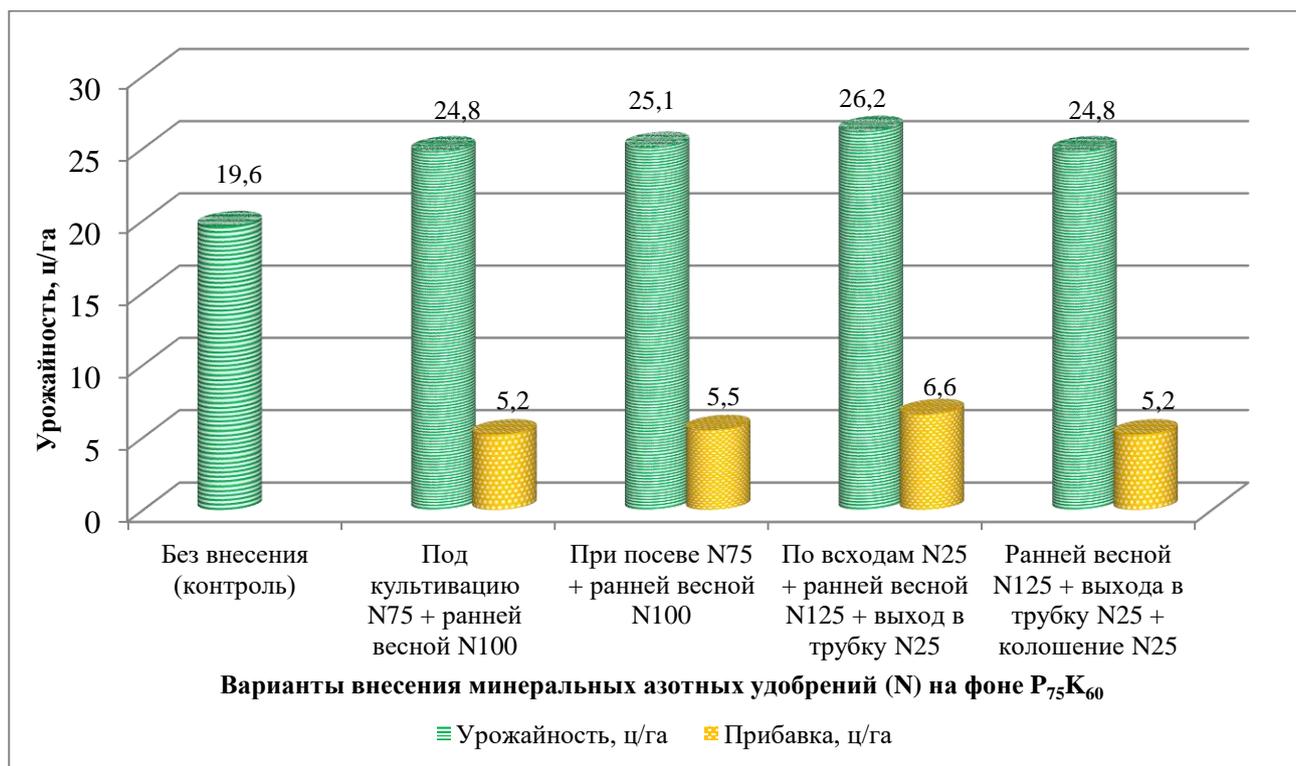
Цель исследований – изучение взаимосвязи между накоплением сухого вещества, качественных показателей зерна при различных сроках внесения минеральных удобрений в условиях Нечерноземья.

Объекты исследований – дерново-подзолистая почва, озимая рожь гибрида первого поколения ЗУ Форзетти.

Предшественником озимой ржи был горох на зерно. Агротехнические операции – общепринятые для зоны. Срок посева – 5 сентября, глубина заделки семян 4-5 см, норма высева – 2,5 млн. шт./га. Расчетная доза минеральных удобрений на планируемую урожайность в 2,5 т/га семян составила – $N_{175}P_{75}K_{60}$. Фосфорно-калийные удобрения вносили фоном по всем вариантам, в том числе и на контроле, под предпосевную культивацию. Азотные удобрения в форме аммиачной селитры согласно схеме: 1) без внесения азотных удобрений (контроль); 2) внесение под культивацию в дозе N_{75} + ранней весной N_{100} ; 3) внесение при посеве N_{75} + ранней весной N_{100} ; 4) внесение по всходам N_{25} + ранней весной N_{125} + выход в трубку N_{25} ; 5) внесение ранней весной N_{125} + выхода в трубку N_{25} + колошение N_{25} .

Исследования заложены по методике Б.А. Доспехова, общая площадь одной делянки 120 м², учетной – 100 м².

Результаты исследований. В опыте, азотные минеральные удобрения при внесении осенью с дозой $N_{75} + N_{100}$ при возобновлении весенней вегетации ржи были менее эффективны, чем на вариантах с трехкратным дробным внесением, о чем свидетельствуют показатели урожайности культуры (рис. 1).



НСР 05, ц/га – 4,01.

Рис. 1 Урожайность и прибавка зерна (ц/га) озимой ржи в зависимости от варианта внесения минеральных удобрений

Максимальная урожайность зерна озимой ржи выявлена на варианте внесения азотных удобрений по всходам N_{25} + ранней весной N_{125} + выход в трубку N_{25} (26,2 ц/га).

Результаты опыта свидетельствуют о высокой отзывчивости культуры на минеральные азотные удобрения. Прибавка урожая по вариантам составила +5,2; +5,5; +6,6; +5,2 ц/га к контролю, согласно схеме опыта. Максимальная прибавка выявлена на варианте внесения азотных удобрений по всходам N₂₅ + ранней весной N₁₂₅ + выход в трубку N₂₅ – 33,6% (+6,6 ц/га).

Эффективность использования минеральных удобрений во многом зависело от количества осадков в ранне-осенний период и в мае-июне следующего года, а также от температуры. Погодные условия отмеченного периода времени 2022/2023 складывались благоприятным образом для роста и развития озимой ржи, и эффективного использования минеральных удобрений зерновыми растениями.

В опыте, под влиянием азотных удобрений повышалось содержание белка с 12,3% на контрольном варианте до 13,4-13,5% на вариантах, с дробным трехкратным внесением азотных минеральных удобрений (табл. 1).

Таблица 1

Качественные показатели озимой ржи в зависимости от сроков внесения минеральных удобрений

№ п/п	Вариант внесения удобрений	Качественные показатели зерна, %			
		белок	крахмал	жир	клетчатка
1.	Без внесения (контроль)	12,3	70,7	2,05	2,22
2.	Под культивацию N ₇₅ + ранней весной N ₁₀₀	12,9	67,8	1,89	2,38
3.	При посеве N ₇₅ + ранней весной N ₁₀₀	13,1	67,9	1,86	2,34
4.	По всходам N ₂₅ + ранней весной N ₁₂₅ + в фазу выхода в трубку N ₂₅	13,4	69,1	1,73	2,48
5.	Ранней весной N ₁₂₅ + в фазу выхода в трубку N ₂₅	13,5	69,3	1,72	2,49
НСР ₀₅		0,36	2,13	0,74	0,19

Также выявлено незначительное повышение показателя содержания клетчатки в зерне от внесения азотных удобрений.

Отмечается закономерность снижения содержания жира в семенах ржи на вариантах с использованием минерального азота, вне зависимости от варианта внесения удобрений: с 2,05% на контроле, до минимальных значений в 1,72-1,73% – при трехкратном дробном внесении.

Таким образом, азотные удобрения повышали урожай озимой ржи по всем вариантам опыта, где максимальная урожайность зерна культуры выявлена на варианте внесения азотных удобрений по всходам N₂₅ + ранней весной N₁₂₅ + выход в трубку N₂₅ (26,2 ц/га, прибавка +6,6 ц/га или 33,6%).

Список источников

1. Виноградов Д. В., Вертелецкий И. А. Рост и развитие масличных культур при разном уровне минерального питания // Международный технико-экономический журнал. 2011. № 4. С. 99-102.
2. Зубкова Т. В., Виноградов Д. В. Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 46-54.
3. Лупова Е. И., Виноградов Д. В. Влияние гуминового удобрения и доз минеральных удобрений на продуктивность ярового рапса // Вестник аграрной науки. 2020. № 3(84). С. 31-37.

4. Троц В. Б., Ахматов Д. А., Троц Н. М. Влияние минеральных удобрений на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и фитомассе зерновых культур // *Зерновое хозяйство России*. 2015. № 1. С. 45-49.

5. Щур А. В., Виноградов Д. В., Валько В. П. Нитрификационная активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева*. 2015. № 2 (26). С. 21-26.

6. Щур А. В., Виноградов Д. В., Валько В. П. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2015. № 7 (106). С. 45-49.

7. Щур А. В., Валько В. П., Виноградов Д. В. Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь // *Проблемы региональной экологии*. 2016. № 3. С. 36-40.

References

1. Vinogradov, D. V., Verteletskiy, I. A. (2011). Growth and development of oilseeds at different levels of mineral nutrition. *International Technical and Economic Journal*, 4, 99-102 (in Russ.).

2. Zubkova, T. V., Vinogradov, D. V. (2021). Properties of organomineral fertilizer based on chicken manure and its application in spring rape seed technology. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 1(53), 46-54 (in Russ.).

3. Lupova, E. I., Vinogradov, D. V. (2020). Effect of humic fertilizer and mineral fertilizer doses on spring rape productivity. *Bulletin of Agricultural Science*, 3(84), 31-37 (in Russ.).

4. Trots, V. B., Akhmatov, D. A., Trots, N. M. (2015). Effect of mineral fertilizers on accumulation of heavy metals in soil and phytomass of grain crops. *Grain farming in Russia*, 1, 45-49 (in Russ.).

5. Shchur, A. V., Vinogradov, D. V., Valko, V. P. (2015). Nitrification activity of soils at different levels of agrotechnical impact. *Bulletin of the Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev*, 2 (26), 21-26 (in Russ.).

6. Shchur, A. V., Vinogradov, D. V., Valko, V. P. (2015). Cellulosolytic activity of soils at different levels of agrotechnical impact. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, 7 (106), 45-49 (in Russ.).

7. Shchur, A. V., Valko, V. P., Vinogradov, D. V. (2016). Ecological consequences of intensive farming development in the Republic of Belarus. *Problems of Regional Ecology*, 3, 36-40 (in Russ.).

Тип статьи: научная

УДК 631.878:633.16

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОРФА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Элина Редвановна Эреджепова¹, Нурлан Максотович Алашев²,

Ольга Леонидовна Салтыкова³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, Самара

²goigiopl@gmail.com

³saltykova_o_1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9654-5950>

В статье представлены результаты исследований влияния торфа, как органического удобрения со сложным химическим составом на ростовые показатели ярового ячменя. При соотношении почвы и торфяного грунта 1:0,075 положительно отразилось на ряде физиологических процессов в растениях.

Ключевые слова: торфяной грунт, яровой ячмень, растения в фазе 2-х листьев, биомасса корня, биомасса растений.

Для цитирования: Эреджепова Э. Р., Алашев Н. М., Салтыкова О. Л. Химический состав торфа и его влияние на ростовые показатели ярового ячменя // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С.191-195.

CHEMICAL COMPOSITION OF PEAT AND ITS INFLUENCE ON GROWTH INDICATORS OF SPRING BARLEY

Elina R. Eredzhepova¹, Nurlan M. Alashev², Olga L. Saltykova³

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Samara

²goigiopl@gmail.com

³saltykova_o_1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9654-5950>

The article presents the results of studies of the influence of peat, as an organic fertilizer with a complex chemical composition, on the growth performance of spring barley. With a soil to peat soil ratio of 1:0.075, it had a positive effect on a number of physiological processes in plants.

Key words: peat soil, spring barley, plants in the 2-leaf phase, root biomass, plant biomass.

For citation: Eredzhepova, E. R., Alashev, N. M., Saltykova, O. L. (2024). Chemical composition of peat and its influence on the growth performance of spring barley. Putokhin readings: collection of scientific papers Kinel: PLC Samara State Agrarian University, P. 191-195. (In Russ.)

Введение. Торф представляет собой органическое удобрение, полученное из растительных остатков в процессе естественного отмирания и неполного их распада в условиях избыточного увлажнения и затруднённого доступа воздуха [1, 2].

Торф по сравнению с другими органическими удобрениями имеет сложный химический состав, который определяется условиями генезиса, химическим составом растений-торфообразователей и степенью разложения торфа. Элементный состав торфа следующий: углерод 50-60%, водород 5-6,5%, кислород 30-40%, азот 1-3%, сера 0,1-1,5% на горючую массу. В компонентном составе органической массы содержание водорастворимых веществ 1-5%, битумов 2-10%, легкогидролизуемых соединений 20-40%, целлюлозы 4-10%, гуминовых кислот 15-50%, лигнина 5-20% [3, 4].

Содержание питательных веществ уменьшается при переходе от низинного к верховому торфу. В торфах больше всего азота, причем большая часть содержится в органической форме и становится доступной растениям только после минерализации [5].

Цель исследований – изучить химический состав торфа и его влияние на продукционные показатели ярового ячменя.

Материалы и методы исследований. Торф, который применялся в наших научных исследованиях представляет собой универсальный грунт со следующим химическим составом: N_{общ.} – 120 мг/л; P₂O₅=80 мг/л; K₂O=140 мг/л; Mg=30мг/л; Ca=170 мг/л; микроэлементы – Cu=9 мг/кг, Mn=40 мг/кг; Zn=9 мг/кг; Co=0,001 мг/кг; содержание органического вещества – не менее 80%. Кислотность pH (H₂O) = 5,5-6,6, кислотность pH (KCl) = 5,0-6,2 [6].

Опыт был заложен в условиях питомника садовых культур Самарского аграрного университета, где заполняли сосуды с почвой (масса сосуда с почвой = 4000 г) и вносили торфяной грунт (удобрение). Согласно этому изучали следующие варианты внесения удобрения в почву перед посевом ячменя: 1) контроль (без внесения удобрения; 2) почва + удобрение (1:0,025); 3) почва + удобрение (1:0,05), 4) почва + удобрение (1:0,075) [7].

Почва, находящаяся на территории питомника, представляет собой типичный чернозем среднесуглинистый среднесуглинистый с реакцией среды близкой к нейтральной [8, 9]. Повторность опытов 3-х кратная.

Посев в сосуды семян ярового ячменя проводился 06.05.2023 г. В каждый сосуд высевали по 30 семян на глубину 4 см, далее проводили полив, прополку от сорных растений и вели наблюдения за ростом и развитием растений.

Высевали семена ярового ячменя сорта Беркут. Этот сорт включен в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Наблюдения вели до фазы всходов, когда у растений было сформировано два настоящих листа. Поскольку у злаков формирование урожая в значительной мере зависит от нормального роста и развития растений на ранних этапах органогенеза (II–III этапы), когда происходит формирование всех основных элементов продуктивности [10].

Проводили учет следующих показателей: длина корня, биомасса корня, количество боковых корней, высота побега, биомасса побега.

Результаты исследований. Применение торфяного грунта в качестве удобрения позволяет активно воздействовать на рост и развитие сельскохозяйственных растений [2].

В таблице 1 представлены результаты влияния содержания торфяного грунта как удобрения на показатели роста растений ярового ячменя в фазе 2-х листьев, где контроль, т.е. без применения удобрения, принят за 100%.

Таблица 1

Влияние содержания торфяного грунта как удобрения на показатели роста растений ярового ячменя в фазе 2-х листьев, % от контроля

Вариант	Длина корня	Биомасса корня	Количество боковых корней	Высота побега	Биомасса побега	Сумма биомассы корня и побега
Без внесения удобрения (контроль)	100	100	100	100	100	100
Почва+удобрение (1:0,025)	120	172	150	156	123	157
Почва+удобрение (1:0,050)	135	210	200	165	138	188
Почва+удобрение (1:0,075)	145	237	200	174	161	214

Различия по отношению к контролю достоверны при $P < 0,05$

Было установлено, что при различном соотношении почвы и удобрения в виде торфяного грунта наблюдалось ускорение физиологических процессов растений ярового ячменя. В большей степени существенное действие на изучаемые показатели оказал вариант где соотношение почвы и удобрения (1:0,075). При этом в большей степени происходило увеличение биомассы корня, что на 137% выше в сравнении с контролем, увеличивались и такие показатели – длина корня на 45%, количество боковых корней на 100%. Рост побега увеличивался на 74%, что, связано с поступлением питательных веществ в надземные органы благодаря активной роли корня. Биомасса побега увеличивалась на 61%.

Присутствие в почве питательных элементов в повышенных концентрациях приводило к заметному увеличению по сравнению с контролем отношения биомассы корня растения к биомассе его побега.

Выводы. При соотношении почвы и удобрения в качестве торфяного грунта 1:0,075 положительно отразилось на ряде физиологических процессов в растениях, в частности, на минеральном питании и водном обмене, что в дальнейшем будет способствовать к увеличению урожая зеленой массы и зерна.

Список источников

1. Berglund Ö., Berglund K. Distribution and cultivation intensity of agricultural peat and gytija soils in Sweden and estimation of greenhouse gas emissions from cultivated peat soils // *Geoderma*. 2010. 173-180. doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.11.035
2. Анисимова Т. Ю. Влияние органических удобрений на основе торфа на продуктивность // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 4-1(82). С. 127-129.
3. Bakaeva N. P., Chugunova O. A., Saltykova O. L., Prikazchikov M. S. Components of the biotope soil and yield of barley // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference*. Krasnoyarsk. Vol. 548. Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 42062. DOI 10.1088/1755-1315/548/4/042062.
4. Bakaeva N. P., Saltykova O. L., Prikazchikov M. S. Agriculture biologization levels in cultivation of spring barley in forest steppe of middle Volga // *Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020)*. Kazan. 2020. P. 00074. EDN CKVKHQ.
5. Кирейчева Л. В., Нефедов А. В., Евсенкин К. Н. и др. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2016. № 3(31). С. 12-17.
6. Эреджепова, Э. Р. Алашев Н. М. Влияние торфа на биометрические показатели молодых растений ярового ячменя // *Современные проблемы агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. С. 146-150.*
7. Воронин Ф. А., Санталов К. И., Салтыкова О. Л. Влияние торфа на посевные качества семян ярового ячменя // *Современные проблемы агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. С. 35-40.*
8. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Антистрессовое воздействие органоминеральных удобрений в агротехнологии озимой пшеницы // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 4(52). С. 65-72.
9. Салтыкова О. Л., Зудилин С. Н. Возделывание озимой пшеницы для получения зерна высокой белковости в условиях Среднего Поволжья // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 1. С. 3-9.
10. Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. М.: Высш. шк., 1968. 223 с.

References

1. Berglund Ö., Berglund K. (2010). Distribution and cultivation intensity of agricultural peat and gytija soils in Sweden and estimation of greenhouse gas emissions from cultivated peat soils. *Geoderma*, 154, 173-180. doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.11.035.
2. Anisimova, T. Yu. (2019). The influence of peat-based organic fertilizers on productivity. *International scientific research journal*, 4-1(82), 127-129. (in Russ.).
3. Bakaeva, N. P., Chugunova, O. A., Saltykova, O. L., Prikazchikov, M. S. (2020). Components of the biotope soil and yield of barley. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference*. (P. 42062) Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. DOI 10.1088/1755-1315/548/4/042062.
4. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L., Prikazchikov, M. S. (2020). Agriculture biologization levels in cultivation of spring barley in forest steppe of middle Volga. *Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020)*. (P. 00074). Kazan. EDN CKVKHQ.
5. Kireycheva, L. V., Nefedov, A. V., Evsenkin, K. N. et al. (2016). Justification for the use of a fertilizer-reclamation mixture based on peat and sapropel to increase the fertility of degraded soils. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva*, 3(31), 12-17.

6. Eredzhepova, E. R. Alashev N. M. (2023). The influence of peat on the biometric indicators of young plants of spring barley. Modern problems of the agro-industrial complex: collection. scientific tr. (P. 146-150). Kinel: Samara State Agrarian University. (in Russ.).

7. Voronin, F. A., Santalov, K. I., Saltykova, O. L. (2023). The influence of peat on the sowing quality of spring barley seeds. Modern problems of the agro-industrial complex: collection. scientific tr. (pp. 35-40). Kinel: Samara State Agrarian University. (in Russ.).

8. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. (2020). Anti-stress effect of organomineral fertilizers in agricultural technology of winter wheat. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 4(52), 65-72.

9. Saltykova, O. L., Zudilin, S. N. (2020). Cultivation of winter wheat to obtain grain with high protein content in the conditions of the Middle Volga region. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 1, 3-9. (in Russ.).

10. Kuperman, F.M. (1968). Morphophysiology of plants. M.: Higher. school, 223 p. (in Russ.).

Информация об авторах

Э. Р. Эреджепова – студент;

Н. М. Алашев – студент;

О. Л. Салтыкова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about author

E. R. Eredzhepova – student;

N. M. Alashev – student;

O. L. Saltykova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Э. Р. Эреджепова – написание статьи;

Н. М. Алашев – написание статьи;

О. Л. Салтыкова – научное руководство.

Contributions of the authors:

E. R. Eredzhepova – article writing;

N. M. Alashev – article writing;

O. L. Saltykova – scientific leadership.

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕДИЦИНЫ

Тип статьи: научная

УДК 633.152.47

СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИВИВКИ ОТ БЕШЕНСТВА

Савва Павлович Алешечкин¹, Наталья Павловна Бакаева²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Самара

¹aleshechkin04@inbox.ru, , <https://orcid.org/0009-0004-1036-1675>

²bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

По данным ВОЗ, ежегодно в мире от бешенства погибает более 55 тысяч человек. В России за последние пять лет бешенством заболел 21 человек. Бешенство (другое название – рабьес, устаревшие – водобоязнь, гидрофобия – природно-очаговое особо опасное смертельное инфекционное заболевание, вызываемое вирусом бешенства (Rabies virus). Болезнь сопровождается повышением температуры до 37,2-37,3 °С, угнетённым состоянием, плохим сном, бессонницей, беспокойством больного. Ощущается боль в месте укуса. Позже повышенной чувствительности к малейшим раздражениям органов чувств: яркий свет, различные звуки, шум вызывает судороги мышц конечностей. Появляются водобоязнь, больные становятся агрессивными, буйными, повышается слюноотделение. Общая продолжительность болезни – от 3 до 7 дней. В июле 1885 года Луи Пастер разработал вакцину против бешенства «Я все еще не решаюсь попробовать лечить людей. Но это время уже недалеко. Мне хочется начать с самого себя, то есть сначала заразить себя бешенством, а потом приостановить развитие этой болезни – настолько велико во мне желание убедиться в результатах своих опытов». Единственным методом высокоэффективного предотвращения развития заболевания и сохранения жизни человека является вакцинация.

Ключевые слова: бешенство; вирус; Луи Пастер; вакцина.

Для цитирования: Алешечкин С. П., Бакаева Н. П. История создания вакцины от бешенства // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 196-200.

CREATION AND APPLICATION OF RABIES VACCINATION

Savva P. Aleshechkin¹, Natalia P. Bakaeva²

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Samara

¹aleshechkin04@inbox.ru, , <https://orcid.org/0009-0004-1036-1675>

²bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

According to WHO, more than 55 thousand people die from rabies every year around the world. In Russia, 21 people have become ill with rabies over the past five years. Rabies (another name - rabies, obsolete - hydrophobia, hydrophobia - a natural focal, especially dangerous fatal infectious disease caused by the rabies virus (Rabies virus). The disease is accompanied by an increase in temperature to 37.2-37.3 ° C, a depressed state, poor sleep, insomnia, anxiety of the patient. Pain is felt at the site of the bite. Later, increased sensitivity to the slightest irritation of the sensory organs: bright light, various sounds, noise causes muscle spasms of the limbs. Hydrophobia appears, patients become aggressive, violent, and salivation increases. The total duration of the disease is from 3 to 7 days. In July 1885, Louis Pasteur developed a vaccine against rabies. "I still hesitate to try to treat people. But that time is not far off. I want to start with myself, that is, first infect myself with rabies, and then stop the development of this disease - so great is my desire to be convinced of the results of my experiments." The only highly effective method of preventing the development of the disease and preserving human life is vaccination.

Key words: Rabies; vaccine; virus; Louis Pasteur.

For citation: Aleshechkin, S. P., Chavychalova, A. V., Bakaeva, N. P. (2024). Creation and application of rabies vaccination. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 196-200. (in Russ.).

Введение

Правительство Самарской области опубликовало постановление, в соответствии с которым с 13 октября 2023 года вводится карантин в границах Тольятти. Эпизоотическим очагом по бешенству животных, в соответствии с постановлением, определена территория земельного участка в Автозаводском районе города. На время карантина на территории очага запрещается лечить больных восприимчивых животных, посещать территорию посторонними лицами (кроме персонала), ввозить и вывозить животных, охотиться и т.п. Также в неблагополучном пункте запрещено проведение ярмарок, выставок и других мероприятий, связанных с перемещением и скоплением животных. Карантин будет отменен через 60 календарных дней.

Цель – изучить и описать бешенство, как болезнь, возможность заражения, лечение и вакцинация.

Случай заболевания. По данным ВОЗ, ежегодно в мире от бешенства погибает более 55 тысяч человек. Наиболее неблагополучный регион – Юго-Восточная Азия (Индия, Китай, Вьетнам, Филиппины, Лаос, Индонезия и другие). Прививки от бешенства после укусов животных ежегодно получают более 29 миллионов человек – это единственный способ предотвратить смерть в случае заражения. Единичные случаи заболевания людей бешенством фиксировались в России за последние пять лет. Об этом сообщили в пресс-службе Роспотребнадзора. Так, в 2022 году бешенство выявили у двух человек. "В 2021 году зарегистрировано шесть случаев, в 2020 году - семь, в 2019 году - два, в 2018 году - два и в 2017 году - два", - цитирует ТАСС пресс-службу Роспотребнадзора. То есть, за пять лет в стране бешенством заболел 21 человек.

Распространённость болезни. Бешенство (другое название – рабиес, устаревшие – водобоязнь, гидрофобия – природно-очаговое особо опасное смертельное инфекционное заболевание, вызываемое вирусом бешенства (Rabies virus). Бешенство относится к группе так называемых пренебрегаемых болезней в связи с низкой распространённостью и заболеваемостью в развитых странах. Передаётся со слюной при укусе больным животным. Затем, распространяясь по нервным путям, вирус достигает слюнных желёз, нервных клеток коры головного мозга, гиппокампа, бульбарных центров и, поражая их, вызывает тяжёлые нарушения, приводящие к гибели заражённого практически в 100 % случаев.

Название болезни происходит от слова «бес», потому что в древности считалось, что причиной заболевания является одержимость злыми духами. В древнегреческой мифологии было божество, являющееся персонификацией бешенства и безумия – Лисса (др.-греч. Λύσσα «бешенство» от λύκος – «волк»; ср. Rabies lyssavirus – вирус бешенства). В древнегреческой литературе состояние боевого иступления обозначалось словом λύσσα, то есть «ярость воителя, который благодаря ей становится неуязвимым и уподобляется волку или псу».

Бешенство собак описано Демокритом в V веке до н. э., а Корнелий Цельс в I веке н. э., описав аналогичное заболевание у человека, назвал его гидрофобией, или водобоязнью. Он уже указал на то, что человек заражается от собак во время укуса, и рекомендовал прижигать раны для уничтожения яда на их поверхности.

Во Франции и Бельгии люди, пострадавшие от укусов животных, совершали паломничество к могиле Святого Юбера (Святой Губерт), который традиционно почитается как покровитель охотников. Считалось, что ниточка от его епитрахили спасала от бешенства

Описание болезни. В типичном случае болезнь имеет три периода:

Продромальный (ранний период). Длится 1-3 дня. Сопровождается повышением температуры до 37,2-37,3 °С, угнетённым состоянием, плохим сном, бессонницей, беспокойством больного. Ощущается боль в месте укуса.

Стадия разгара (агрессия). Длится 1-4 дня. Выражается в резко повышенной чувствительности к малейшим раздражениям органов чувств: яркий свет, различные звуки, шум вызывает судороги мышц конечностей. Появляются водобоязнь, аэрофобия, галлюцинации, бред, чувство страха. Больные становятся агрессивными, буйными, повышается слюноотделение.

Период параличей (мнимого улучшения). Наступает паралич глазных мышц, нижних конечностей, а также скуловых мышц (отвисшая челюсть). Начинает проявляться извращённый аппетит (несъедобное, опасное в желудке). Личности как состояния уже не существует. Паралич дыхательных мышц вызывает смерть (удушьё).

Общая продолжительность болезни – от 3 до 7 дней, изредка 2 недели и более.

В ряде случаев болезнь протекает атипично, с отсутствием или нечёткой выраженностью ряда симптомов (например, без возбуждения, гидро- и аэрофобии, начинаясь сразу с развития параличей). Диагностика таких форм бешенства затруднена, окончательно диагноз иногда удаётся поставить лишь после посмертного исследования. Не исключено, что ряд случаев атипичного бешенства вообще не диагностируется как бешенство. Продолжительность болезни при паралитическом бешенстве, как правило, дольше.

Разработка вакцины. В июле 1885 года Луи Пастер успешно разработал вакцину против бешенства. Очень долго не удавалось выделить возбудитель этой смертельной болезни. Пастер предположил, что вирус бешенства слишком мал, чтобы его мог обнаружить микроскоп (электронные микроскопы, позволяющие увидеть вирусы, появились значительно позже). Во времена Пастера вирусами назывались любые болезнетворные микроорганизмы, наука того времени не знала, что этот класс возбудителей может размножаться, только внедрившись в живые клетки. Чисто интуитивно Пастер решил, что, если вирус не культивируется в искусственной среде, его нужно культивировать вместе со средой, в которой он существует. Вместе с командой Пастер много месяцев заражал кроликов бешенством и препарировал их мозг. Для заражения иной раз лично собирал слюну из пасти бешеных псов. В итоге был получен мозг, вытяжка которого обладала чудовищной вирулентностью, – так называемый *virus fixe*, фиксированный вирус бешенства. Зараженный мозг затем подвергли сушке в парах формалина, получив искомую вакцину. В итоговом эксперименте на здоровых кроликов натравили бешеных псов, а потом сделали кроликам прививки эмульсией высушенного вируса. Изодранные собаками зверьки выжили. Париж, 1886 год, Пастеру пришла в голову мысль привить всех собак Парижа. Увы, это было неосуществимо на тот момент: слишком уж много их было. «Тогда почему бы не привить людей, уже укушенных больной собакой?», – подумал Пастер. Ведь если успеть ввести вакцину до того, как бешенство успеет поразить мозг, можно спасти людям жизнь. В записях ученого зафиксировано: «Я все еще не решаюсь попробовать лечить людей. Но это время уже недалеко. Мне хочется начать с самого себя, то есть сначала заразить себя бешенством, а потом приостановить развитие этой болезни – настолько велико во мне желание убедиться в результатах своих опытов». Однако прежде чем Пастер решился на этот роковой шаг, в лабораторию обратилась убитая горем мать девятилетнего Жозефа Мейстера из Эльзаса, которого покусала бешеная собака. Выбор между смертью от бешенства или смертью от неизведанной вакцины был почти равнозначным. Пастер и несчастная мать выбрали вакцину и надежду. Следующим подопытным по тому же стечению обстоятельств стал 14-летний пастух Жупиль. Оба вакцинированных мальчика остались живы.

Вакцинация в России. Успех закрепило спасение русских крестьян из Смоленской губернии, покусанных бешеным волком. По легенде, 19 человек две недели добирались во Францию пешком, зная два французских слова: «пари» и «Пастер». На самом деле они доехали на поезде и разместились в гостиницах. Средства на их отправку во Францию выделил сам император Александр III с подачи брата Владимира, ранее встречавшегося с Пастером в Париже. Вакцинации русских крестьян помогали российские ученики Пастера – Николай Гамалея и Софья Каплан. Французы следили за судьбой пациентов, искали для них в Париже черный

хлеб и соленые огурцы. Из-за непривычных для парижан полушубков новых пациентов Пастера воспринимали как дикарей в звериных шкурах. Удалось спасти 16 человек из 19. Тогда Пастер понял, что инкубационный период при укусе дикого животного короче, чем он думал.

В настоящее время вакцину обычно используют в сочетании с антирабической сывороткой или антирабическим иммуноглобулином. Инъекция делается вглубь раны и в мягкие ткани вокруг неё. Эффективность вакцины напрямую связана со временем обращения после укуса. Чем раньше человек обратится за помощью, тем выше вероятность положительного исхода. Срочная вакцинация после заражения вирусом обычно позволяет предотвратить развитие симптомов и вылечить человека. Вакцина представляет собой вакцинный вирус бешенства штамм Внуково-32, выращенный в первичной культуре клеток почек сирийских хомячков, инактивированный ультрафиолетовыми лучами и формалином, концентрированный методом ультрафильтрации с последующей очисткой.

Существует **аналогичный метод лечения. Милуокский протокол** (англ. *Milwaukee protocol*) – экспериментальный курс лечения острой инфекции бешенства у человека. Лечение включает в себя введение пациента в искусственную кому и применение противовирусных препаратов. Был разработан и назван доктором Родни Уиллоуби после успешного лечения Джинны Гис. Гис, подросток из Висконсина, стала первой из шести известных пациентов, выживших после заболевания симптоматическим бешенством без введения вакцины против бешенства. Милуокский протокол иногда называют «Висконсинским протоколом» (англ. *Wisconsin protocol*).

Среди недостатков протокола: низкая вероятность успешного лечения и высокая стоимость.

По данным Всемирной организации здравоохранения, выживание после проявления клинических симптомов является чрезвычайно низким, и на 2016 год задокументировано лишь 15 случаев (в 14 из них до появления симптомов применялась антирабическая вакцина), причем у большинства выживших остались серьезные последствия. По данным Jackson AC, протокол Милуоки продемонстрировал неэффективность и не должен использоваться.

Постэкспозиционная профилактика.

- обильное промывание и местная обработка раны от укуса или царапины;
- курс иммунизации вакциной против бешенства, соответствующей стандартам Всемирной организации здравоохранения;
- при наличии показаний – введение антирабического иммуноглобулина [6].

Как можно раньше после укуса необходимо промыть рану концентрированным мыльным раствором и незамедлительно обратиться в ближайшее медицинское учреждение (травматологическое отделение, антирабический кабинет) для консультации врача-рабиолога и определения показаний к проведению антирабической вакцинации и её объёму. При этом будет иметь значение наличие или отсутствие случаев бешенства в районе, принадлежность животного, его поведение, наличие профилактических прививок от бешенства, характер и локализация повреждений и др.

Единственным методом высокоэффективного предотвращения развития заболевания и сохранения жизни человека является вакцинация.

Противопоказания к вакцинации. Не существует абсолютных противопоказаний к вакцинации от бешенства. При наличии каких-либо заболеваний и состояний, препятствующих проведению процедуры, её выполнение должно осуществляться в стационаре под контролем медицинского персонала и прикрытием противоаллергических и иных средств. Чем раньше начат курс вакцинации, тем больше шансов на благоприятный исход ситуации, поэтому основное правильное действие после опасной ситуации – незамедлительно очно посетить врача-рабиолога, который проведёт анализ ситуации и примет ответственное решение.

Список источников

1. Бешенство. – Журнал "Вестник инфектологии и паразитологии". [Электронный ресурс]. Дата обращения: 20.09.2018.
2. Всемирная организация здравоохранения. Бешенство. – Информационный бюллетень, сентябрь 2018. [Электронный ресурс]. Дата обращения: 20.09.2018.
3. СП 3.1.7.2627-10 «Профилактика бешенства среди людей». – 2010.
4. Дехтяр С. К. Современные аспекты бешенства / С. К. Дехтяр, И. А. Иванова, В. Е. Поляков // Педиатрия. 2014. № 5. С. 88-93.
5. Полещук Е. М. Современные особенности эпидемиологии бешенства в России / Е. М. Полещук, А. Д. Броневец, Г. Н. Сидоров // Инфекционные болезни. 2016. № 1. С. 29-36.
6. Всемирная организация здравоохранения. Бешенство // Информационные бюллетени. 2020.

References

1. Rabies. – Journal "Bulletin of Infectology and parasitology". [electronic resource]. Date of application: 09/20/2018.
2. World Health Organization. Rabies. – Information Bulletin, September 2018. [Electronic resource]. Date of application: 09/20/2018.
3. SP 3.1.7.2627-10 "Prevention of rabies among humans". 2010.
4. Dekhtyar S. K. Modern aspects of rabies / S. K. Dekhtyar, I.A. Ivanova, V.E. Polyakov // Pediatrics. 2014. No. 5. pp. 88-93.
5. Poleshchuk, E. M. Bronevets, A. D., Sidorov. G. N. (2016). Modern features of the epidemiology of rabies in Russia *Infectious diseases*, 1, 29-36.
6. World Health Organization. Rabies. *Newsletters*. 2020.

Информация об авторе

С. П. Алешечкин – студент;

Н. П. Бакаева – доктор биологических наук, профессор.

Author information

S. P. Alyoshechkin – student;

N. P. Bakaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor.

Вклад авторов:

С. П. Алешечкин – подбор материала и написание статьи;

Н. П. Бакаева – руководство научной работой.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

S. P. Alyoshechkin – writing of the article;

N. P. Bakaeva – management of scientific work.

The author declares that there is no conflict of interest.

Тип статьи: научная

УДК 631.417.7

ВИТАМИН К В БЕЛКОВОЙ ПИЩЕ

Серафим Романович Раков¹, Наталья Павловна Бакаева²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Самара

¹Rakov_rakovserafim05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7856-3688>

²Bakaeva_bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

В статье изложены сведения о витамине К, который был открыт в 1929 году. Он представлен двумя видами: витамин К₁ (филлохинон) и витамин К₂ (менахинон). Витамин К не растворяется в воде и слабо растворяется в метаноле. Без запаха, бледно-желтая, маслянистая жидкость. Витамин К в организме необходим для производства протромбина – белка и фактора свертывания крови. Он также важен для метаболизма костной ткани. Наибольшее содержание его в печени гусиной и говяжьей, содержится он и в молоке. Индикатором содержания витамина К является показатель увеличения времени свертывание протромбина. В сельском хозяйстве, в растениеводстве показана его важная роль в фотосинтезе и других физиологических процессах.

Ключевые слова: витамин К, белковая пища, влияние на организм человека, использование в сельском хозяйстве.

Для цитирования: Раков С. Р., Бакаева Н. П. Витамин К в белковой пище. // Путохинские чтения: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. С. 200-206.

VITAMIN K IN PROTEIN FOODS

Serafim R. Rakov¹, Natalia P. Bakaeva²

^{1,2}Samara State Agrarian University, Samara

¹Rakov_rakovserafim05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7856-3688>

²Bakaeva_bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

The article provides information about vitamin K, which was discovered in 1929. It is represented by two types: vitamin K₁ (phylloquinone) and vitamin K₂ (menaquinone). Vitamin K is insoluble in water and slightly soluble in methanol. Odorless, pale yellow, oily liquid. Vitamin K in the body is necessary for the production of prothrombin, a protein and blood clotting factor. It is also important for bone metabolism. Its highest content is in the liver of goose and beef, it is also contained in milk. An indicator of vitamin K content is an indicator of an increase in the clotting time of prothrombin. In agriculture and crop production, its important role in photosynthesis and other physiological processes has been shown.

Keywords: vitamin K, protein food, effect on the human body, use in agriculture

For citation: Rakov, S. R., Bakaeva, N. P. (2024). Vitamin K in protein foods. Putokhin readings: *collection of scientific papers*. Kinel: PLC of the Samara State Agrarian University, P. 200-206. (in Russ.).

Историческая справка

Витамин К был открыт в 1929 году во время экспериментов по изучению метаболизма стеролов [1]. В последующее десятилетие были выделены филлохинон и менахинон, основные компоненты витамина К, и полностью изучены их свойства [2].

В 1970-х годах была открыта новая аминокислота, γ-карбоксихлутаминовая кислота (Gla), общая для белковых соединений витамина К. Это открытие не только дало основу для понимания ранних данных о протромбине, но и привело к открытию витамин К-зависимых белков (VKPs), которые не участвовали в гемостазе. 1970-е годы также привели к важным прорывам в понимании цикла витамина К; 1990-е – 2000-е гг. характеризовались важными эпидемиологическими и интервенционными исследованиями [3, 4]. Эти исследования были посвящены трансляционным эффектам витамина К, в частности, речь шла о взаимосвязи между костями и сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Химические и физические свойства

Витамин *K* относится к структурно подобным, жирорастворимым витаминам, содержащимся в пищевых продуктах и продаваемым в качестве пищевых добавок. «Витамин *K*» включает в себя несколько химических соединений. Они похожи по структуре на хинон, но отличаются длиной и степенью насыщения углеродного хвоста и количеством повторяющихся изопреновых звеньев в боковой цепи (рис.1.).

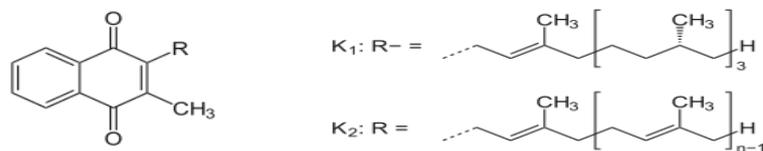


Рис.1 Структура витамина *K*

Химически семейство витаминов *K* состоит из производных 2-метил-1,4-нафтохинона. Витамин *K* включает в себя два натуральных витамина: витамин *K*₁ (филлохинон) и витамин *K*₂ (менахинон) [5]. Витамин *K*₂, в свою очередь, состоит из ряда связанных химических подтипов с разной длиной углеродных боковых цепей, состоящих из изопреноидных групп атомов. Двумя наиболее изученными из них являются менахинон-4 (МК-4) и менахинон-7 (МК-7).

Витамин *K* не растворяется в воде и слабо растворяется в метаноле. Восприимчив к кислотам, влиянию воздуха и влаги, солнечному свету. Температура кипения составляет 142,5 С. Без запаха, бледно-желтая, маслянистая жидкость или кристаллическое образование [6, 7].

Полезные свойства и влияние на организм

Витамин *K* необходим для производства протромбина – белка и фактора свертывания крови [8]. Он также важен для метаболизма костной ткани. Витамин *K*₁, или филлохинон получают из растений [9]. Это основной тип пищевого витамина *K*. Витамин *K*₂, или менахинон, содержится в меньшем количестве, в некоторых животных тканях и ферментированных продуктах.

Витамин *K* используется в печени в качестве промежуточного $VK\text{H}_2$ для депротонирования остатка глутамата [10], а затем перерабатывается в витамин *K* через промежуточный оксид витамина *K*. Наличие некарбосилированных белков указывает на дефицит витамина *K*. Карбосилирование позволяет им связывать (хелатировать) ионы кальция [11]. Без витамина *K* свертываемость крови нарушается, и возникает неконтролируемое кровотечение. Исследования показывают, что дефицит витамина *K* также может ослаблять кости, потенциально способствуя остеопорозу, и может способствовать кальцификации артерий и других мягких тканей [12].

Белковая пища, содержащая витамин *K*

В таблице 1 представлены продукты питания, содержащие витамин *K*.

Таблица 1

Содержание витамина *K* в продуктах питания, мкг/100 г

Продукт	Содержание витамина <i>K</i> (мкг/100г)	Продукт	Содержание витамина <i>K</i> (мкг/100г)
Печень гусиная	369	Кешью	34,1
Печень говяжья	106	Яйца	32
Спаржевая фасоль	43	Зелёный горошек	24,8
Спаржа	41,6	Сыр твёрдый	10
Сладкий красный перец	41,0	Свинина	2,1
Куриное мясо	35,7	Молоко	0,9

Медицинское использование

1. Лечение авитаминоза - витамин *K* вводят в виде инъекций новорожденным для предотвращения кровотечений при его дефиците. Факторы свертывания крови новорожденных детей составляют примерно 30–60% от значений взрослых; это, по-видимому, является следствием плохого переноса витамина через плаценту и, следовательно, низкого уровня витамина *K* в плазме плода.

Кровотечение у младенцев из-за дефицита витамина *K* может быть тяжелым, приводя к госпитализации, повреждению головного мозга и смерти. Внутримышечная инъекция, обычно вводимая вскоре после рождения, более эффективна в предотвращении кровотечений, вызванных дефицитом витамина *K*, чем пероральное введение, которое требует еженедельного приема до трехмесячного возраста.

2. Терапия варфарином. Варфарин является антикоагулянтом. Он функционирует, ингибируя фермент, который отвечает за переработку витамина *K* до функционального состояния. Как следствие, белки, которые должны быть модифицированы витамином *K* и необходимы для свертывания крови не функционируют. Целью препарата является снижение риска неправильного свертывания крови, которое может иметь серьезные последствия.

3. Лечение отравления родентицидами. Кумарин используется в фармацевтической промышленности в качестве реагента-прекурсора при синтезе ряда синтетических антикоагулянтных фармацевтических препаратов. Антагонистами витамина *K* являются 4-гидроксикумарины. Они блокируют регенерацию и рециркуляцию витамина *K*. Некоторые химические вещества класса 4-гидроксикумариновых антикоагулянтов предназначены для длительного пребывания в организме, и используются, в частности, в качестве родентицидов второго поколения («крысиный яд»). Смерть наступает в течении от нескольких дней до двух недель, обычно от внутреннего кровотечения. Для людей, а также для животных, которые потребляли родентицид, или для крыс, отравленных родентицидами, лечение заключается в длительном введении большого количества витамина *K*. Пероральный прием витамина *K*₁ предпочтительнее других способов приема витамина, поскольку он имеет меньше побочных эффектов.

Методы оценки

В качестве индикатора содержания витамина *K* показатель увеличения протромбинового времени [13]. Может так же использоваться сывороточный филлохинон. Повышенное содержание при измерении некарбосилированного протромбина, обнаруживает дефицит витамина *K*. Остеокальцин участвует в кальцификации костной ткани. Соотношение некарбосилированного остеокальцина к карбосилированному остеокальцину увеличивается при дефиците витамина *K*.

Использование в сельском хозяйстве

В растениеводстве. В настоящее время продолжает расти интерес к функциям витамина *K* в физиологии растений. Давно доказана его актуальность в фотосинтезе, но весьма вероятно, что филлохинон играет важную роль в других физиологических процессах. Так, например, считается, что витамин *K* участвует в транспортной цепи, которая переносит электроны через плазматические мембраны, также, возможно, эта молекула выступает для поддержания окисления некоторых белков, которые встроены в клеточную мембрану. Наличие различных видов хиноновых редуктаз в содержимом клетки также может предполагать взаимосвязь витамина *K* с другими ферментативными активностями в клеточной мембране. В настоящее время проводятся новые и более глубокие исследования.

В животноводстве. С самого начала было известно, что витамин *K* имеет большое значение в процессе. В последующих исследованиях было обнаружено, что витамин *K* играет важную роль в процессе коагуляции крови. Витамин *K* является важным питательным веществом для поддержания нормального обмена кальция в организме. Не все источники питания, в которых он присутствует, безопасны для животных. Птицы, в том числе молодняк цыплят бройлеров и индюшат, имеют большую предрасположенность к недостатку витамина *K*. У некоторых видов животных наблюдается недостаток витамина *K*, что может быть связано с их более коротким пищеварительным трактом и большой скоростью прохода пищи.

Заключение

Витамин *K* был открыт в 1929 году, выделен в виде филлохинона и менахинона, которые являются основными компонентами витамина *K*. В дальнейшем оказалось, что он представлен двумя натуральными витаминами: витамин *K*₁ (филлохинон) и витамин *K*₂ (менахинон). Витамин *K* не растворяется в воде и слабо растворяется в метаноле. Без запаха, бледно-желтая, маслянистая жидкость. Витамин *K* необходим для производства протромбина – белка и фактора свертывания крови. Он также важен для метаболизма костной ткани.

Наибольшее содержание его в печени гусяной и говяжьей, содержится он и в молоке. В качестве индикатора содержания витамина *K* является показатель увеличения протромбинового времени. Может так же использоваться как показатель – сывороточный филлохинон. Повышенное содержание при измерении некарбоксилированного протромбина, обнаруживает дефицит витамина *K*. Остеокальцин участвует в кальцификации костной ткани. Соотношение некарбоксилированного остеокальцина к карбоксилированному остеокальцину увеличивается при дефиците витамина *K*.

Витамин *K* используется в сельском хозяйстве, в растениеводстве – доказана его важная роль в фотосинтезе и других физиологических процессах. В животноводстве витамин *K* играет важную роль в процессе коагуляции крови. Витамин *K* является важным питательным веществом для поддержания нормального обмена кальция в организме.

Список источников

1. Bakaeva N. P., Saltykova O. L., Korzhavina N. YU., Prikazchikov M. S. Economics of spring wheat production in the Middle Volga // IOP Conference Series – AGRITECH-I 2019: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. Vol. 315(2). P. 022056.
2. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 3-9.
3. Бакаева Н. П., Коржавина Н. Ю. Биохимические показатели качества зерна озимой пшеницы на фоне применения минеральных и органических удобрений // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2019. № 1(54). С. 13-19.
4. Бакаева Н. П. Качественные показатели белково-углеводного комплекса зерна яровых зерновых культур при биологизации земледелия // Актуальные проблемы селекции, семеноводства и сохранения плодородия почв : сб. науч. тр. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. С. 133-138.
5. Бакаева Н. П. Содержание сахаров как показатель уровня перезимовки озимой пшеницы в агротехнологии среднего Поволжья // Теория и практика современной аграрной науки : сб. науч. тр. Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. С. 8-11.
6. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Нечаева Е. Х. Концентрационные отношения крахмала и амилазы в зерне озимой пшеницы при различных вариантах выращивания // Агрофизика. 2021. № 1. С. 19-26.
7. Бакаева Н. П. Амилолитическая активность и углеводная составляющая зерна ярового ячменя в агротехнологии среднего Поволжья // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК : сб. науч. тр. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2022. С. 469-474.
8. Бакаева Н. П. Новые органические удобрения в агротехнологии ярового ячменя и атакуемость крахмала амилолитическими ферментами // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : мат. конф. Москва, 2022. С. 64-70.
9. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Нечаева Е. Х. Влияние азотсодержащих удобрений на азотный режим почвы, ростовые и продукционные процессы яровой пшеницы // Агрофизика. 2022. № 2. С. 20-27.

10. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. О связи продуктивности, белковости и активности протеолитических ферментов зерна озимой пшеницы // *Агрофизика*. 2022. № 3. С. 52-59.
11. Бакаева Н. П. Урожайность и углеводо-амилазный комплекс зерна ярового ячменя при возделывании в среднем Поволжье // *Сетевой научный журнал РГАТУ*. 2023. № 1(1). С. 40-49.
12. Бакаева, Н. П. Продуктивность яровой твердой пшеницы по комплексу количественных признаков в условиях лесостепи Поволжья // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. № 4. С. 29-37.
13. Бакаева Н. П. Коэффициенты использования азота из минеральных удобрений и почвы в агротехнологии условий Лесостепи Заволжья // *Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий : мат. конф. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2023. С. 43-47.*

References

1. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L., Korzhavina, N. YU., Prikazchikov, M. S. (2019). Economics of spring wheat production in the Middle Volga. IOP Conference Series – AGRITECH-I 2019: Earth and Environmental Science. (P. 022056). Krasnodar: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. DOI 10.1088/1755-1315/315/2/022056.
2. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. (2019). Productivity of spring wheat depending on the main processing methods soil and fertilizers. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 3. pp. 3-9. (in Russ.).
3. Bakaeva N. P., Korzhavina N. Yu. (2019). Biochemical indicators of the quality of winter wheat grain against the background of the use of mineral and organic fertilizers. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*, 1(54), 13-19. (in Russ.).
4. Bakaeva, N. P. (2021). Qualitative indicators of the protein-carbohydrate complex of spring grain crops in the biologization of agriculture. Current problems of selection, seed production and conservation of soil fertility: collection of scientific proceedings. (pp. 133-138). Voronezh. (in Russ.).
5. Bakaeva, N. P. (2021). Sugar content as an indicator of the level of winter wheat overwintering in agrotechnology of the middle Volga region. Theory and practice of modern agricultural science : collection of scientific conference. (pp. 8-11). Novosibirsk: Publishing Center of Novosibirsk State Agrarian University «Zolotoy Kolos» (in Russ.).
6. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L., Nechaeva, E. H. (2021). Concentration ratios of starch and amylase in winter wheat grain in various cultivation options. *Agrophysics*, 1, 19-26.
7. Bakaeva, N. P. (2022). Amylolytic activity and carbohydrate component of spring barley grain in agrotechnology of the Middle Volga region. Achievements and prospects of scientific and innovative development of the agro-industrial complex : a collection of articles based on the materials. (pp. 469-474). Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev (in Russ.).
8. Bakaeva, N. P. (2022). New organic fertilizers in the agrotechnology of spring barley and the attack of starch by amylolytic enzymes. Scientific and information support for the innovative development of agriculture : Materials of the XIV International Scientific and practical Internet Conference. (pp. 64-70). Moscow. (in Russ.).
9. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L., Nechaeva, E. H. (2022). The influence of nitrogen-containing fertilizers on the nitrogen regime of soil, growth and production processes of spring wheat. *Agrophysics*, 2, 20-27. (in Russ.).
10. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. (2022). On the relationship of productivity, protein content and activity of proteolytic enzymes of winter wheat grain. *Agrophysics*, 3, 52-59. (in Russ.).
11. Bakaeva, N. P. (2023). Productivity and carbohydrate-amylase complex of spring barley grain in cultivation in the middle Volga region. The online scientific journal of RGAU, 1(1). pp. 40-49. DOI 10.36508/journal.2023.94.36.005. . (in Russ.).
12. Bakaeva, N. P. (2023). Productivity of spring durum wheat according to the complex of quantitative characteristics in the conditions of the forest-steppe of the Volga region. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 4, 29-37. (in Russ.).

13. Bakaeva N. P. (2023). Coefficients of nitrogen use from mineral fertilizers and soil in agrotechnology of the conditions of the Forest-steppe of the Volga region. Scientific support for the sustainable development of the agro-industrial complex of mountainous and foothill territories : materials of the All-Russian scientific and practical conference. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2023. pp. 43-47. (in Russ.).

Информация об авторе

С. Р. Раков – студент;

Н. П. Бакаева – доктор биологических наук, профессор.

Author information

S. R. Rakov – student;

N. P. Bakaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor.

Вклад авторов:

С. Р. Раков – подбор материала и написание статьи;

Н. П. Бакаева – руководство научной работой.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

S. R. Rakov selection of material and writing of the article;

N. P. Bakayeva – management of scientific work.

The author declares that there is no conflict of interest.

СОДЕРЖАНИЕ

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ И ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<i>Глазко И. Л., Иванова А. А.</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИ-N,N-ДИМЕТИЛ-3,4-ДИМЕТИЛЕНПИРРОЛИДОНИЙ ХЛОРИДА	3
<i>Иванова Ю. Ф., Емельянов В. В., Леванова С. В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА ЭТЕРИФИКАЦИИ ПРИ СИНТЕЗЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ПЕНТАЭРИТРИТА И МАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ	9
<i>Кузин А. В., Самадов А. С.</i> КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III) С ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ	13
<i>Нарыкина А. И., Шишова А. С., Белоусова З. П.</i> НОВЫЕ ГАЛОГЕНИДЫ СОЛЕЙ ИМИДАЗОЛИЯ С ОКСИ- ГРУППОЙ В СТРУКТУРЕ КАТИОНА	16
<i>Раков С. Р., Бакаева Н. П.</i> СОДЕРЖАНИЕ СОЛАНИНА В КАРТОФЕЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ	19
<i>Асержанов Д. К., Касымова Ж. С.</i> ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА С ПОМОЩЬЮ БИОПОЛИМЕРОВ	25

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<i>Базарнов Е. В., Богомолов А. Ю.</i> ПРОТОЧНАЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ ОНЛАЙН-АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛИ <i>NANNOCHLOROPSIS SP</i>	29
<i>Базилин А. В., Рыжихина Э. В., Светлов Д. А., Яшкин С. Н.</i> ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ ГАЛОГЕНАДАМАНТАНОВ НА ЦИКЛОДЕКСТРИНСОДЕРЖАЮЩЕМ СОРБЕНТЕ <i>CYCLOBOND</i>	33
<i>Зубова С. В., Лобанов А. В.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РЕК ЯУЗА И ПЕХРА В РАМКАХ ШКОЛЬНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	39
<i>Игнатъев Е. А., Никитина А. М., Богомолов А. Ю.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ В ОПТИЧЕСКИХ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ СИСТЕМАХ	42
<i>Корнеев В. П., Богомолов А. Ю.</i> НИВЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ФАКТОРОВ НА СТАТИСТИКУ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	48
<i>Костюченко Ю. А., Богомолов А. Ю.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ МОЛОКА ИЗ КИНЕИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ С ПРИСТАВКОЙ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ	51
<i>Малышев С. Ю., Удальцов А. Л., Запримова Л. В.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА И СВОЙСТВ ВОДЫ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ЕЕ ПРИГОДНОСТЬ ДЛЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	56
<i>Мананков А. С., Богомолов А. Ю.</i> КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОБУЧАЮЩЕГО НАБОРА ОБРАЗЦОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ГРАДУИРОВОЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	61

<i>Набоков Е. Д., Богомолов А. Ю.</i> КОМПЬЮТЕРНАЯ СИМУЛЯЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ	64
<i>Никитина А. М., Игнатъев Е. А., Богомолов А. Ю.</i> ОДНОВРЕМЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ Cu(II), Co(II) и Ni(II) ПРИ ПОМОЩИ СВЕТОДИОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ	68
<i>Синицын Д. А., Русяков А. А., Беляева Е. С., Ерегин С. С., Богомолов А. Ю.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ В ПОЛИМЕРНОМ СЫРЬЕ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ В ДЛИННОВОЛНОВОЙ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ	73
<i>Рыжихина Э. В., Светлов Д. А., Яшкина Е. А., Яшкин С. Н.</i> 2D-СТРУКТУРНАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ ГРАФИТОПОДОБНОГО СОРБЕНТА <i>HYPERCARB</i> ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ИЗОМЕРОВ ПРОИЗВОДНЫХ АДАМАНТАНА В УСЛОВИЯХ ВЭЖХ	78

ХИМИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

<i>Абдрахманова А. Р., Чиняева Ю. З.</i> ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР	86
<i>Адонин В. В., Жичкина Л. Н.</i> ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ..	90
<i>Базарнов Е. В., Богомолов А. Ю.</i> АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛИ <i>NANNO-CHLOROPSIS SP.</i> ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА	94
<i>Бокова А. А., Хасанов А. Д.</i> ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РЕАКЦИЮ СРЕДЫ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА	99
<i>Валишина С. Р., Дерхо А. О.</i> ВЛИЯНИЕ СТЕВИОЗИДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	104
<i>Губанова Т. В., Ковалева Д. В., Одинцова Я. Е.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ПОЧВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	108
<i>Дерхо А. О., Щербаков П. Н.</i> МИКОТОКСИНЫ И ИХ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В КОМБИКОРМАХ ПТИЦ МЕТОДОМ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ	113
<i>Киселева Н. В., Киселева Л. В.</i> ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА УДОБРЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ, НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА	117
<i>Кузьминых А. Н., Ли А. Е., Троц В. Б.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ	121
<i>Ли А. Е., Кузьминых А. Н., Троц В. Б.</i> ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЕСНЫХ ПОЧВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ НАСАЖДЕНИЙ	125
<i>Ли А. Е., Кузьминых А. Н., Троц В. Б.</i> ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ	130
<i>Ли А. Е., Жичкина Л. Н.</i> СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ	136

<i>Меркулов Н. А., Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г.</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ЭТАЛОНОВ РАЙОНА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГИ САЛАИРСКОГО КРЯЖА АЛТАЙСКОГО КРАЯ	140
<i>Мещеряков Д. А., Чиняева Ю. З.</i> ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ	145
<i>Моисеева С. В., Дружинина Ю. А.</i> УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАПРОЛАКТАМА – СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ	149
<i>Нуртазина Ж. Ж., Касымова Ж. С.</i> ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В БИОМАССЕ <i>CHLORELLA VULGARIS</i>	153
<i>Почёмин Н. М., Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г.</i> ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОГЕННЫХ ПОЧВ, НУЖДАЕМОСТЬ ИХ В ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ	157
<i>Савельева Е. Н., Чиняева Ю. З.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ, КАК АЛЬТЕРНАТИВА ХИМИЧЕСКИМ ПРЕПАРАТАМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ	162
<i>Сазонкин К. Д., Виноградов Д. В., Шкуркина А. С.</i> ХИМИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА – КАК СПОСОБ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ	167
<i>Суворов Е. Е.</i> ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА СОЛОНЦЕВАТОГО	171
<i>Теселкина В. В., Калюта Е. В.</i> ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛИЗАТА МИСКАНТУСА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ	177
<i>Теселкина В. В., Калюта Е. В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЛИЗАТА МИСКАНТУСА В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ	181
<i>Циулина А. Е., Чиняева Ю. З.</i> ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	184
<i>Шкуркина А. С.</i> УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	188
<i>Эреджепова Э. Р., Алашев Н. М., Салтыкова О. Л.</i> ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОРФА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ	191

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕДИЦИНЫ

<i>Алешечкин С. П., Бакаева Н. П.</i> СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИВИВКИ ОТ БЕШЕНСТВА	196
<i>Раков С. Р., Бакаева Н. П.</i> ВИТАМИН К В БЕЛКОВОЙ ПИЩЕ	200

Научное издание

ПУТОХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Подписано в печать 13.05.2024. Формат 60×84/8

Усл. печ. л.24,5. печ. л.26,25

Тираж 500. Заказ № 126.

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608

E-mail: ssaariz@mail.ru