

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Майкопский государственный технологический университет  
Экологический факультет  
Кафедра экологии и защиты окружающей среды

«Допускается к защите».

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Кулова Д.Д.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему: «МИЦЕЛИЕВЫЙ БИОМАТЕРИАЛ КАК АЛЬТЕРНАТИВА  
ПЛАСТИКОВОЙ УПАКОВКЕ»

Студентки 4 курса группы ТБ-41

Букреевой Кристины Сергеевны.

Научный руководитель: вед. науч. сотр.,

д-р биол. наук, проф. Сиротюк Э.А.

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Е.А. Кучинская

Майкоп 2018

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему: «Мицелиевый биоматериал как альтернатива пластиковой упаковке» изложена на 72 страницах машинописного текста, содержит 7 таблиц и 10 рисунков. Библиографический список включает 61 наименование литературных источников.

Цель выпускной квалификационной работы – создание экологически чистого биodeградируемого биопластика на основе мицелия вешенки обыкновенной и изучение возможности его внедрения в Республике Адыгея.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** РЕСПУБЛИКА АДЫГЕЯ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПЛАСТИКОВЫЕ ОТХОДЫ, ВЕШЕНКА ОБЫКНОВЕННАЯ, МИЦЕЛИЙ, БИОИНЖЕНЕРИЯ, БИОПЛАСТИК.

В выпускной квалификационной работе рассмотрено состояние проблемы пластиковых отходов. Показаны источники, количество, способы обращения и экологические последствия производства и использования пластиковой продукции в народном хозяйстве и быту. Также обращается внимание на то, что большинство видов пластмасс, предназначенных для одноразового использования, получают из невозобновляющихся природных ресурсов: нефти, природного газа, угля. В качестве объекта исследования была выбрана вешенка обыкновенная из отдела Базидиомицеты, у которых имеются септа и которые способны к анастомозу. Для эксперимента автором было заготовлено 15 образцов с измельченным субстратом - древесными щепками лиственных пород и шелухой пшеницы. Результаты исследования показали, что наиболее эффективным для стерилизации субстрата является впервые примененный для таких целей отвар корицы. Разработаны рекомендации по внедрению биопластика в производственный процесс Республики Адыгея.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ	7
1.1 Классификация и источники образования пластиковых отходов....	7
1.2 Способы обращения с пластиковыми отходами.....	12
1.3 Экологические последствия применения пластика.....	16
1.4 Биоразлагаемая упаковка как один из способов решения проблемы пластиковых отходов.....	18
2 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ .....	21
2.1 Географическое положение, административно-территориальное деление Республики Адыгея и природно-климатические особенности ....	21
2.1.1 Рельеф и климат.....	25
2.1.2 Подземные и поверхностные воды.....	27
2.1.3 Почвы.....	28
2.1.4 Растительный и животный мир.....	31
2.1.5 Особо охраняемые природные территории .....	35
2.1.6 Население и экономика.....	37
2.1.7 Экологическая обстановка.....	42
2.2 Объект исследования.....	45
2.3 Методика выполнения работы .....	46
3 СОЗДАНИЕ МИЦЕЛИЕВОГО БИОПЛАСТИКОВОГО МАТЕРИАЛА (ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ) .....	48
3.1 Мицелиевый биопластик как альтернатива синтетическим полимерам .....	49
3.2 Методы исследования.....	50
3.3 Материал и результаты исследования.....	53
4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ МИЦЕЛИЕВОГО БИОПЛАСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ .....	57
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	66

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы обусловлена необходимостью безотлагательного решения двух глобальных проблем современности: загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами и истощения горючих полезных ископаемых. Широкое использование пластиковой продукции привело к глобальным нарушениям в экосистемах планеты. В настоящее время все среды обитания на Земле загрязнены пластиком настолько, что ситуация близка к критической, а эффективных программ по их очистке не существует.

Пластик – «эпидемия» XXI века: пластиковая посуда, пластиковые пакеты и упаковка, игрушки, мебель, горшки, технические изделия – этот список можно продолжать долго, так как ежедневно люди пользуются той или иной пластиковой продукцией [1].

Ученые из университета Джорджии в США подсчитали, что в среднем за год на планете выкидывается около 300 млн тонн пластикового мусора [2]. Одна часть этого объема поступает на свалки, где пролежит много лет, не разлагаясь, высвобождая токсичные вещества в окружающую среду, медленно отравляя ее. Другая часть поступает в Мировой океан, обрекая морских жителей на гибель. Так, по данным Национального управления океанографии и атмосферы, пластиковый мусор ежегодно уничтожает около 100 тыс. морских млекопитающих, а также миллионы птиц и рыб. На переработку поступает всего 9 % пластиковых отходов [3].

Стоит отметить, что большинство видов пластмасс, предназначенных для одноразового использования, получают из нефти, природного газа, угля – невозобновляемых ресурсов, запасы которых ежеминутно истощаются. Добыча сырья, производство и уничтожение пластмасс путем сжигания, сопровождаются выбросами парниковых газов, токсинов, химических веществ. Все это нарушает хрупкое равновесие в экосистемах планеты.

Проблема пластиковой продукции усугубляется с каждым годом и единственный выход из сложившейся ситуации – переход на альтернативные экологически безопасные технологии.

Понимание последствий загрязнения среды пластиком обусловили наш выбор, несомненно, актуальной темы выпускной квалификационной работы. Осведомленность о загрязнении окружающей среды подталкивает к поиску новых материалов и решений. Ученые всего мира трудятся над тем, чтобы найти экологически чистые альтернативы такому материалу как пластик. И возможно, решение уже найдено.

В 2010 году выпускники политехнического института Ренсселера в США Э. Байер и Г. Макинтайр разработали уникальный метод производства изоляционных материалов, и уже не на основе искусственных или синтетических полимеров, а на основе мицелия грибов. Но вид гриба и детальная технология производства остаются коммерческой тайной компании Ecovative (Нью-Йорк), наладившей производство по выпуску пенопластовой упаковки, состоящей из мицелиевого биополимера [4]. Этот факт вдохновил нас провести собственное исследование по данной проблеме, для того чтобы выяснить какими свойствами обладает мицелий, возможно ли получить мицелиевый биоматериал конкурирующий по своим свойствам с пластиком.

Объектом исследования является вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm).

Цель выпускной квалификационной работы – создание экологически чистого биodeградируемого биопластика на основе мицелия вешенки обыкновенной и изучение возможности внедрения новой технологии.

Цель исследования обусловила решение следующих задач:

- 1) изучить литературу по теме исследования и сформулировать основные понятия;
- 2) описать состояние проблемы пластиковых отходов;
- 3) дать характеристику района, объекта и методов исследования;
- 4) разработать технологию создания мицелиевого биопластика;

- 5) описать свойства биоматериала;
- б) дать рекомендации по внедрению биопластика в производственный процесс Республики Адыгея.

Научная новизна предлагаемых в работе решений связана с выбором неизученного ранее в данном отношении объекта – базидиального гриба вешенки обыкновенной, а также в новом методе стерилизации с применением природных антисептиков.

Техническая значимость результатов исследования заключается в том, что производство и внедрение биопластиковой продукции позволит: снизить уровень глобальных выбросов загрязняющих веществ, включить в оборот отходы сельскохозяйственного производства, сохранить невозобновимые природные ресурсы, даст возможность использования результатов исследования в других научных разработках.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии производства биопластика на основе мицелия вешенки обыкновенной. Перспективе коммерциализации результатов работы будут способствовать: во-первых, соотношение низкой цены и высокого, с экологической точки зрения, качества полученного биоматериала по сравнению с существующими синтетическими аналогами, во-вторых, законодательные изменения в сфере природопользования и охраны окружающей среды. Предполагаемая сфера применения мицелиевого биопластика – упаковочная отрасль промышленности. Будущие потребители: индивидуальные предприниматели, семьи и домохозяйства, снабженцы и представители фирм.

Основные положения, выносимые на защиту:

- широкое использование пластиковой продукции привело к глобальным нарушениям в экосистемах планеты и стало основной причиной истощения горючих полезных ископаемых;
- современная система обращения с пластиковыми отходами крайне неэффективна и поэтому существует необходимость внедрения в производство альтернативных материалов, в том числе мицелиевого биоматериала.

# 1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

## 1.1 Классификация и источники образования пластиковых отходов

Пластик (или пластмасса) – это прочный полимерный материал, способный приобретать заданную форму при нагревании, под давлением и сохранять ее после охлаждения [5]. Полимеры – это высокомолекулярные соединения, молекулы которых состоят из большого количества повторяющихся одинаковых (различных) групп атомов углерода, кислорода или азота, соединенных между собой химическими связями. Сырьем для производства полимеров являются нефть, природный газ и уголь. Создание полимеров основано на одной из реакций полимеризации, поликонденсации, полиприсоединения [6].

Пластик был изобретен в 1855 году британским металлургом А. Парксом, который задался целью найти альтернативу материалу из слоновой кости. Смешав масло камфорного дерева, нитроцеллюлозу (хлопок + азотная и серная кислота) и спирт, он получил однородную жидкую смесь, которая при охлаждении застыла и стала твердой. Это был первый прототип пластмассы, получивший название «паркезин» [7]. Паркезин обладал уникальными свойствами, однако у него имелись существенные недостатки, которые сдерживали производственный процесс.

Новое открытие вызвало огромный интерес со стороны ученых, и они продолжили исследования в этой области. За 150 лет им удалось усовершенствовать полимер настолько, что сейчас трудно найти ему замену.

Актуальность современного пластика, отражена в его следующих свойствах: высокая эластичность; ударопрочность; низкая плотность; низкая теплопроводность; высокий коэффициент шумоизоляции; устойчивость к перепадам дневных и межсезонных температур; устойчивость к агрессивным химическим средам; оптическая прозрачность. Эти свойства являются

настраиваемыми и зависят от добавок в виде наполнителей, катализаторов, пластификаторов, стабилизаторов, красителей и других веществ [8].

Сегодняшний мир пластмасс представлен множественными вариациями, которые принято классифицировать по композиционному составу (ненаполненные и наполненные), по виду наполнителя (с твердым наполнением и газообразным), по форме наполнителя (порошковые, волокнистые, слоистые), по модулю упругости при нормальной температуре (жесткие, полужесткие, мягкие, эластичные), по применению (конструкционные, прикладочно-уплотнительные, фрикционные, антифрикционные, электроизоляционные, теплоизоляционные, огнестойкие, кислотостойкие, малостойкие, облицовочно-декоративные) и т.д. [9].

Различают термопластичные и терморезистивные пластмассы. Эта классификация, основана на реакциях к повторным нагреваниям, так как это главный критерий, наиболее ярко демонстрирующий природу определенного полимера [10]. Термопластичными называют полимеры, которые при нагревании переходят из твердого состояния в мягкое и тягучее, а при охлаждении снова принимают твердую форму. Их получают реакцией полимеризации. Эта реакция проходит под большим давлением, без применения примесей. Термопластичные полимеры хорошо плавятся, а также растворяются в реагентах и растворителях. При испарении растворителя материал твердеет и приобретает прежние свойства. Это качество применяется при производстве различных видов пластмасс, волоконитов, пленок, покрытий, слоистых пластиков, клеев и т.д. На их долю приходится 80 % мировой продукции.

К термопластичным полимерам относят:

- полистирол (PS). Применяется в изготовлении композитных панелей, теплоизоляционных строительных плит, оборудования, изоляционных пленок, одноразовой посуды, пищевых контейнеров. Полистирол не рекомендуется для повторного использования. В случае горения выделяется ядовитый стирол [7];

- полиамиды (OTHER). Используются в производстве точных деталей машин, радио- и электротехники, аппаратуры, оружия, а также при изготовлении бутылок для воды, игрушек, упаковок. При частом нагревании или мытье полиамиды выделяют вещество – бисфенол А, ведущее к гормональным сбоям в человеческом организме [7];

- поливинилхлориды (ПВХ, полихлорвинил, винил, вестолит, хосталит, виннол и др.). Поливинилхлориды применяются для электроизоляции проводов и кабелей, производства листов, труб, пленок, искусственных кож, поливинилхлоридного волокна, пенополивинилхлорида, линолеума, грязезащитных ковриков, обувных пластикатов, мебельной кромки, для производства «виниловых» грампластинок, профилей для изготовления окон и дверей, в одежде и аксессуарах для создания подобного коже материала, в качестве уплотнителя бытовых и профессиональных холодильников и т.д. Эти виды пластмассы при сжигании выделяют много ядовитых веществ [11];

- полиметилметакрилаты (ПММА) – это акриловая смола, которая используется в жидком (краски) и твердом виде (заменитель стекла) [7];

- полиолефины, которые широко используются для промышленного производства различных пленок и волокон [12];

- фторопласты – являются фторсодержащими полимерами. Широко применяются в электро- и радиотехнике, при производстве водопроводных труб, вентилях и кранов, бытовых и промышленных насосов, медицинских инструментов и техники, в криогенных емкостях для нанесения на поверхность;

- полиуретаны – применяются практически во всех сферах промышленности, для изготовления самых разнообразных уплотнений, эластичных форм для изготовления декоративных камней, защитных покрытий, лакокрасочных изделий, клеев, герметиков, деталей маломощных машин (валов, роликов, пружин и т. п.), изоляторов, имплантатов и прочих изделий. Из полиуретана, благодаря его чрезвычайно высокой износостойкости, изготавливаются подошвы обуви, спортивные шины, втулки и прокладки для

фиксации абразивных камней в промышленности, высокопрочные клеи, отбойники для автомобильных амортизаторов [13];

- поликарбонаты – новый вид полимеров, который нашел широкое применение при производстве электрических розеток, вилок напряжением 220 и 380 Вольт, а также корпусов бытовой техники;

- полиэтилентерефталат (ПЭТ, ПЭТГ, ПЭТФ). Используется при изготовлении пластиковых бутылок, одноразовых стаканчиков, упаковок, обивок, нитей и волокон [14];

- полиэтилен высокой плотности (ПЭВП, ПЭНД, ПНД). Используют при изготовлении пластиковых пакетов, пищевых контейнеров, посуды, тары для моющих средств, ненагруженных деталей оборудования, покрытий, футляров, фольги. Относительно безопасен, однако при определенных условиях окружающей среды может выделять токсичное вещество (формальдегид) [7];

- полиэтилен низкой плотности (ПЭНП, ПЭВД, ПВД). Из него изготавливают пленки, упаковочные материалы, пакеты, брезент, компакт-диски, линолеум. Относительно безопасен для человека [7];

- полипропилен (ПП). Используют для изготовления детских игрушек, пищевых контейнеров, упаковок и медицинских шприцов. Идеальный материал для труб, элементов холодильного оборудования и деталей в автомобильной промышленности. Практически безвреден, хотя в некоторых случаях может выделяться формальдегид – ядовитый для человека газ [7];

- поливинилацетат. Применяется в строительстве в виде связующих компонентов для лаков, красок, как пластификатор для цементных растворов [10].

Термореактивными (реактопластами) называют полимеры, которые при нагревании становятся пластичными, но затем переходят в необратимо твердое состояние, характеризуемое потерей плавкости и растворимости [15]. Они заняли важное место в качестве конструкционных материалов, благодаря своим физическим свойствам, которые не уступают стали и керамике [16]. Составляют 20 % мировой продукции.

К ним относят:

- эпоксидные смолы (ЭС). Применяются в качестве изоляционного материала в трансформаторах, электромашинах и приборах, в радиотехнике (для печатных схем) и при производстве телефонной арматуры;

- полиэфирные смолы (ПЭС). Применяются для создания частей автомобилей, спасательных лодок, корпусов летательных аппаратов, кровельных плит для крыш, мебели, мачт для антенн, плафонов ламп, удочек, лыж и палок, защитных касок и др.;

- фенопласты – применяются для малонагруженных деталей, корпусов приборов, панелей, электроизоляционных деталей [17];

- аминопласты – применяются в качестве деталей осветительной аппаратуры, электротехнических и электроизоляционных деталей, изделий бытового назначения [15];

- волокниты – применяются для изготовления маховиков, втулок, дисков, кожухов, деталей с повышенными антифрикционными свойствами [15];

- текстолиты – применяются для изготовления втулок, подшипников скольжения, конструкционных и электроизоляционных деталей [15];

- асботекстолиты – применяются в качестве тормозных и фрикционных устройств, лопаток ротационных бензонасосов, деталей теплозащиты и теплоизоляции [15].

Без сомнения, можно утверждать, что пластик – самый востребованный материал в мире не только по объемам потребления, но и по количеству отходов. Вся ирония заключается в том, что его положительные свойства, определили главный недостаток – устойчивость к разложению, и, как результат, вызвали огромное скопление мусора на планете.

Основными источниками образования пластиковых отходов являются производственная деятельность и быт людей.

В производственной деятельности выделяют отходы технологические и отходы производственного потребления. Технологические отходы – возникают при синтезе и переработке полимеров.

Отходы производственного потребления накапливаются в результате выхода из строя изделий из полимерных материалов, используемых в различных отраслях народного хозяйства (амортизированные шины, тара и упаковка, детали машин, отходы сельскохозяйственной пленки, мешки из-под удобрений и т.д.). Они являются наиболее однородными, малозагрязненными.

Самым многотоннажным видом в общей массе генерируемых полимерных отходов промышленного потребления являются полиэтиленовые. На их долю приходится 79 % полимерных отходов. На втором месте по объемам образования среди промышленных отходов потребления находятся полипропиленовые отходы. На их долю приходится 21 % общей массы полимерных отходов.

Отходы общественного потребления (коммунальные) – отходы, накапливающиеся в жилых домах, на предприятиях общественного питания и т.п.

## 1.2 Способы обращения с пластиковыми отходами

Выделяют три основных способа обращения с пластиковыми отходами: обезвреживание, переработка, захоронение [18].

Согласно Федеральному закону от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», обезвреживание отходов – это обработка отходов, в том числе сжигание и (или) обеззараживание отходов на специализированных установках, предусматривающая уменьшение количества отходов и (или) их опасности для окружающей среды, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду [19].

Сжигание пластиковых отходов – это термический процесс окисления, проводящийся с целью уменьшения объема отходов и получения энергии [18]. Сжигание является наименее желательным способом обращения с мусором и применимо только тогда, когда остальные возможности исчерпаны [19]. К основным недостаткам сжигания пластиковых отходов относят:

- выбросы диоксинов и других токсикантов в окружающую среду;
- высокая стоимость оборудования и технического обслуживания;
- необходимость дополнительной обработки отходов перед сжиганием (например, сортировка, сушка, измельчение);
- невозможность полностью уничтожить отходы (остаются зола, шлак и т.д., которые могут составлять до 15 % первоначального объема и до 30 % первоначальной массы отходов).

В настоящее время в России функционируют 10 мусоросжигательных заводов (МСЗ), количество которых в ближайшие годы планируют увеличить по всей стране [20]. На наш взгляд сжигание действительно позволяет значительно уменьшить количество отходов в объеме, однако проблем загрязнения окружающей среды оно не решает, а только добавляет. МСЗ – это очередной шаг назад от современных технологий.

Обеззараживание отходов – это дезинфекция отходов, заключающаяся в уничтожении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, содержащихся в отходах в целях устранения их эпидемиологической опасности. Обезвреживанию в основном подвергают медицинские отходы [21].

Переработка пластиковых отходов – это превращение отходов во вторичное сырье, энергию или продукцию с определенными потребительскими свойствами.

Переработка пластиковых отходов позволяет [18]:

- 1) экономить ценные природные ресурсы, необходимые для производства любого товара;
- 2) экономить энергию при производстве товаров из вторичного сырья;
- 3) сократить отходы, образующиеся в результате добычи ресурсов и производства товаров;
- 4) сократить количество свалок и многое другое.

На сегодняшний день существует множество методов переработки отходов, их можно разделить на две группы:

- механические методы (механический рециклинг);

- химические методы (химический рециклинг).

Этапами рециклинга являются: сбор, сортировка, отмывка, сушка и только потом собственно производство. Такие стадии, как сбор, сортировка и очистка отходов от инородных включений, являются ресурсо- и энергоемкими, что сказывается на себестоимости конечной продукции [18].

Механический рециклинг заключается в измельчении, плавлении, грануляции полимерных отходов. Этот способ является наиболее приемлемым и распространенным, так как не требует дорогого оборудования и может быть реализован практически в любом месте скопления отходов.

Химический рециклинг подразумевает использование технологий, расщепляющих полимеры на мономеры. Также в результате химического рециклинга возможно получение исходных полимеров и других химических соединений, пригодных для использования. К химическим методам переработки пластиковых отходов относят: пиролиз, гидролиз, гликолиз, метанолиз.

Пиролиз – это термическое разложение органических соединений без доступа воздуха. В процессе пиролиза происходит разложение пластиковых отходов на жидкую и газообразную фракции с выделением небольшого количества твердого остатка. Пиролизный газ направляется на последующее разогревание сырья, то есть происходит частичное самоуничтожение отходов. Жидкая фракция содержит легкие и тяжелые углеводороды и может использоваться для изготовления жидкого топлива и парафина. Твердый остаток может найти применение в строительстве, например, как гидроизолятор [18].

Гидролиз заключается во взаимодействии вещества с водой, в результате чего образуются различные соединения. Данный метод позволяет разложить некоторые пластиковые отходы (например, ПЭТФ) до исходных компонентов. Гликолиз – это деструкция при высоких температурах и давлении в присутствии этиленгликоля и катализатора до получения чистого продукта. При расщеплении ПЭТФ метод позволяет получить дигликольтерефталат [18].

Метанолиз – расщепление отходов с помощью метана. В случае применения этого метода к переработке ПЭТФ конечным продуктом является диметилтерефталат. Иногда методы гликолиза и метанолиза применяются в сочетании [18].

Вышеперечисленные методы широкого промышленного применения в России не нашли. По официальным данным РИА «Новости» переработке подвергаются 4 % отходов [22]. По большей части это связано с тем, что необходимо чистое сырье, дорогостоящее оборудование, позволяющее обрабатывать материалы при высоком давлении и температуре, катализаторы и фильтры. Все это значительно снижает рентабельность производства.

Другим способом переработки отходов является утилизация – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) [19].

Утилизация и переработка дополняют друг друга. Так, переработка отходов может включать их утилизацию в части вторичного использования, а утилизация может включать в себя переработку отходов в тех случаях, когда она технически возможна, технологически необходима или требуется законодательством. С другой стороны, утилизация не рассматривает переработку там, где отходы могут быть использованы в продукции напрямую. По мнению некоторых специалистов, помимо вторичных ресурсов и отходов производства и потребления, утилизации также подлежат ресурсы, не находящие прямого применения.

Последним и, пожалуй, самым актуальным из рассматриваемых способов обращения с пластиковыми отходами, является захоронение. Захоронение отходов – размещение отходов в назначенном месте для хранения в течение неограниченного срока, исключаящее опасное воздействие захороненных

отходов на незащищенных людей и окружающую природную среду [18]. Положительным аспектом использования данного способа является его относительно невысокая стоимость.

Минусы захоронения пластиковых отходов [18]:

- занимает большие площади (площадь санкционированных свалок в России составляет около 0,8 млн га);

- из отходов практически не извлекаются полезные компоненты; при захоронении несортированных отходов теряется около 90 % полезной продукции, имеющей спрос на рынке вторичного сырья;

- сложности при выборе места захоронения; по санитарным нормам, полигоны должны располагаться за пределами населенных пунктов, и расстояние от жилой застройки до границ полигона должно составлять 500 м. Однако рядом с большими городами стоимость земли высокая, а строить полигон экономически нецелесообразно;

- с течением времени полигоны исчерпывают свою емкость, то есть необходимо будет не только организовать новый полигон, но и провести рекультивацию (засыпать землей старый, высадить деревья на поверхности и т.д.).

Захоронение пластиковых отходов является основной причиной загрязнения окружающей среды.

### 1.3 Экологические последствия применения пластика

Чрезмерное использование пластика привело к глобальным изменениям окружающей среды. Пластик стал основной причиной истощения полезных ископаемых. Более 99 % всех полимеров (пластмасс) производится из нефти, газа или угля. А значит, все, что окружает нас – упаковка, стройматериалы, детали автомобилей, ткани, электронные устройства – изготовлены из невозобновимых природных ресурсов.

Пластик стал значительным источником отходов мусорных свалок на суше. Он не разлагается, поэтому так стремительно накапливается на полигонах, занимая огромные площади земли. С каждым годом эти территории расширяются, вторгаясь в места обитания живых организмов. Наземным животным неизбежно приходится вступать в контакт с пластиком обрекая себя на гибель. где они рискуют запутаться или задохнуться. Если животное съест кусок пластика, он может закупорить его желудок, отравить токсинами, что неизбежно станет причиной его смерти.

Самое опасное в пластике это его токсины, высвобождающиеся в больших количествах в атмосферу в процессе производства и уничтожения путем сжигания. Попав в атмосферу, они включаются в круговорот веществ в природе, проникая во все формы жизни. Канцерогенные, нейротоксичные, гормонально-разрушающие химикаты – это стандартные ингредиенты и отходы пластмассового производства. Наиболее распространенные из них винилхлорид (в ПВХ), диоксины (в ПВХ), бензол (в полистироле), фталаты и другие пластификаторы (в ПВХ и др.), формальдегид, бисфенол-А или ВРА (в поликарбонате). Все перечисленные вещества – это стойкие органические загрязнители, одни из наиболее опасных токсинов на планете. Эти соединения представляют серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Они способны вызывать серьезные проблемы со здоровьем, включающие нарушения хромосомной, репродуктивной, сердечнососудистой и лимфатической систем, функций мозга, рак, преждевременное старение.

Пластиковый мусор стал причиной загрязнения водной среды, так что сейчас она находится под угрозой. Огромное количество пластика попало в океаны. По официальным данным Гринпис России в океанах сосредоточено более 150 млн т пластика и 23 млн т химических добавок к нему [23]. У него низкая плотность, поэтому он мигрирует по просторам океана, столетиями, не разлагаясь, высвобождая токсины в водную среду. Под действием сил трения может разрушаться на более мелкие фрагменты, образуя так называемый «пластиковый коктейль» в Мировом океане, представляющий угрозу всему

живому. Микроорганизмы, заглатывая пластиковые частички, аккумулируют в себе токсины, которые передаются дальше по пищевой цепи, доходя до критических концентраций, становятся основной причиной бесплодия, онкологических заболеваний, смерти. Не так давно, возле берегов Португалии обнаружили мертвого кита. В желудке исследователи нашли 17 кг пластика, который и послужил причиной гибели млекопитающего [24]. Грунтовые воды загрязнены настолько, что ситуация близка к критической. Многие регионы уже столкнулись с этой проблемой. Дело в том, что пластиковые токсины в отвале от мусора просачиваются в грунтовые воды, оттуда циркулируют по всей планете.

В настоящий момент не существует эффективных программ по очистке суши, атмосферного воздуха и вод от загрязнения пластиком, поэтому данная проблема усугубляется с каждым годом. Ученые всего мира бьют тревогу. Ситуация близка к экологическому коллапсу, однако несмотря на это производство пластмасс не остановлено, более того с каждым годом набирает обороты, соответственно и количество отходов увеличивается.

Полагаться на утилизацию пластмасс бессмысленно, так как это одна из наиболее проблематичных областей. Из всей пластиковой продукции в настоящее время менее 4 % эффективно перерабатывается, и в ближайшее время не предвидится перемен из-за устойчивых свойств этого полимера. Поэтому необходимо вести активные разработки альтернативных экологически чистых биodeградируемых материалов.

#### 1.4 Биоразлагаемая упаковка как один из способов решения проблемы пластиковых отходов

По мнению многих специалистов, снизить остроту проблемы пластиковых отходов может переход к новым биоразлагаемым полимерам. Одно из самых последних и весьма перспективных направлений в этой области – производство «биопластика».

Биопластик – это материал, созданный на основе биополимеров (белка, нуклеиновых кислот, полисахаридов, лигнина) микроорганизмов, растений, грибов, животных, удовлетворяющий следующим требованиям [25]:

- экологичность – производится из возобновляемого сырья, с минимальным расходом энергии и количеством выбросов;
- безопасность – не представляет угрозы для настоящего и будущих поколений, для окружающей среды;
- биodeградируемость – способность материала к разложению до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в присутствии микроорганизмов не менее чем на 90 % за период в 6 месяцев [26].

Разработка биопластиков ведется с начала двухтысячных годов. Чуть больше чем за 10 лет ученые создали множество биоразлагаемых полимеров, успешно зарекомендовавших себя на мировом рынке. Биопластики представлены в широком ассортименте: полилактиды – полимеры, химически синтезированные из мономеров, полученные из растительного сырья; полигидроксиалканоаты – полимеры, синтезированные микроорганизмами; материалы на основе крахмала, лигнина, хитина, целлюлозы, полимолочной кислоты и другие.

На Мировом рынке биоразлагаемые пластмассы в последние годы демонстрируют рост. Объемы их выпуска с 2012 по 2017 годы выросли с 1,4 млн т до 2, 05 млн т. В отчетном докладе за 2017 год, Ассоциация European Bioplastics привела статистику крупнейших производителей биопластмасс. Лидирующую позицию занимает Азия (56 %), вслед за ней расположилась Европа (18 %), далее Северная (16 %) и Южная Америка (10 %) (рисунок 1) [27].

В структуре потребления биопластмасс наибольшая доля приходится на упаковку – до 58 %, на текстиль – 11 %, потребительские товары – 7 %, автотранспорт – 7 %, строительные материалы – 4 %, сельское хозяйство и садоводство – 5 %, электронику и электротехнику – 2 %, прочие товары – 6 % (рисунок 2).



Рисунок 1 – Глобальные производственные мощности производства биопластика в 2017 году

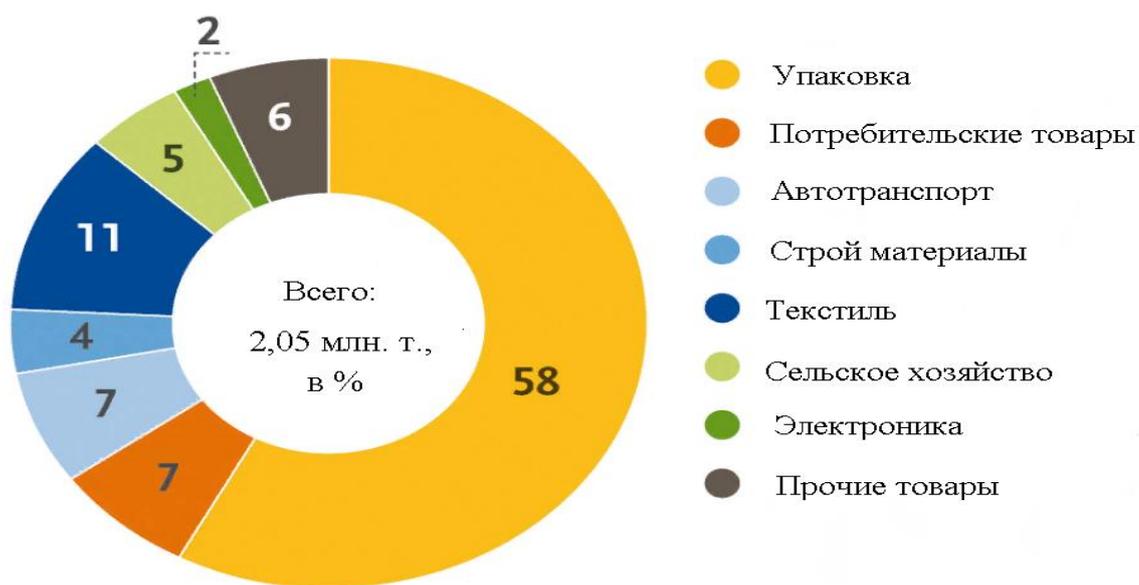


Рисунок 2 – Глобальная структура производства биопластика в 2017 году (по сегментам рынка)

В России производство биопластмасс только зарождается. Однако уже среди крупных отечественных производителей биоразлагаемой упаковки можно выделить: ЗАО «ТИКО-Пластик», выпускающее биоразлагаемые пакеты с добавкой-катализатором; ООО «Артпласт», приступившее в июне 2010 года к

выпуску биоразлагаемой упаковки; ООО «Биакспен», запустившее в 2008 году линию, способную производить биоразлагаемую упаковку из биосырья (картофель, кукуруза и другие биоматериалы с высоким содержанием крахмала) [28].

По прогнозам European Bioplastics в индустрии биопластиков упаковка так и останется ведущим сегментом рынка. Стремительно наберут силу и другие сектора, в частности, бытовая электроника, автомобильный рынок, рынок волокон, строительных материалов [27].

Предполагают, что мировой спрос на биопластмассы будет ежегодно расти на 19 %. Ожидается что к 2022 году производство биополимеров превысит 2,440 млн т. Устойчивый рост спроса ожидается практически на всех географических рынках, чему будет способствовать предпочтение потребителями экологичных материалов, возрастающее внедрение биопластмасс предприятиями, занимающимися переработкой пластмасс, и разработкой новых продуктов, что расширит область применения биопластика. Несмотря на быстрый рост спроса, ожидается, что в 2022 году доля биопластиков будет все еще составлять менее 1 % от общего объема рынка пластиковых полимеров [27].

Успех индустрии биопластмасс в конечном итоге зависит от соотношения цены и качества, а широкомасштабный переход на биопластмассы не произойдет до тех пор, пока не будет достигнут ценовой паритет с обычными пластиковыми полимерами. Эксперты утверждают, что выше перечисленное вполне достижимо и будущее эпохи биопластика уже не за горами.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

2.1 Географическое положение, административно-территориальное деление Республики Адыгея и природно-климатические особенности

Республика Адыгея (РА) – субъект Российской Федерации, входящий в состав Южного федерального округа (ЮФО). Она находится в центральной части Северо-Западного Кавказа в бассейнах двух главных притоков реки Кубань – Лабы и Белой [29].

Площадь республики составляет 7795,9 км<sup>2</sup>, протяженность границ – более 900 км. На севере Адыгея граничит с городом Краснодар, Усть-Лабинским, Динским, Курганинским, Красноармейским районами; на юге – с Адлерским, Лазаревским, Хостинским районами города Сочи; на западе – с Апшеронским, Белореченским, Северским районами Краснодарского края, с городом Горячий Ключ; на востоке – с Курганинским, Лабинским, Мостовским районами. На севере и северо-востоке республика ограничена рекой Кубань и ее притоком Лаба; на юге – Главным Кавказским хребтом; на востоке и юго-западе бассейнами рек Чехрак, Фарс, Белая, Пшиш, Псекупс, Афипс и др.

Крайние точки Адыгеи: северная – поселок Набережный (Красногвардейский район) 45° 13' с. ш. и 39° 38' в. д.; южная – гора Ассара (2632 м, Майкопский район) – 43°46' с. ш., 40°16' в. д.; западная – юго-западнее а. Панахес (Тахтамукайский район) – 44°57' с. ш., 38° 41' в.д.; восточная – юго-восточнее а. Ходзь, на левом берегу Лабы (Кошехабльский район) – 44° 29' с. ш., 40° 46' в. д. Расстояние между северной и южной точками – 208 км, западной и восточной – 165 км. Удаленность южной точки от экватора – 4848 км [30-31].

В соответствии с Законом Республики Адыгея «Об административно-территориальном устройстве Республики Адыгея» [32], республика включает семь муниципальных районов: Гиагинский, Кошехабльский, Красногвардейский, Майкопский, Тахтамукайский, Теучежский, Шовгеновский и два республиканских городских округа: г. Майкоп и г. Адыгейск. Административный центр Республики Адыгея – город Майкоп (таблица 1).

Таблица 1 – Реестр административно-территориальных единиц Республики Адыгея

№ п/п	Наименование	Количество поселений		Количество населенных пунктов	
		городское	сельское	город	населенный пункт
1	МО город Адыгейск	-	-	1	2
2	МО город Майкоп	-	-	1	8
3	МО Гиагинский район	-	5	-	30
4	МО Кошехабльский район	-	9	-	24
5	МО Красногвардейский район	-	7	-	25
6	МО Майкопский район	2	8	-	56
7	МО Тахтамукайский район	2	5	-	27
8	МО Теучежский район	1	6	-	27
9	МО Шовгеновский район	-	6	-	31
	Итого	5	46	2	230

Земельный фонд республики составляет 779,59 тыс. га. Распределение земельного фонда Республики Адыгея по категориям земель представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение земельного фонда по Республике Адыгея

Категории земель	Площадь земель, %
Земли сельскохозяйственного назначения	42,9
Земли населенных пунктов	6,1
Земли промышленности, транспорта, связи и иного назначения	2,1
Земли особо охраняемых территорий	11,9
Земли лесного фонда	30,6
Земли водного фонда	6,2
Земли запаса	0,2
Итого:	100,0

Анализ распределения земельного фонда, показывает, что наибольшую площадь в республике занимают земли сельскохозяйственного назначения, наименьшую – земли запаса (земли, не предоставленные в собственность, владение, пользование и аренду). К ним также относятся земли, право собственности, владения и пользования которыми прекращено [33].

Карта-схема административно-территориального деления Республики Адыгея представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Карта-схема административно-территориального деления Республики Адыгея

Площадь территории муниципальных районов и городских округов Республики Адыгея и распределение земель по данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Адыгея [34] представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Площадь территорий муниципальных районов и городских округов Республики Адыгея

№	Наименование муниципального образования	Общая площадь земель на 01.01.2016 г., км <sup>2</sup>
п/п		
1	МО город Майкоп	283,5
2	МО город Адыгейск	32,4
3	МО Гиагинский район	796,6
4	МО Кошехабльский район	607,5
5	МО Красногвардейский район	725,5

Продолжение таблицы 3

1	2	3
---	---	---

6	МО Майкопский район	3667,4
7	МО Тахтамукайский район	463,6
8	МО Теучежский район	698,0
9	МО Шовгеновский район	521,4
Итого:		7795,9

Анализ площади земель муниципальных образований республики показывает, что большая часть территории занята землями Майкопского района (47,1 %), наименьшая часть – города Адыгейск (0,4 %).

### 2.1.1 Рельеф и климат

Современный рельеф республики формировался в течение длительного геологического времени. Он изменяется и в настоящее время под действием внешних и внутренних сил Земли. По характеру рельефа Адыгею можно разделить на три части: равнинную, предгорную и горную (рисунок 4).

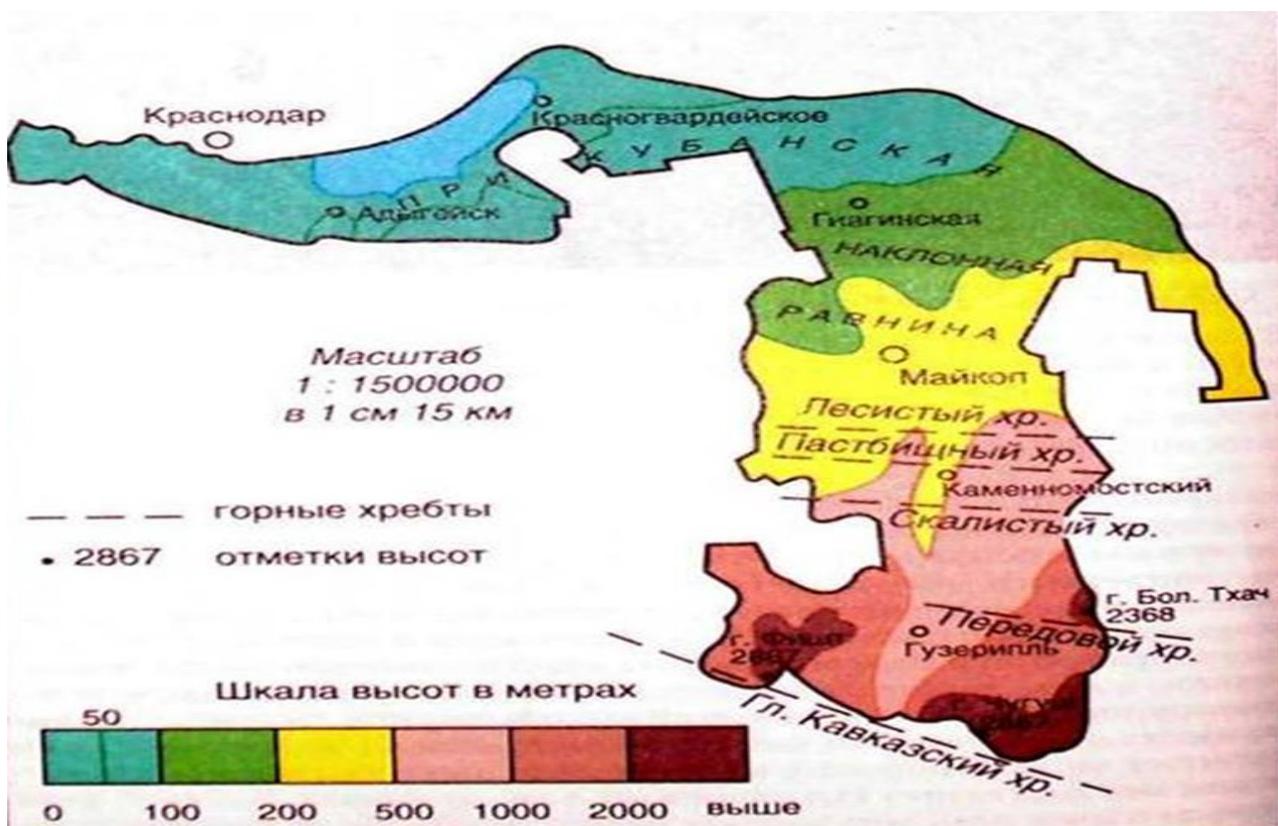


Рисунок 4 – схема рельефа Республики Адыгеи

От станций Дагестанская и Новосвободная до поселка Хамышки расположены низкогорья высотой до 1000 м над ур. м. Далее к югу до поселка Гузерибль наблюдается среднегорный рельеф с отдельными вершинами высотой до 1200 м над ур. м. Начиная с широты поселка Хамышки, с востока, юга и запада территория республики обрамлена высокими горами с типичными для высокогорий эрозионно-денудационными формами рельефа.

Предгорья северного склона Кавказа характеризуются эрозионным куэстово-увалистым рельефом. Основными его формами являются параллельные моноклиналильные хребты (куэсты) и разделяющие их депрессии. В южной части Республики располагается часть альпийской зоны Большого Кавказа, представленной молодыми складчатыми горами. Северный склон представляет собой мощную систему, состоящую из ряда хребтов: Главного, Передового, Скалистого, Пастбищного, Лесистого [35].

Адыгея располагается в зоне умеренно-континентального климата. На территории Республики он неоднородный, ввиду особенностей форм рельефа. Так, на равнинной части климат умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет  $+10,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , продолжительность зимнего периода – 53 дня, годовое количество осадков – 570 – 700/800 мм. Характерен северо-восточный ветер, который приносит резкое похолодание весной и осенью, а зимой и ранней весной может вызвать пыльные бури [35].

В предгорьях (от широты города Майкоп до пос. Каменноостский) климат умеренно-теплый, влажный. Годовое количество осадков составляет 800 – 900 мм. Характерна повышенная влажность воздуха (74 – 81 %). Зимы здесь мягкие со среднемесячной температурой  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность зимнего периода составляет 69 дней. В горной части республики (территория с высотами более 1000 м) климат холодный. Годовая температура воздуха составляет  $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , средняя температура января  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , июля  $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Снежный покров довольно мощный и продолжительный [35].

Среднегодовое количество осадков на территории Республики Адыгея составляет 540 – 860 мм. Среднегодовая температура колеблется от  $3,8$  до

10,9 С. При этом в году наблюдается 200 – 250 количество ясных дней, а суммарная радиация за год составляет 115 – 120 ккал/см<sup>2</sup>.

### 2.1.2 Подземные и поверхностные воды

Республика Адыгея располагает большими запасами водных ресурсов, которые складываются из поверхностных и подземных вод. Водные объекты республики принадлежат бассейну Азовского моря Атлантического океана и относятся к бассейну р. Кубань [36].

Речная сеть Адыгеи представлена 973 реками общей протяженностью 5238 км (густота речной сети 0,67 км<sup>2</sup>), большая часть которых относится к малым рекам и ручьям, текущих, преимущественно, со склонов Большого Кавказа. Питание рек Адыгеи зависит от особенностей климата, геологического строения и высоты расположения бассейна. Для большинства рек характерно смешанное питание со значительной долей снегового и дождевого питания (до 90 %), для Кубани, Лабы и их верхних притоков – ледниковое.

Для водного режима большинства горных рек характерно растянутое весенне-летнее половодье, максимум которого обычно приходится на апрель-май, и дождевые паводки. Реки замерзают в конце ноября, сплошной ледостав обычно наблюдается в нижнем течении равнинных рек, но в связи с частыми оттепелями он неоднократно разрушается. Горные реки с быстрым течением в верховьях не замерзают. Крупнейшими реками республики являются р. Кубань с ее притоками – Лабой, Белой и другими. Среди регионов ЮФО РА занимает первое место по густоте речной сети [36].

По данным Института озероведения Российской Академии наук на территории Адыгеи расположено более 680 озер и искусственных водоемов общей площадью более 440 км<sup>2</sup> (озерность равняется 5,66 %), в том числе около 60 озер площадью более 0,01 км<sup>2</sup> и ряд озер – меньшего размера.

В равнинной части Адыгеи представлены, преимущественно, озера пойменного типа, расположенные в долине Кубани и ее основных притоков. В предгорной и горной частях региона распространены карстовые, ледниковые и озера смешанного типа. Крупнейшим озером Адыгеи является карстово-тектоническое озеро Хуко площадью 0,027 км<sup>2</sup>, расположенное на высоте 1744 м над ур. м в пограничной зоне Краснодарского края и Республики Адыгея.

Искусственных водоемов значительно больше естественных, крупнейшими из них являются Краснодарское водохранилище на р. Кубань и реконструируемое Шапсугское водохранилище на р. Афипс – левом притоке р. Кубань. Активное строительство плотин на реках региона приводит к заиливанию, потере проточности и утрате роли естественной дренажной системы, способствует заболачиванию рек, трансформации их в стоячие водоёмы, развитию процессов метанового брожения. Среди регионов ЮФО Адыгея занимает первое место по озерности территории, но, при этом, последнее место по общей площади озер и искусственных водоемов [36].

Болота и заболоченные земли занимают 40 км<sup>2</sup> (0,51 %) территории республики. Среди регионов ЮФО Адыгея занимает последнее место по общей площади болот и заболоченных земель. Площадь и количество озер, искусственных водоемов, болот, заболоченных земель непостоянны, они зависят от природных (водный режим, климатические явления, заболачивание и др.) и антропогенных (осушение территорий, регулирование стока и др.) факторов. Прогнозные ресурсы подземных вод Адыгеи составляют 800 тыс. м<sup>3</sup>/сут. (4,72 % общего объема прогнозных ресурсов подземных вод ЮФО и 0,09 % – России) [36].

### 2.1.3 Почвы

Почва – это верхний слой земной коры, покрытый растительностью и обладающий плодородием. Это сложное природное естественное историческое образование, возникшее в результате взаимодействия многих факторов: грунта,

климата, растительных и животных организмов, рельефа местности, почвенных и грунтовых вод, хозяйственной деятельности человека и времени.

Почвенный покров Республики Адыгея отличается чрезвычайно сложным устройством. Здесь имеются почвы, находящиеся на разных стадиях развития.

На равнинной части с высотами до 300 м над ур. м. (города Майкоп и Адыгейск, а также Гиагинский, Кошехабльский, Красногвардейский, Тахтамукайский, Теучежский, Шовгеновский районы) преобладают предкавказские выщелоченные черноземы, характеризующиеся большой мощностью гумусового горизонта (1,3 – 1,8 м). По механическому составу это суглинистые малогумусные почвы, содержащие 4 – 6 % перегноя. Почвы тяжелые в обработке, однако, по плодородию являются лучшими среди других видов черноземных почв республики.

По окраинам водораздела Лабы и Белой значительные площади занимают долинные черноземы, отличающиеся более светлой окраской, слабо выраженной структурой и меньшей мощностью гумусового горизонта. В Кошехабльском, Шовгеновском, Майкопском, Гиагинском районах распространены серые лесные, перегнойно-карбонатные, подзолистые, дерновые и луговые почвы. Небольшими пятнами на пониженных участках изредка встречаются засоленные, лугово-болотные почвы (рисунки 5, 6).

Почвенный покров в предгорьях (Майкопский район) на юго-востоке республики, представлен центрально-предкавказскими черноземами, которые начинаются с высоты 300 м над ур. м. и простираются до 800 м над ур. м. Для них характерна интенсивно черная окраска гумусовых горизонтов, высокое содержание перегноя 7,5 - 12 %, отчетливо выражена зернистая структура [37].

Ближе к горам наблюдается переход черноземов к более светлым, обедненным гумусом, с признаками подзолообразования серым лесным, бурым лесным и дерново-карбонатным горнолесным почвам.

Серые лесные почвы преобладают южнее г. Майкоп в лесной зоне. Формируются они под дубовыми лесами с примесью граба и бука с подлеском из лещины, калины, бересклета. Делятся на три подтипа: темно-серые, серые,

светло-серые лесные почвы. Относятся к тяжелым суглинкам. Общая мощность гумусового горизонта – 60 см. Бурые лесные почвы находятся под буково-грабовыми и буково-пихтовыми лесами, занимая среднегорную часть Майкопского района. Отличаются высоким плодородием и большей выщелоченностью. Структура зернисто-комковатая. Мощность гумусового горизонта колеблется от 2 - 5 до 30 - 60 см. Дерново-карбонатные горнолесные почвы находятся на границе между серыми и бурыми лесными почвами, полосой в 2 - 5 км на широте пос. Каменноостский через весь Майкопский район. На пологих склонах и ровных местах гумусовый горизонт доходит до 30 см [38].

В горной части республики почвы дерново-карбонатные, горно-луговые дерновые, горно-луговые черноземовидные.

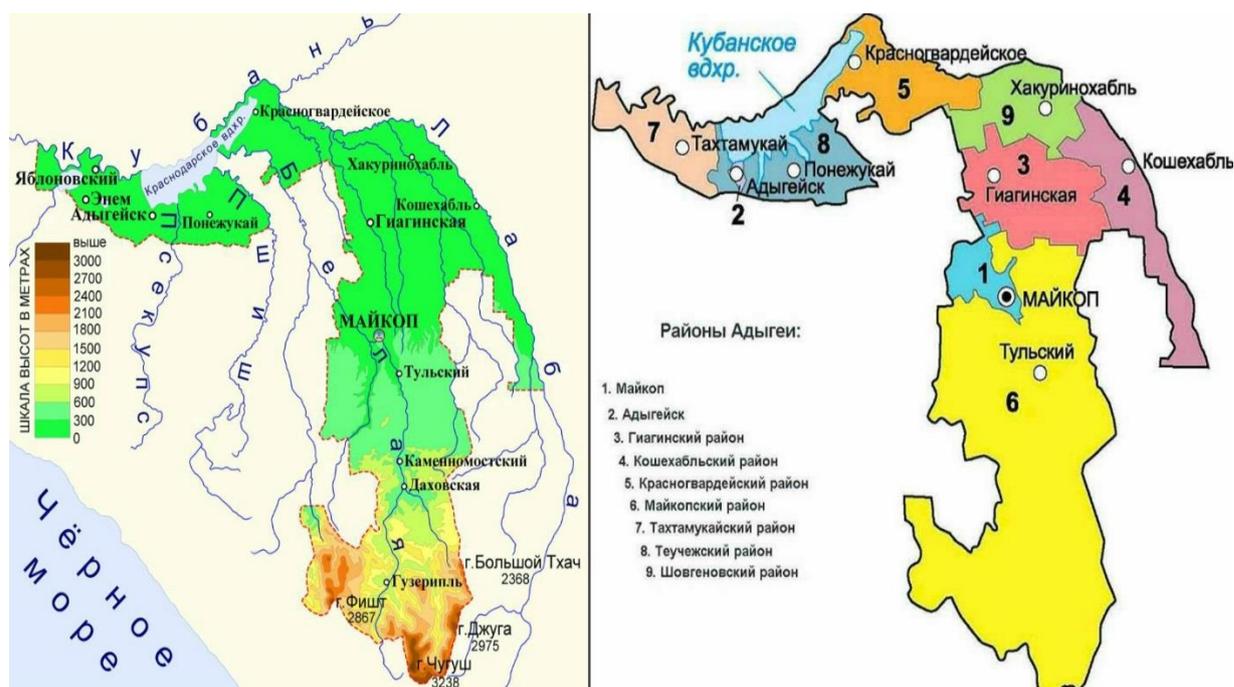


Рисунок 5 – Карта рельефа местности (слева), карта административно-территориального деления (справа)

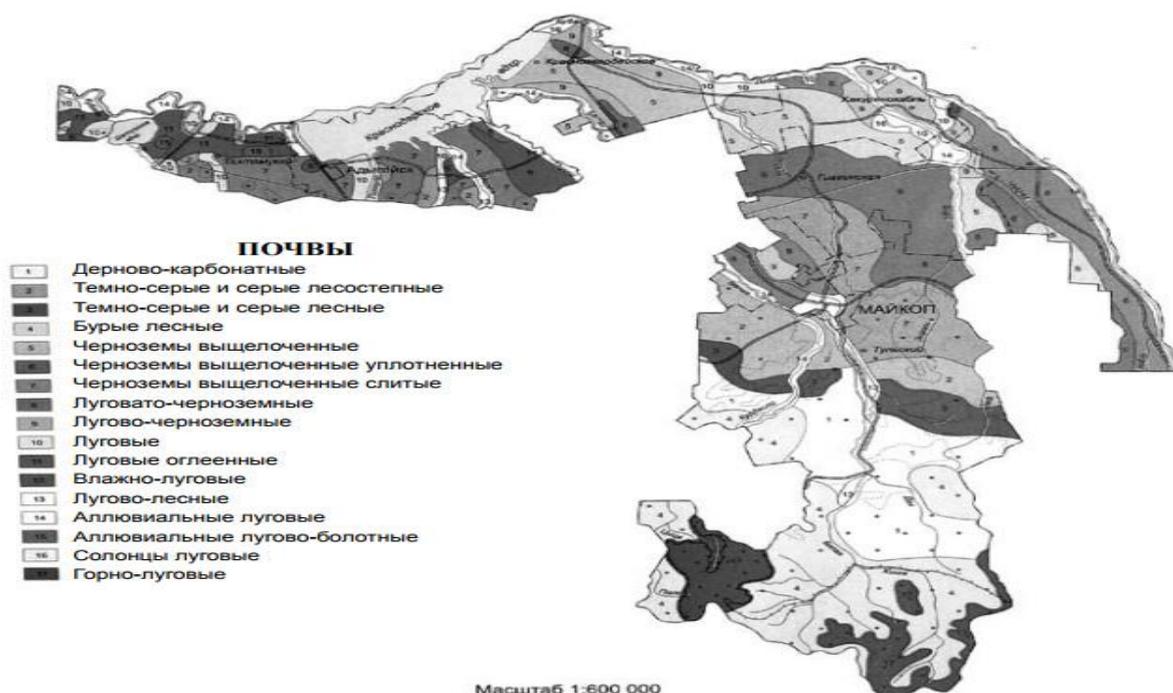


Рисунок 6 – Почвенная карта Республики Адыгея

#### 2.1.4 Растительный и животный мир

Растительный и животный мир Адыгеи характеризуются исключительным разнообразием ввиду природно-климатических особенностей. В распределении и размещении в пространстве растений и животных, четко прослеживается поясной и высотный характер. Выделяют степной, лесостепной, лесной, субальпийский, альпийский, субнивальный, нивальный пояса.

Видовой состав растительности Адыгеи насчитывает около 2000 видов растений. В наиболее изученных предгорной и горной зонах республики, где расположена часть Кавказского государственного природного биосферного заповедника имени Х.Г. Шапошникова (КГПБЗ), их насчитывается около 1500 видов [39].

Леса Адыгеи являются одним из главных ее богатств. Они занимают почти 40 % территории (около 280 тыс. га). В низкогорных лесах господствуют

дуб черешчатый, дуб Гартвиса, клены красивый и полевой, ясень высокий, груша кавказская, яблоня восточная, кизил обыкновенный и др.; в буковых лесах в составе древостоя встречаются дуб скальный, граб обыкновенный. Из третичных реликтов в них можно встретить тисс ягодный. В подлеске образуют заросли рододендрон желтый, черника кавказская, менее обильны – самшит колхидский, падуб колхидский и др. [40]. В среднегорном лесном поясе распространены буково-пихтовые и пихтовые леса.

На границе горных лесов и субальпийских лугов (1700 – 2000 м) над ур. м., узкой полосой располагается березовое и буковое криволесье. Стволы деревьев здесь саблеобразно изогнуты из-за действия ветров, снегопадов, непогоды. Эти леса первыми принимают удары лавин, оберегая нижележащий древостой.

Субальпийские луга (от 1800 до 2000 – 2500 м над ур. м.) разнообразны по флористическому составу. Растения цветут в разные сроки, поэтому луга меняют свой облик. Весной цветут рябчик желтый, горечавки оштенская и пиренейская, первоцветы. Позже луга приобретают нежный бело-розовый цвет от цветущей ветреницы пучковатой. Затем зацветают колокольчики, водосбор альпийский, лилия однобратственная, буквица крупноцветковая. Широко представлены злаки: душистый колосок, овсяница пестрая, вейник тростниковидный, луговик дернистый. Среди субальпийских лугов, на опушках леса, часто у верхней границы последнего, развивается высокотравье – сообщество гигантских трав, достигающее 2 – 3 м в высоту [41].

Переходную полосу между субальпийским и альпийским поясами занимают труднопроходимые заросли рододендрона кавказского. Это – вечнозеленый кустарник с кожистыми темно-зелеными листьями и белыми цветками с желтоватым отливом. Альпийский пояс простирается с высот 2000 – 2400 до 2600 – 2800 м над ур. м. Ковер низкотравной альпийской растительности сформирован, в основном, из осок и злаков. Из кустарников отмечены рододендрон кавказский и волчегодник скученный.

Выше 2900 – 3000 м над ур. м. встречаются пятна лишайников, мхов, специфических растений скал и осыпей. Некоторые из них имеют мощные корни, при помощи которых закрепляются в расщелинах скал. В трещинах скал и камней можно встретить василистник трижды-тройчатый, валериану скальную, манжетку шелковую, а также растения-подушки, типичным представителем которых является крупка моховидная.

Животный мир Республики представлен тибетской, казахстанской, южноазиатской, голарктической и европейской фаунами. Общая численность млекопитающих составляет 87 видов, птиц – 275 видов, рыб – 91, пресмыкающихся – 19, земноводных – 11 видов, и несколько тысяч видов беспозвоночных животных [42].

В степном поясе земноводные представлены гребенчатым и обыкновенным тритонами, жерлянкой краснобрюхой, чесночницей обыкновенной, жабами, серой и зеленой, озерной лягушкой, черепахой болотной; птицы – степным орлом, черным стрижем, щуркой золотистой, малым, хохлатым и полевым жаворонками, деревенской и городской ласточками, соловьем южным, чеканами черноголовым и луговым, дроздом черным, большой синицей и др.; млекопитающие – грызунами (суслик малый, крыса серая, мыши домовая, лесная, желтогорлая), хомяками (серый, обыкновенный и предкавказский), хищниками (волк, шакал, лисица, ласка, кошка лесная), парнокопытными (кабан, косуля) [42].

В лесостепном поясе земноводные представлены лягушкой малоазиатской, квакшей обыкновенной; птицы – поганкой малой, нырком красноголовым, коршуном черным, орланом белохвостым, фазаном, горлицей кольчатой, сычем домовым, зимородком голубым, сорокопутом чернолобым, горихвосткой чернушкой, дроздом певчим, камышовкой болотной, мухоловкой серой, овсянкой обыкновенной и др.; млекопитающие – насекомоядными (еж обыкновенный, кроты кавказский и малый, бурозубка кавказская и др.), рукокрылыми (ночница остроухая, длиннокрыл обыкновенный), грызунами (тушканчик большой, слепыш обыкновенный, крыса черная, мышь лесная,

полевка кустарниковая), хищниками (собака енотовидная, енот-полоскун, перевязка, куница лесная) [42].

В лесном поясе птицы представлены ястребами (тетеревятником и перепелятником), совой болотной, сычом мохноногим, дятлом зеленым, большим пестрым дятлом, дятлом белоспинным, дятлом средним и малым, трясогузкой горной, лесным коньком, горным коньком, дроздом белозобым, камышовкой дроздовидной, славкой завирушкой, воробьем каменным и др.; млекопитающие – кротами (кавказский, малый, бурозубки Радде, Волнухина и кавказская), хищниками (ночницей остроухой, ушаном, волком, шакалом, лисицей, медведем бурым, норкой европейской), куницей лесной и каменной, барсуком, выдрой, кабаном, косулей, оленем благородным, серной, туром западно-кавказским, зубром [42].

В субальпийском и альпийском поясах пресмыкающиеся представлены веретеницей, ящерицами (Дерюгина, кавказской, скальной), ужами водяным и обыкновенным, гадюками степной и кавказской; птицы – грифом черным, сипом белоголовым, уларом кавказским, тетеревом кавказским, голубем сизым, жаворонком рогатым, горихвосткой краснобрюхой, дроздом каменным и пестрым, пеночкой кавказской, вьюрком красношапочным, коноплянкой горной, чечевицей большой, галкой альпийской и др.; млекопитающие – кротами кавказским и малым; бурозубкой кавказской, ночницей остроухой и усатой, вечерницей рыжей, зайцем русаком, соней лесной, мышовкой кавказской; полевками (дагестанской, гудаурской, снежной, Роберта), волком, лисицей, медведем бурым, горностаем, норкой европейской, куницей каменной и лесной, кабаном, косулей, оленем благородным, туром кавказским, зубром [42].

Субнивальный пояс не имеет своей эндемичной фауны. Встречающиеся здесь виды представлены выходцами из нижележащих поясов. Нивальный пояс характеризуется неблагоприятными условиями, поэтому среди животных нет характерных, постоянно встречающихся здесь видов.

### 2.1.5 Особо охраняемые природные территории

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – это объекты общенационального достояния, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное значение, полностью или частично изъятые из хозяйственного использования [43].

Адыгея стала единственным в мире государственным образованием, где особо охраняемые природные территории составляют более одной трети ее площади, а почти 14 % стали объектами Всемирного природного наследия (рисунок 7) [44].

Самой крупной ООПТ в Адыгее является Кавказский государственный природный биосферный заповедник им. Х.Г. Шапошникова (КГПБЗ), расположенный в средней части Северо-Западного Кавказа в верховьях рек Белая, Малая Лаба – на северном макросклоне, Головинка, Мзымта – на южном. КГПБЗ ограничен координатами  $36^{\circ}45' - 40^{\circ}50'$  с.ш. и  $43^{\circ}30' - 44^{\circ}05'$  в.д. Общая площадь составляет 281,6 тыс. га.

Заповедник находится на территории трех субъектов Российской Федерации: Краснодарского края, Республики Адыгея и Карачаево-Черкесской республики. Основу рельефа составляет Главный Кавказский хребет, разделяющий территорию на северный и южный макросклоны, Передовой хребет, расположенный к северу от Главного, а также систему хребтов южного макросклона [45].

Природный парк «Большой Тхач» в 1999 году включен в Список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Общая площадь составляет 3700 га. Территория примыкает к границе КГПБЗ, а часть квартальной сети вдоль границы является охранной зоной заповедника, т.е. имеет закрепленный природоохранный статус [45].

Государственный природный охотничий видовой «Шовгеновский» заказник. Образован в 1963 г. на площади 27,5 тыс. га с целью сохранения и воспроизводства местных популяций фазана, зайца, выдры, норки и

поддержания целостности зоосообществ. Расположен на левобережье р. Лаба в районе устья р. Чехрак, на наклонной предгорной равнине [45].

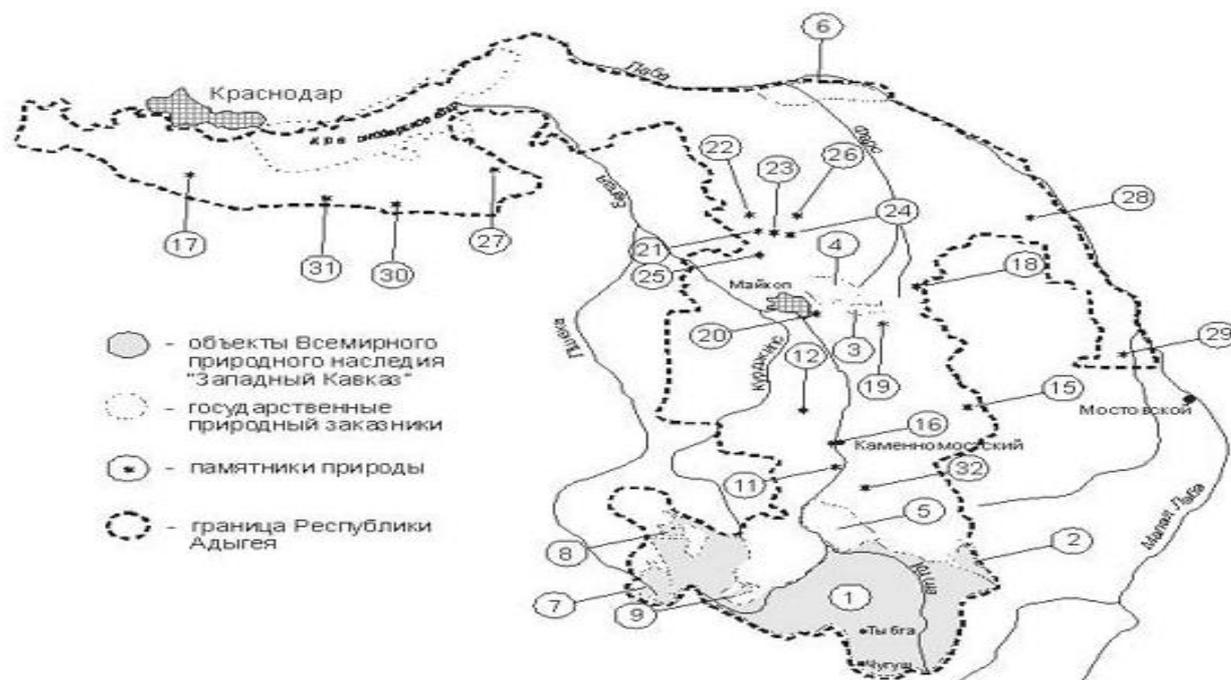


Рисунок 7 – Схема расположения особо охраняемых природных территорий:

- 1 – КГПБЗ; 2 – Природный парк «Большой Тхач»; 3 – «Майкопский ботанический сад»; 4 – «Кужорский ботанический сад»; 5 – «Даховский заказник»; 6 – «Шовгеновский заказник»; 7 – «Верховья рек Пшеха и Пшехашха»; 8 – «Верховья реки Цица»; 9 – «Хребет Буйный»; 10 – «Долина реки Руфабго»; 11 – «Гранитное ущелье»; 12 – «Река Полковницкая Балка»; 13 – «Хаджохская теснина»; 14 – «Гора Монах»; 15 – «Роща медвежьего ореха»; 16 – «Казачий камень»; 17 – «Дуб Долгожитель»; 18 – «Посадка бархата Амурского»; 19 – «Дуб Араксинский»; 20 – «Родник Солдатский»; 21 – «Зона отдыха Центральная»; 22 – «Зона отдыха Дальняя»; 23 – «Зона отдыха Сухой Келермес»; 24 – «Зона отдыха Медовая»; 25 – «Зона отдыха Берёзовая роща»; 26 – «Родник Природный»; 27 – «Родник у мельницы»; 28 – «Родник Блечепсин»; 29 – «Родник Ходзинский»; 30 – «Лесопарк Юбилейный»; 31 – «Урочище Псекупское»; 32 – «Пещера Даховская».

Государственный комплексный охотничий «Даховский» заказник. Образован в 1991 году на площади 23 тыс. га в Майкопском районе, с целью поддержания целостности естественных сообществ, сохранения и воспроизводства всех видов охотничьих животных, обитающих на его территории (зубр, олень, кабан, косуля, серна, куница и др.). Расположен в

горнолесной местности между реками Белая, Дах и Киша. На юге граничит с КГПБЗ, на западе, севере и востоке – с лесными землями Гузерипльского лесхоза [45].

#### 2.1.6 Население и экономика

По данным Федеральной службы государственной статистики по Республике Адыгея численность постоянного населения по Муниципальным образованиям и населенным пунктам Республики Адыгея по состоянию на 1 января 2018 г. составила 453 376 тысяч человек (таблица 4).

Таблица 4 – Численность населения муниципальных районов и городских округов Республики Адыгея

№	Наименование муниципального образования	Численность населения на 01.01.2018 г., чел.
1	МО город Майкоп	165279
2	МО город Адыгейск	15207
3	МО Гиагинский район	31394
4	МО Кошехабльский район	29726
5	МО Красногвардейский район	31765
6	МО Майкопский район	60107
7	МО Тахтамукайский район	82909
8	МО Теучежский район	20802
9	МО Шовгеновский район	16187
Итого:		453376

Анализ численности населения муниципальных районов и городских округов республики показывает, что наибольшая демографическая нагрузка приходится на город Майкоп, а наименьшая – на город Адыгейск (рисунок 8).

Численность сельского населения Республики Адыгея составляет 239556 тысяч человек, расселившихся в 230 сельских населенных пунктах. На протяжении последних 10 лет постепенно растет (таблица 5). В результате доля сельского населения на 1 января 2018 года составила 52,8 % от всего населения Республики, что значительно превысило долю городского населения, на которую приходится 47,2 % (рисунок 9).

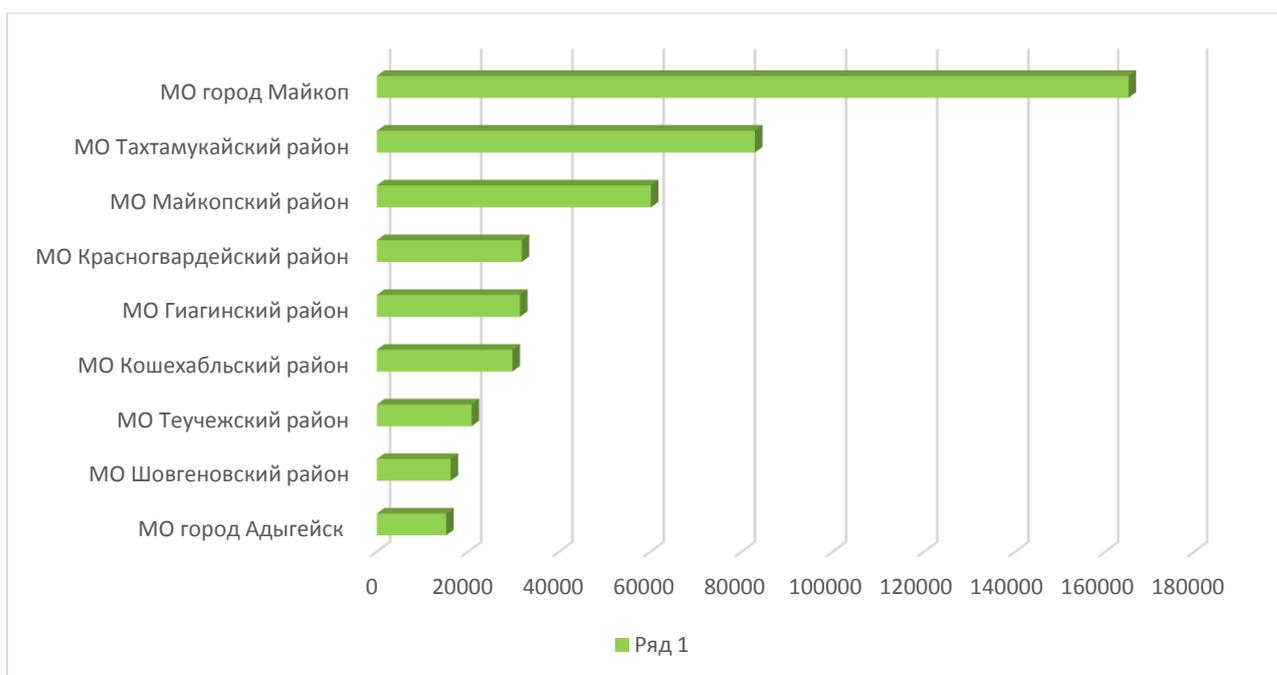


Рисунок 8 – Население Республики Адыгея

Таблица 5 – Динамика численности населения по Республике Адыгея

На 1 января 2018 года	Все население, тыс. чел.	В том числе:		В общей численности населения, %	
		городское	сельское	городское	сельское
2007	438,6	224,0	214,6	51,1	48,9
2008	437,9	222,8	215,1	50,9	49,1
2009	439,4	224,4	215,0	51,1	48,9
2010	439,8	224,4	215,4	51,0	49,0
2011	439,9	223,8	216,1	50,9	49,1
2012	442,5	207,6	234,9	46,9	53,1
2013	444,4	208,7	235,7	47,0	53,0
2014	446,4	209,9	236,5	47,0	53,0
2015	449,2	211,7	237,5	47,1	52,9
2016	451,5	213,5	238,0	47,3	52,7
2017	453,4	214,5	238,9	47,3	52,7
2018	453,4	213,8	239,5	47,2	52,8

По уровню концентрации сельского населения семь административных районов могут быть сгруппированы в 3 группы: с наименьшей численностью сельских жителей – Теучежский (6,3 %), Шовгеновский районы (6,8 %); со средней численностью сельских жителей – Тахтамукайский (12,3 %), Кошехабльский (12,4 %), Гиагинский (13,1 %), Красногвардейский (13,3 %) районы; с высокой численностью – Майкопский район (25 %).

Основная роль в высокой численности Майкопского района принадлежит миграционному приросту. Благоприятная социально-экономическая, экологическая, рекреационная обстановка обеспечивают миграционную привлекательность территории.

Для городского расселения характерна высокая концентрация населения в городе Майкоп, на долю которого приходится 66,4 % от всего городского населения республики (рисунок 9). Основная причина – развитая инфраструктура.

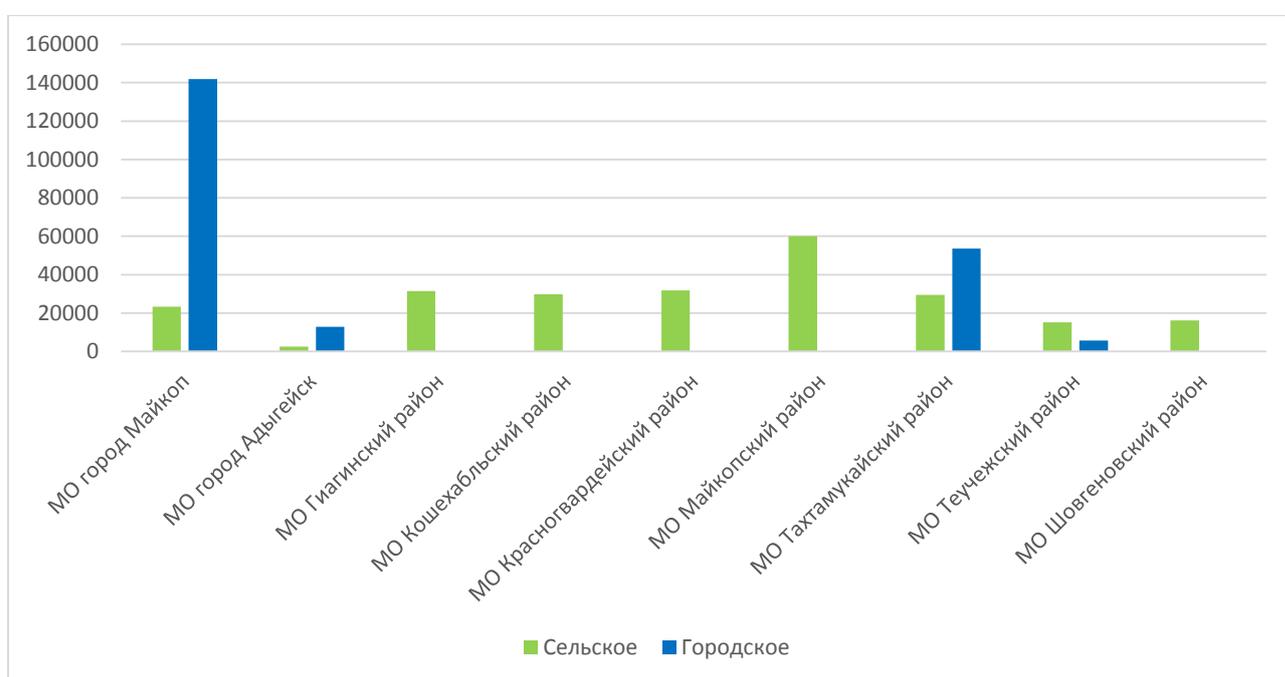


Рисунок 9 – Численность сельского и городского населения в муниципальных образованиях

Адыгея относится к регионам с высокой демографической нагрузкой. Положительной динамике демографических показателей способствуют федеральные программы, а также успешная реализация комплекса организационных и лечебно-профилактических мероприятий на республиканском уровне. Естественную убыль населения компенсирует миграционный прирост.

Средняя плотность населения на 1 января 2017 года составляет 58,2 человек на 1 км<sup>2</sup>, что в шесть раз превышает соответствующий показатель по России в целом и почти в двое по ЮФО. Численность мужчин составляет 211693 человек (46,69 %), женщин – 241673 человек (53,31 %). К трудоспособному возрасту относятся 173017 жителей республики, моложе трудоспособного возраста – 60784, старше – 76222 человек (рисунок 13) [46]. Население старше трудоспособного возраста составляет 16,8 %, что на 1,3 % выше показателей по России.

Адыгея – многонациональная республика, на ее территории проживают более 80 национальностей. Национальный состав по последней переписи населения 2010 года выглядит следующим образом: русские (63,6 %), адыгейцы (25,8 %), армяне (3,7 %). К числу других народов, населяющих республику, относятся украинцы, курды, татары, греки, белорусы, азербайджанцы, цыгане и др. [46].

В последние годы экономика Республики Адыгеи демонстрирует рост по всем направлениям народного хозяйства, устойчивое развитие с очевидной социальной направленностью. Благоприятные климатические условия, наличие плодородных земель и промышленных запасов ряда полезных ископаемых в значительной мере определили приоритеты в развитии экономики республики. Она выступает как поставщик разнообразного сельскохозяйственного сырья, продукции машиностроения и металлообработки, лесной, деревообрабатывающей, пищевой промышленности. Большие запасы минеральных и термальных вод позволяют развивать санаторно-курортную сеть [47].

Сегодня в республике действует более 90 крупных и средних предприятий, представляющих 11 отраслей. Ведущей отраслью является пищевая промышленность, удельный вес которой в общем объеме производства составляет около 50 %. Предприятия пищевой промышленности производят мясные и плодоовощные консервы, кондитерские, макаронные и винно-водочные изделия, пиво и молочную продукцию, пользующиеся

большим спросом не только в Адыгее и России, но и за рубежом. Продукция предприятий республики экспортируется в зарубежные страны. Это изделия машиностроительных, деревообрабатывающих заводов, предприятий легкой промышленности. В Адыгее созданы новые перспективные предприятия по производству полипропиленовой мешкотары и расфасовке моторных масел.

В аграрном секторе сельскохозяйственную продукцию производят более 1,5 тыс. хозяйств всех форм собственности: акционерные общества, товарищества различных типов, коллективно-долевые хозяйства. Посевная площадь составляет около 200 тыс. га, валовой сбор зерновых культур возрос до 350 тысяч т в 2001 году. Сельское хозяйство является приоритетным направлением развития экономики. Природные условия определяют его многоотраслевой характер. Развито мясное и молочное животноводство, промышленное птицеводство, рыбоводство. Наибольший удельный вес в растениеводстве занимают зерновые и технические культуры, овощи. Выращивают пшеницу, ячмень, кукурузу, рапс, рис, подсолнечник, южные сорта яблок, груш, слив, черешни, вишни, винограда и другие плоды, лекарственные растения. Предмет особой гордости Адыгеи – чай [47].

Издавна национальной гордостью адыгов было коневодство. Теперь в республике возрождается эта некогда забытая отрасль хозяйства. Важной составляющей природного потенциала республики являются курортно-рекреационные и туристические ресурсы. Территория Адыгеи относится к зоне смешанного туризма, как спортивно-оздоровительного, так и познавательного. Также республика обладает значительными охотничьими ресурсами [31].

Активно развивается в республике малый бизнес, который способствует преодолению кризисных явлений, реформированию экономики, решению социальных проблем. Республика Адыгея постоянно стремится к расширению международных экономических связей. Партнерами предприятий и организаций Адыгеи во внешней торговле являются более 30 стран мира, включая Германию, Турцию, Францию, Италию. Республика экспортирует редукторы различных модификаций, станки, лесоматериалы, масличные

культуры, рис, консервированную продукцию. В Адыгее работают около 50 предприятий с иностранными инвестициями – компании из Британии, Франции, Турции, Сирии [47].

Положительная динамика роста экономики ведет к увеличению потребления природных ресурсов: земельных, водных, биологических, рекреационных, что может нарушать хрупкий экологический баланс.

### 2.1.7 Экологическая обстановка

В последние годы экологическая обстановка в Республике Адыгея остается достаточно напряженной ввиду острых экологических проблем, возникших на ее территории.

Основные источники загрязнения среды в республике: автотранспорт, промышленность, сельское хозяйство, отходы [48]. Первое место, как загрязнитель воздушного бассейна, занимает автомобильный транспорт, на долю которого приходится до 65 % всех вредных выбросов. При его работе в воздух попадают токсичные для живого мира вещества, такие как оксиды углерода, углеводороды, оксиды азота, свинец, пыль и др. Особенно высокая концентрация загрязняющих веществ отмечается в городах, райцентрах, других населенных пунктах вдоль дорог с интенсивным движением автотранспорта. Выбросы вредных веществ от передвижных источников в 2015 году составили 44,614 тыс. т.

Загрязняют атмосферу и промышленные предприятия: ОАО «Еврохим-БМУ», АО «Дружба», ЗАО «Картонтара», ПКО, ААК, завод стройматериалов. В воздухе Майкопа превышены предельно допустимые концентрации оксидов серы, углерода, азота, аммиака, сероводорода. Атмосферные осадки в среднем по республике имеют кислую реакцию [48]. Концентрация населения и промышленности привела к тому, что большая часть выбросов загрязняющих веществ в атмосфере Адыгеи приходится на г. Майкоп, Тахтамукайский, Гиагинский, Кошехабльский районы.

В неудовлетворительном состоянии находятся реки республики. В республике в водоохраной зоне расположено 96 животноводческих ферм, сбрасывающих неочищенные сточные воды прямо в реки. И, хотя работают 36 очистных сооружений, только шесть из них обеспечивают очистку воды до принятых норм. Поэтому в воды наших рек попадает в 5 раз больше допустимого количества нефтепродуктов, соединений азота, в 2,5 раза больше соединений фосфора и др. соединений. Кроме того, без очистки в реки сбрасывается 155 млн. м<sup>3</sup> вод с сельхозугодий, содержащих минеральные удобрения и ядохимикаты [48].

Серьезные опасения вызывают сокращения видового разнообразия растений и животных. Главная причина антропогенный фактор: вырубка лесов, распространение в лесном фонде на территории Республики Адыгея очагов инвазивных вредителей (огневка самшитовая), незаконный отстрел животных, пожары.

Главной проблемой республики остается состояние почв. Почвы являются основным природным ресурсом Республики Адыгея. Нетоксичная почва – необходимое условие для поддержания экологического равновесия и нормальной жизнедеятельности человека. Представляет собой один из основных природных ресурсов, необходимых для развития общества. Антропогенные воздействия на почвы с каждым годом становятся более обширными, чем на другие экосистемы. В результате интенсивного использования почв в сельском хозяйстве естественное плодородие снизилось вдвое, ухудшилась структура, увеличилась распыленность пахотного горизонта, практически исчезли старые сверхмощные предкавказские черноземы. Большая часть обследованных почв таит в себе потенциальную опасность. Заметно загрязнение земель пестицидами, тяжелыми металлами и другими опасными соединениями. Практически во всех почвах концентрация цинка превышает предельно допустимую концентрацию в 1,5 – 1,9 раза. Вторым по уровню загрязнения почв является хром. Значительная часть почв

содержит свинец, никель, ванадий и др. в количествах, превышающих ПДК [49, 50].

Деграляция почв связана с эксплуатацией Краснодарского водохранилища – поднялся уровень грунтовых вод в результате чего отмечен рост площади заболоченных земель на больших территориях, прилегающих к водохранилищу (Теучежский, Красногвардейский, Тахтамукайский районы). Произошло изменение климата в сторону увеличения влажности. Почвы интенсивно теряют свое начальное плодородие, происходит развитие эрозионных процессов, усиление пестицидной нагрузки. Разрушение биогеоценотического покрова приводит к исчезновению многих степных таксонов [50].

Другой промышленный объект, оказывающий негативное влияние на состояние почв – предприятие ОАО «Еврохим-БМУ» (Белореченский химзавод), расположенный в непосредственной близости от границ республики. В настоящее время предприятие производит серную кислоту, экстракционную фосфорную кислоту, сложные минеральные удобрения: аммофос, жидкие комплексные удобрения, кормовые обесфторенные фосфаты, при производстве которых в воздух выделяются пары соляной и серной кислот, сернистый ангидрид, пыль серы элементной, сероводород, диоксид азота, аммиак, оксиды углерода, аэрозоли тяжелых металлов, фосфорные и фтористые соединения. Прямого загрязнения почвы не происходит, однако осуществляется оно посредством выпадения осадков, конденсировавших загрязнители. Так в зоне влияния завода состояние почв заметно меняется, наблюдается количественное изменение фосфора и общего азота. Отмечается повышенная кислотность почв во все периоды года, в летний период фиксируется повышение щелочности почвенного раствора по сравнению с весенним сезоном.

Постоянными источниками загрязнения почв и окружающей среды являются твердые бытовые отходы (ТБО). В Адыгее насчитывается девять зарегистрированных полигонов по захоронению ТБО общей площадью 37,7 га,

сосредоточенных в городах Майкоп и Адыгейск, аулах Кошехабль, Хакуринохабль, Понежукай, Тахтамукай, поселке Тульский, станице Гиагинская, селе Красногвардейское. Ежегодно на полигоны вывозится более 350000 т отходов. В сумме за предшествующие годы их накоплено уже более 1,5 млн. м<sup>3</sup>. Большинство полигонов не удовлетворяют современным требованиям, а емкость некоторых полигонов находится на грани исчерпания. Растет число и несанкционированных свалок по РА. Проблема мусора самая острая и актуальная на сегодняшний день. Поэтому необходимо предпринимать срочные меры, направленные на снижение ТБО, посредством перехода на альтернативные биоразлагаемые материалы, не представляющие угрозы для живой материи природы [51].

## 2.2 Объект исследования

Объектом исследования является вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) – дереворазрушающий гриб-сапрофит (ксилофит), широко распространенный в лесах Адыгеи.

Ножка вешенки обыкновенной короткая (иногда практически незаметная), плотная, сплошная, эксцентрическая или боковая, цилиндрическая, суженная к основанию, часто изогнутая, 2-5 см длиной и 0,8-3 см толщиной. Поверхность ножки белая, гладкая; у основания буроватая, слегка войлочная.

Шляпка составляет в диаметре 5-15 (30) см, мясистая, сплошная, округлая, с тонким краем; форма уховидная, раковиннообразная или почти круглая. У молодых грибов шляпка выпуклая с завернутым краем, позднее – плоская или широковоронковидная с волнистым или лопастным краем. Поверхность шляпки гладкая, глянцевая, часто волнистая. При произрастании во влажных условиях шляпка гриба часто покрыта мицелиальным налетом. Цвет шляпки изменчивый, меняется от темно-серого или буроватого у молодых

грибов до пепельно-серого с фиолетовым оттенком у зрелых грибов, а с течением времени выцветает до беловатого, сероватого, желтоватого.

Пластинки 3-15 мм шириной, тонкие, нисходящие по ножке, около ножки с анастомозами (перемычками); у молодых грибов беловатые, с возрастом желтеющие или сереющие. Споровый порошок белый или розоватый. Споры 8-13 × 3-4 мкм, гладкие, цилиндрические, удлинено-яйцевидные, бесцветные [52].

Гриб произрастает группами, реже одиночно, на пнях, валежнике, сухостойных или живых ослабленных деревьях различных лиственных (дуб, береза, рябина, осина, ива), реже хвойных пород в лиственных и смешанных лесах, парках и садах. Вешенка обыкновенная вызывает желтую смешанную гниль стволов деревьев. Заражение происходит через морозобойные трещины. Плодовые тела формируются с сентября по декабрь в местах наибольшего развития гнили.

В отличие от других грибов вешенка обыкновенная в искусственных условиях растет практически на любом субстрате, содержащем целлюлозу и лигнин: на отходах деревопереработки (опилках, стружке, коре), на отходах сельскохозяйственного производства (солومه злаковых культур, початках и стеблях кукурузы, отходах сахарного тростника, камыше, лузге подсолнечника), на бумаге и т.п. Оптимальный температурный режим для прорастания находится в пределах от +16 °С до +22 °С.

Вешенка обыкновенная относится к хищным грибам, способна образовывать ловчие петли для захвата нематод. Переваривая круглых червей, она тем самым получает азот, необходимый для ее жизнедеятельности.

### 2.3 Методика выполнения работы

Выпускная квалификационная работа выполнена в 2017–2018 гг. и включала несколько этапов: выбор темы и объекта исследования; постановка цели и задач исследования; изучение литературных источников и нормативных

документов и подготовка литературного обзора; сбор информации по рассматриваемой проблеме; выполнение практической части; обработка данных и обсуждение результатов; написание работы.

Методологической основой для исследования послужили научные труды известных отечественных и зарубежных биологов, экологов и инженеров. В качестве теоретической базы были использованы публикации, посвященные культивированию грибов, а также новым разработкам в области биоинженерии. В основу исследования вошли такие научные методы как: наблюдение; анализ; синтез; эксперимент; сравнение.

Перед началом работы необходимо надеть спецодежду – резиновые перчатки, халат, ватно-марлевую повязку (или респиратор) для предотвращения попадания спор в легкие (способны вызвать аллергию, сопровождающуюся повышением температуры, появлением головной боли).

### 3 СОЗДАНИЕ МИЦЕЛИЕВОГО БИОПЛАСТИКОВОГО МАТЕРИАЛА (ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ)

Из всех таксонов грибного царства наибольший интерес, для создания мицелиевого биопластика, представляет отдел базидиомицетов, поскольку эти грибы способны к гораздо более сложным органическим структурам, нежели остальные, легко поддаются культивированию в искусственных условиях, имеют высокую скорость роста.

Базидиомицеты – это отдел высокоорганизованных грибов, имеющих особые органы размножения – базидии. Они имеют значимые особенности, которые делают их наиболее предпочтительными для создания мицелиевого биопластика: септы и анастомоз.

Септа (от лат. *septum* – перегородка, ограда) – это поперечная клеточная стенка с небольшим отверстием (порой). Если гифа разрывается, цитоплазма, находящаяся под давлением, начинает стекать через разрыв, что приводит к существенному повреждению и большой потере питательных веществ для грибковой колонии. Стягиваясь, септа предотвращает эти потери, тем самым значительно снижая ущерб, причиненный колонии разрывом [53].

Второй важной характеристикой является анастомоз. Анастомоз – это способность двух разных гиф, сливаться вместе, когда они встречаются и создавать большие сети, через которые питательные вещества могут транспортироваться от районов с высоким содержанием питательных веществ в районы с низким содержанием [54]. Анастомоз имеет решающее значение для создания быстрорастущего мицелия, так как способствует однородному росту колоний и ведет к быстрой колонизации субстрата. Кроме того, анастомоз создает более сильный мицелий. Поскольку все гифы связываются между собой, полученная масса становится более когерентной, это позволяет мицелию под действием сил напряжения (давления) распространяться на большие площади, заполняя собою все полости [55].

### 3.1 Мицелиевый биопластик как альтернатива синтетическим полимерам

Объектом исследования в работе является вешенка обыкновенная. На основе ее мицелия предполагается создание мицелиевого биопластика – композита, состоящего из связующего вещества – мицелия, и армирующего вещества – субстрата растительных волокон. Субстрат – это основа, выполняющая роль питательной среды [56].

Мицелий (грибница) – это вегетативное тело грибов, состоящее из тонких (1,5-10 мкм толщиной) разветвленных нитей, называемых гифами [57]. Мицелий обладает важным свойством, благодаря которому нашел применение в биоинженерии: развивается в субстрате, связывая органические материалы подобно клею, прочно удерживая их вместе. Это осуществляется за счет длины его волокон, достигающих 35 км на 1 грамм субстрата.

Первым обнаружил связывающую силу мицелия Сигеру Яманака (Shigeru Yamanaка). В 1980-х годах он получил патент на использование мицелия для связывания ткани и бумаги [58]. Однако данное открытие не нашло применения.

В 2007 году студенты Ренсслерского политехнического института (США, штат Нью-Йорк) Э. Байер и Г. Макинтайр продолжили исследования в этой области. В 2010 году они совместно с компанией Ecovative наладили производство по выпуску композитного материала на основе мицелия, заменяющего пенопластовую упаковку [59].

Главные преимущества мицелиевого биоматериала состоят в его способности к биодegradации (разлагается в течение 30 – 90 дней под воздействием условий окружающей среды); естественной адгезии связующих веществ; минимальном расходе энергии и минимальными отходами производства; так как он на 100% состоит из органического возобновляемого сырья.

Свойства мицелиевого биопластика [60]: ударопрочность; звукоизоляционность; низкая плотность; малый удельный вес; способность к

самооживлению (разрыв в продуктах можно устранить, введением инокулированной биомассы в разрушенную часть, дав мицелию связать часть снова вместе).

Биоматериал может быть выращен в различные формы и размеры, включая в себя различные плотности, определяемые субстратом, видом мицелия, температурой цикла и продолжительностью роста. Так как материал гидрофобный, он лучше всего подходит для временных структур и для использования в закрытых помещениях. Процесс получения низкоиндуцированной энергии, используемой при создании мицелиевого биоматериала, делает его конкурентоспособным по стоимости с синтетическими материалами.

Расширенное использование мицелия позволит уменьшить глобальные выбросы оксида углерода, производство опасных отходов, снизить нагрузку на окружающую среду.

### 3.2 Методы исследования

В ходе практической части работы в 2017 – 2018 гг. было проведено несколько лабораторных исследований по созданию мицелиевого биопластика. Экспериментальным методом был определен оптимальный вариант культивирования (короткий временной цикл, низкая себестоимость и энергопотребление, лучшее качество), сформулированы выводы.

Процесс создания мицелиевого биопластика включает следующие этапы: стерилизация субстрата; инокуляция; инкубация; сушка; обработка помещения.

Первый этап. Перед тем как приступить к стерилизации субстрата растительные волокна необходимо измельчить до однородных частиц размером от двух до четырех сантиметров. Измельчение проводится с целью устранения пустот, которые могут возникнуть на последующем этапе закладки. Пустоты снижают качество готового изделия, приводят к его деформации, повреждениям. Доказано, что измельченные частицы лучше поддаются

стерилизации, так что это еще снижает вероятность развития конкурентных видов грибов (плесени).

Стерилизация субстрата – это меры, направленные на уничтожение конкурентной микофлоры (плесень) в субстрате препятствующие развитию мицелия вешенки обыкновенной. Осуществляется при воздействии физических (температура, давление, излучение, ультразвук), химических (химические растворы, реагенты) или механических факторов (протираание, обмывание, вытряхивание, проветривание) [61].

После стерилизации в субстрат вносят органические добавки, ускоряющие рост и развитие мицелия (активаторы или стимуляторы роста). Порошкообразные активаторы вносятся обычно на этапе обработки субстрата, а жидкие – непосредственно перед инокуляцией (засевом) мицелия.

В ниже приведенном эксперименте нами были опробованы 4 активатора роста: крахмал, мел, негашеная известь, агроперлит.

Крахмал – это смесь полисахаридов амилозы и амилопектина, мономером которых является альфа-глюкоза. Известно, что крахмал, синтезируемый разными растениями в хлоропластах (под действием света при фотосинтезе) различается по структуре зёрен, степени полимеризации молекул, строению полимерных цепей и физико-химическим свойствам. В исследовании мы решили посмотреть, как вешенка обыкновенная усваивает картофельный порошковый крахмал.

Мел и негашеная известь – позволяют создать в субстрате щелочную реакцию. При значении рН от 7,5 и выше (до 8,5 - 10) плесени не могут развиваться в субстрате. А вешенка прекрасно растет! Зерновой мицелий в питательной среде с щелочной реакцией развивается с быстрой скоростью.

Агроперлит – это вспученная горная порода вулканического происхождения фракций 1 - 5 мм, плотность 100-130 кг/м<sup>3</sup>. Агроперлит регулирует влаго- и воздухообмен в субстрате. Богатые кислородом среды идеально подходят для развития гиф, поскольку грибковые клетки обменивают газы непосредственно с их атмосферой. В отличие от

фотосинтезирующих растений, грибы дышат кислородом и выделяют углекислый газ.

Второй этап. При достижении 20 °С температуры субстрата можно приступить к процессу инокуляции (засеву) мицелия. Готовый увлажненный субстрат легко рассыпается и не прилипает к рукам. Оптимальное значение pH – 5 – 6, влажности – 70 – 85 %. Мицелий в момент инокуляции должен иметь комнатную температуру. Поэтому достаем грибы из холодильника и даем постоять 3 - 4 часа. Тщательно моем руки (желательно использовать резиновые перчатки, которые также тщательно дезинфицируем) и разминаем мицелий до отдельных зерен в чистой посуде (посуду предварительно дезинфицируем спиртом или обдаем кипятком). Смешиваем пастеризованный субстрат с мицелием, закладываем в пластиковые формы (полиэтиленовые мешки), слегка притрамбовываем содержимое рукой, закрываем форму. Для газообмена и удаления излишней влаги в форме необходимо проделать отверстия. Расход мицелия на засев составляет 1/20 часть от массы субстрата, т.е. на каждые 20 см слой субстрата настиляется 1 см слой мицелия. Мицелий вносится либо послойно, либо равномерно перемешивается с субстратом.

Третий этап. Инкубация (проращивание) – это выдерживание заинокулированного субстрата в условиях, обеспечивающих развитие в нем мицелия. Важнейшим условием инкубационного периода является соблюдение температурного режима. Мицелий прорастает при температуре в помещении от +16 °С до +24 °С и относительной влажностью воздуха 75 - 90 %. Мицелий при развитии дышит только кислородом, выдыхая углекислый газ, поэтому необходима вентиляция (проветривание). Свет на период освоения субстрата мицелием вешенки не нужен, наоборот – яркое освещение может тормозить рост грибницы. При соблюдении требуемых параметров микроклимата мицелий в субстрате бурно развивается, вызывая естественную адгезию между гифами и частицами роста мицелия, вокруг через каждое волокно. Через несколько дней после инокуляции поверхность субстрата белеет от разрастающегося мицелия. Обычно зарастание продолжается, в зависимости от

величины блоков и массы вносимого мицелия, от 8 до 14 дней, за это время весь субстрат будет освоен мицелием и превратится в монолитный блок.

Нежелательным явлением является появление на поверхности блоков мицелиальной корки – стромы. Образование стромы происходит в результате внесения избытка мицелия или из-за высоких температур в инкубационном помещении. О наличии бактериального заражения свидетельствует неприятный запах, выделение влаги; о наличии грибного заражения – зеленые, ярко-оранжевые, черные пятна. Рост мицелия вешенки в обоих случаях замедляется. При обнаружении емкостей с наличием заражения, их нужно немедленно убрать из камеры вегетации.

Четвертый этап. Мицелий инактивируется (убивается) путем сушки композита в обычной конвекционной печи. Этот этап предотвращает дальнейшее развитие мицелия, убивает споры, придает прочность компотному материалу. Процесс сушки может быть остановлен на разных стадиях роста мицелия, все зависит от свойств, запрашиваемых конечным продуктом.

Пятый этап. По окончании технологического цикла, перед закладкой новой партии, проводят дезинфекцию культивационных помещений. Оборудование и инвентарь дезинфецируют раствором формалина. Помещение проветривают. В теплое время года значительный вред могут приносить грибные мухи и комарики. Насекомые залезают в грибные блоки и откладывают в них яйца. Борьба с вредителями осложняется тем, что срок выращивания вешенки очень краток, что затрудняет применение веществ длительного действия. В систему защиты культивируемых грибов от вредителей входят санитарно-гигиенические мероприятия, термическая обработка субстрата, использование световых и клеевых ловушек.

### 3.3 Материал и результаты исследования

Для эксперимента было заготовлено 15 образцов с измельченным субстратом древесных щепок лиственных пород и шелухи пшеницы:

- образец № 1 – субстрат не стерилизовали;
- образец № 2 – субстрат замочили в растворе 1/1 воды (из-под крана) и перекиси водорода;
- образцы № 3, 13, 14, 15 – субстрат простерилизовали кипятком (варили в течении одного часа);
- образец № 4 – субстрат простерилизовали кипятком (варили в течении одного часа), затем обработали поверхность каплями перекиси водорода;
- образец № 5 – субстрат замочили в кипятке на 2 часа, после удаления излишней влаги запекли в духовке при температуре 90 градусов в течении 30 минут;
- образец № 6 – субстрат замочили в теплой воде с 1 ч.л. извести;
- образец № 7 – субстрат обработали каплями перекиси водорода и воды из-под крана;
- образцы № 8 - 12 – субстрат замочили в отваре корицы;

В образцы были добавлены различные активаторы роста, указанные (перечисленные) в методике: образец № 3 – крахмал; образец № 4 – крахмал; образец № 5 – мел, крахмал; образец № 9 – крахмал; образец № 10 – крахмал, мел, перлит; образец № 11 – крахмал, перлит; образец № 12 – мел, перлит; - образец № 13 – известь; образец № 14 – мел, крахмал.

Результаты стерилизации субстрата представлены в таблице 6. Успех стерилизации во многом определяет скорость роста и развития мицелия. Результаты показали, что перекись водорода для стерилизации малоэффективна, она сдерживает не только рост плесени, но и самого мицелия. Стерилизация кипятком (варка субстрата в течение часа) эффективна, однако экономически нецелесообразна. Стерилизация негашеной известью не способствует росту мицелия, является благоприятной средой для развития плесени. Отвар корицы является самым эффективным способом стерилизации, препятствующим росту патогенных и конкурирующих видов грибов и способствующим быстрому росту и развитию мицелия.

Таблица 6 – Стерилизация субстрата

№ образца	25.04.18 (спустя 5 дней)	Эффективность стерилизации, в %
1	60 % субстрата покрыли очаги зеленой, черной, серой плесени. Признаков развития мицелия – нет	0 %
2	Очагов плесени не наблюдается. Признаков развитие мицелия – нет	100 %
3, 13 - 15	Очагов плесени нет, мицелий стремительно развивается	100 %
4	Очагов плесени нет, мицелий стремительно развивается	80 %
5	Очагов плесени нет, мицелий стремительно развивается	100 %
6	10 % субстрата покрыли очаги зеленой плесени. Признаков развития мицелия нет	0 %
7	30 % субстрата покрыли очаги черной плесени. Признаков развития мицелия нет	0 %
8 - 12	Очагов плесени нет, мицелий стремительно развивается	100 %

Результаты исследования активаторов роста представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Активаторы роста

№ образца	25.04.18 (спустя 5 дней)	Эффективность активаторов роста, в %
3	Наблюдается активный рост мицелия	65 %
4	Наблюдается активный рост мицелия	65 %
5	Наблюдается бурный рост мицелия	95 %
9	Наблюдается рост мицелия	70 %
10	Наблюдается активный рост мицелия	70 %
11	Наблюдается бурный рост мицелия	92 %
12	Наблюдается бурный рост мицелия	90 %
13	Наблюдается небольшой рост мицелия	13 %
14	Наблюдается бурный рост мицелия	95 %

Изучение активаторов роста показал, что они действительно ускоряют рост мицелия. Из исследуемых активаторов наиболее эффективным оказалось сочетание мел и крахмала, также неплохие результаты показали сочетания крахмала и перлита, мела и перлита. Наименее эффективной оказалась негашеная известь.

Важным показателем является температурный фактор. Исследования проводились 10 дней. Почти все исследуемые образцы (13 из 15-ти) на десятый день имели очаги бактериального или грибного заражения из-за

несоблюдения температурного режима. О наличии бактериального заражения свидетельствуют неприятный запах или выделение влаги; о наличии грибного заражения – зеленые, ярко-оранжевые или черные пятна.

Сушка показала, что снижение содержания влаги делает мицелий инертным, но подверженным усадке (на 4 – 9 %). Усадка вызывает деформацию частей, которую трудно контролировать. По этой причине готовое изделие после сушки надо подвергать минимальной механической обработке: срезают острые края, шлифуют и зачищают. По истечении 8 – 14 дней субстрат превращается в монолитный блок белого цвета (рисунок 10).



Рисунок 10 – Мицелиевый биоматериал вешенки обыкновенной

#### 4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ МИЦЕЛИЕВОГО БИОПЛАСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

Республика Адыгея располагает всеми необходимыми условиями для организации производственного процесса по созданию (выращиванию) мицелиевого биопластика. Развитость аграрного сектора экономики, обеспечивает богатую сырьевую базу. Об этом свидетельствуют цифры об отходах сельского хозяйства, приведенные в отчете за 2015 год (таблица 8).

Таблица 8 – Количество сельскохозяйственных отходов в республике

Класс опасности	Вид отходов	Код отходов	Количество отходов, т
4	Обрезки, кусковые отходы древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит	30531341214	70,404
4	Обрезки разнородной древесины, содержащие обрезь древесно-стружечных и (или) древесно-волоконистых плит и др.	30531342214	5,735
4	Опилки древесно-стружечных и (или) древесно-волоконистых плит	30531311434	53,182
5	Древесные отходы из натуральной чистой древесины несортированные	30529000000	1,310
5	Дробина солодовая (пивная)	30124005295	27,320
5	Зелень древесная	15211003235	34,500
5	Зерноотходы твердой пшеницы	11112001495	185,342
5	Зерноотходы ячменя	11112005495	7,000
5	Лузга подсолнечная	30114121495	75,300
5	Обрезь натуральной чистой древесины	30522004215	826,902
5	Опилки и стружка натуральной чистой древесины	30523000000	2,120
5	Опилки и стружка натуральной чистой древесины несортированные	30529111205	331,767
5	Опилки натуральной чистой древесины	30523001435	686,665
5	Отходы от механической очистки и сортировки зерна (зерновые отходы)	11112000000	0,500
5	Отходы производства целлюлозы	30611100000	29,200
5	Отходы семян подсолнечника	30114111205	3,300
5	Отходы шпона натуральной чистой древесины	30531401295	64,650
5	Другая продукция из натуральной древесины, утратившая потребительские свойства	40419000515	11,460
5	Пыль зерновая	30116111425	580,594
ИТОГО:			29997,251

Анализ данных таблицы 8 показывает, что за год образуется более чем 29997 тонн сельскохозяйственных отходов, пригодных для выращивания мицелиевого биопластика. А разнообразие субстратной основы существенно повышает качество производимого продукта. Так как сырье – это главный аспект в производстве, то при проектировании предприятия необходимо учесть расположение сельхозперерабатывающих объектов как Республики Адыгея, так и Краснодарского края. Расположение республики и наличие автомобильных дорог обеспечивают выгодную экономическую связь и с другими соседними территориями.

Помещение рекомендуется дооборудовать фильтрами для избежания попадания спор во внешнюю среду; солнечными батареями, аккумулирующими солнечную энергию в электричество, необходимую для стерилизации субстрата и сушки мицелиевого композита. В масштабном производстве наиболее предпочтительной является стерилизация, проходящая под давлением и температурой. Для этих целей применяют паровые пресс-установки.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведенное исследование показало остроту и глобальность пластикового загрязнения, неэффективность существующих систем обращения с пластиковыми отходами, необходимость внедрения альтернативных биоматериалов, перспективность разработки мицелиевого биоматериала, способного заменить пластиковую упаковку.

2. Расширенное использование биопластиков на основе мицелия грибов позволит значительно сократить углеродный след упаковки, сохранить невозобновимые природные ресурсы, снизить зависимость от нефти, природного газа, угля, включить в оборот отходы сельского хозяйства.

3. Выращивание мицелиевого биокомпозита показало значимость стерилизации и соблюдения температурного режима. Стерилизацию можно проводить разнообразными методами, однако в рамках исследования наиболее эффективной оказалась корица. На практике это можно применить в качестве стерилизованной добавки в паровую пресс-установку. Чтобы выдержать условия инкубации в промышленном масштабе можно применить камеру вегетации. Активаторы роста играют огромную роль в скорости созревания готового продукта. Пренебрегать ими не стоит. Предпочтение стоит отдавать безопасным добавкам, не содержащим вредных веществ.

4. Мицелиевый биопластик оказался гидрофобным материалом, поэтому его рекомендуется применять для производства упаковки, которая будет использоваться в помещениях.

5. В рамках работы рассмотрен один представитель большого отдела базидиомицетов. Предполагаем, что технологию выращивания биоматериала можно применить и к другим видам базидиальных грибов с сапротрофным типом питания. При этом конечный продукт может иметь другие физические свойства. В этой связи необходимы дальнейшие исследования, в этом направлении.

6. Адыгея в силу географического положения – наиболее предпочтительный и благоприятный регион для проектирования предприятия, выпускающего биопластиковую продукцию на основе мицелия базидиальных грибов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загрязнение окружающей среды пластиком / <https://bestlavka.ru/zagryaznenie-okruzhayushhej-sredy-plastikom/>.
2. Ученые подсчитали количество пластикового мусора на Земле / <https://apral.ru/2017/07/20/uchenye-podschitali-kolichestvo-plastikovogo-musora-na-zemle.html>.
3. Салькова, А. Еще есть люди, которые помнят мир без пластика / А. Салькова // [https://www.gazeta.ru/science/2017/07/20\\_a\\_10795406.shtml#page1](https://www.gazeta.ru/science/2017/07/20_a_10795406.shtml#page1).
4. Грибная теплоизоляция: все в дело // Популярная механика / <https://www.popmech.ru/technologies/6382-gribnaya-teploizolyatsiya-vsye-v-delo/>.
5. Дрозд, М.И. Основы материаловедения: учеб. пособие / М.И. Дрозд. – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 431 с.
6. Пластмассы / <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
7. Виды и применение пластмасс / <https://www.jonwai.ru/articles/vidi-plastmass/>.
8. Пластмассы: состав, свойства и классификация / <http://referatwork.ru/materialovedenie/section-8-1.html>.
9. Виды пластмасс, свойства, производство и применение / <https://www.syl.ru/article/332995/vidyi-plastmass-svoystva-proizvodstvo-i-primenenie>.
10. Термопластичные полимеры (пластмасса, силикон): свойства, применение / <http://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/termoplastichnye-polimery.html>.
11. Поливинилхлорид / <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
12. Дьячковский, Ф.С. Полиолефины / Ф.С. Дьячковский / Химическая энциклопедия / [allchem.ru/pages/encyclopedia/4179/](http://allchem.ru/pages/encyclopedia/4179/).
13. Полиуретаны / <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
14. Полиэтилентерефталат / <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.

15. Термореактивные пластмассы (реактопласты) / <http://uas.su/books/newmaterial/155/razdel155.php>.
16. Свойства термореактивных пластмасс. Глава 1 / <https://www.globalspec.com/reference/25161/203279/html-head-chapter-1-properties-of-thermoset-plastics>.
17. Фенолформальдегидная смола / <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
18. Пармухина, Е.Л. Способы обращения с пластиковыми отходами / Е.Л. Пармухина // Экологический вестник России. – 2010. – № 6. – С. 38-40 / <https://techart.ru/files/publications/38-41.pdf>.
19. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 31.12.2017) (с изм. и доп., вступил в силу с 01.01.2018).
20. Сколько в России мусороперерабатывающих заводов // Аргументы и факты / <http://www.aif.ru/>.
21. Тарасенко, И.М. Методы обеззараживания отходов / И.М. Тарасенко / Обращение с отходами ЛПУ / <http://lopasm.ru/wp-content/uploads/2014/11/Obrashhenie-s-othodami.pdf>.
22. Мусорная статистика: в России перерабатываются только 4 % отходов / <https://mir24.tv/news/16268644/musornaya-statistika-v-rossii-pererabatyvayutsya-tolko-4-othodov>.
23. Доклад Greenpeace: эксперты оценили масштабы накопленного экологического ущерба в России / <http://www.greenpeace.org/russia/ru/news/>.
24. Загрязнение Мирового океана: пластик: <http://veganstvo.info/277-zagryaznenie-mirovogo-okeana-plastik.html>.
25. Биополимеры / <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
26. Прогресс в получении биоразлагаемых композиционных материалов на основе крахмала (обзор) / <http://docplayer.ru/36425066-Progress-v-poluchenii-biorazlagaemyh-kompozicionnyh-materialov-na-osnove-krahmala-obzor.html>.
27. Публикации / <https://www.european-bioplastics.org/news/publications/>.

28. Пармухина, Е.Л. Российский рынок биоразлагаемой упаковки / Е.Л. Пармухина // Экологический вестник России. – 2011. – № 2. – С. 32-34 / <https://techart.ru/files/publications/biodegradable-package-market.pdf>.

29. О стратегии социально-экономического развития Республики Адыгея до 2025 года: Закон Республики Адыгея от 23.11.2009 года № 300 (с изменениями на 01.11.2017 г.).

30. О внесении изменений в схему территориального планирования Республики Адыгея: постановление Кабинета Министров Республики Адыгея от 29.12.2016 года № 244.

31. Об утверждении схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Республики Адыгея (Физико-географическое описание территории Республики Адыгея): Указ Главы Республики Адыгея от 17.08.2012 г. № 169.

32. Об административно-территориальном устройстве Республики Адыгея: Закон Республики Адыгея от 05.05.2000 г. №171.

33. Земли запаса / <https://dic.academic.ru/>.

34. Федеральная служба государственной статистики по Республике Адыгея / <http://krsdstat.gks.ru/>.

35. Природные условия и ресурсы – Республика Адыгея / [https://vuzlit.ru/1068139/prirodnye\\_usloviya\\_resursy](https://vuzlit.ru/1068139/prirodnye_usloviya_resursy).

36. Научно-популярная энциклопедия Вода России / [http://water-ru.ru/Регионы\\_России/2206/Республика\\_Адыгея](http://water-ru.ru/Регионы_России/2206/Республика_Адыгея).

37. Варшанина, Т. П. Климатические ресурсы ландшафтов Республики Адыгея: учеб. пособие / Т. П. Варшанина, Т.Н. Мельникова, А.Е. Хачегогу. – 2-е изд. – Майкоп: Адыг. республ. изд-во, 2001. – 65 с.

38. География Республики Адыгея: пособие для учащихся общеобразовательных учреждений / А.Ш. Бузаров и др. – 2-е изд. – Майкоп: Адыг. республ. изд-во, 2001. – 199 с.

39. Бормотов, И.В. Лагонакское нагорье – стратегия развития: Монография / И.В. Бормотов. – Майкоп: Науч. издание, 2007. – 332 с.

40. Воронова, Е.А. Твой след на планете: пояснительная записка к проекту / Е.А. Воронова. – Майкоп, 2013 – 59 с.
41. Республика Адыгея / <http://www.russian-travels.ru/?p=785>.
42. Шебзухова, Э.А. Животный мир Адыгеи: монография / Э.А. Шебзухова. – Майкоп: Кн. изд-во, 1992. – 147 с.
43. Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ (ред. от 28.12.2016).
44. Жанэ, З.К. Анализ возможностей устойчивого развития горных регионов Республики Адыгея / З.К. Жанэ // Известия ЦСИ. – 1999. – № 2. – С. 19-22.
45. Республика Адыгея / Официальный сайт исполнительных органов государственной власти: <http://www.adygheya.ru/>.
46. Население Адыгеи / <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
47. Экономика Адыгеи / <http://adygeya.ucoz.ru/index/0-8>.
48. Доклад об экологической ситуации в Республике Адыгея за 2017 год / <http://www.adygheya.ru/>.
49. Тугуз, Ф.В. Экологическая ситуация как результат развития расселения на территории Республики Адыгея / Ф.В. Тугуз, Н.П. Очерет // Вестник АГУ. – Выпуск 4 (191). – 2016. – С. 94-101.
50. Очерет, Н.П. Экологические проблемы экосистем биосферы Республики Адыгея / Н.П. Очерет // Естествознание и гуманизм: Сб. науч. тр. – Томск: Изд-во СГМУ, 2008. – Т. 5. – № 1. – С. 121.
51. Туова, Т.Г. Мониторинг качества антропогенных почв сельскохозяйственного назначения Республики Адыгея / Т.Г. Туова, Ф.В. Тугуз // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. – 2014. – Вып. 2(137). – С. 92-95.
52. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Вешенка\\_обыкновенная](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вешенка_обыкновенная).
53. Собченко, В.А. Альгология и микология: грибы и грибоподобные организмы: практ. пособие / В.А. Собченко, О.М. Храмченкова. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 100 с.

54. [http://wikiredia.ru/wiki/Анастомоз\\_\(микология\)](http://wikiredia.ru/wiki/Анастомоз_(микология)).
55. Бухало, А.С. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре / А.С. Бухало, В.Г. Бабицкая: Сборник научных трудов в двух томах. Том 1. – Киев: Изд-во Альтерпрес, 2011. – 217 с.:
56. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Субстрат\\_\(биология\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Субстрат_(биология)).
57. Змитрович, И.В. Феноменология мицелия / И.В. Змитрович / Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН: [http://mycol-algol.ru/event\\_00001/Zmitrovich\\_event00001.pdf](http://mycol-algol.ru/event_00001/Zmitrovich_event00001.pdf).
58. <https://www.facebook.com/MycoWorks/posts/1756903804547126>.
59. <https://mybiz.ru/articles/gribnaya-revolyuciya/>.
60. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1024803/FULLTEXT02>.
61. <http://mikrobio.balakliets.kharkov.ua/contents-5-2-2.html>.



Образец № 3. Вареный субстрат (шелуха + щепки). Крахмал.



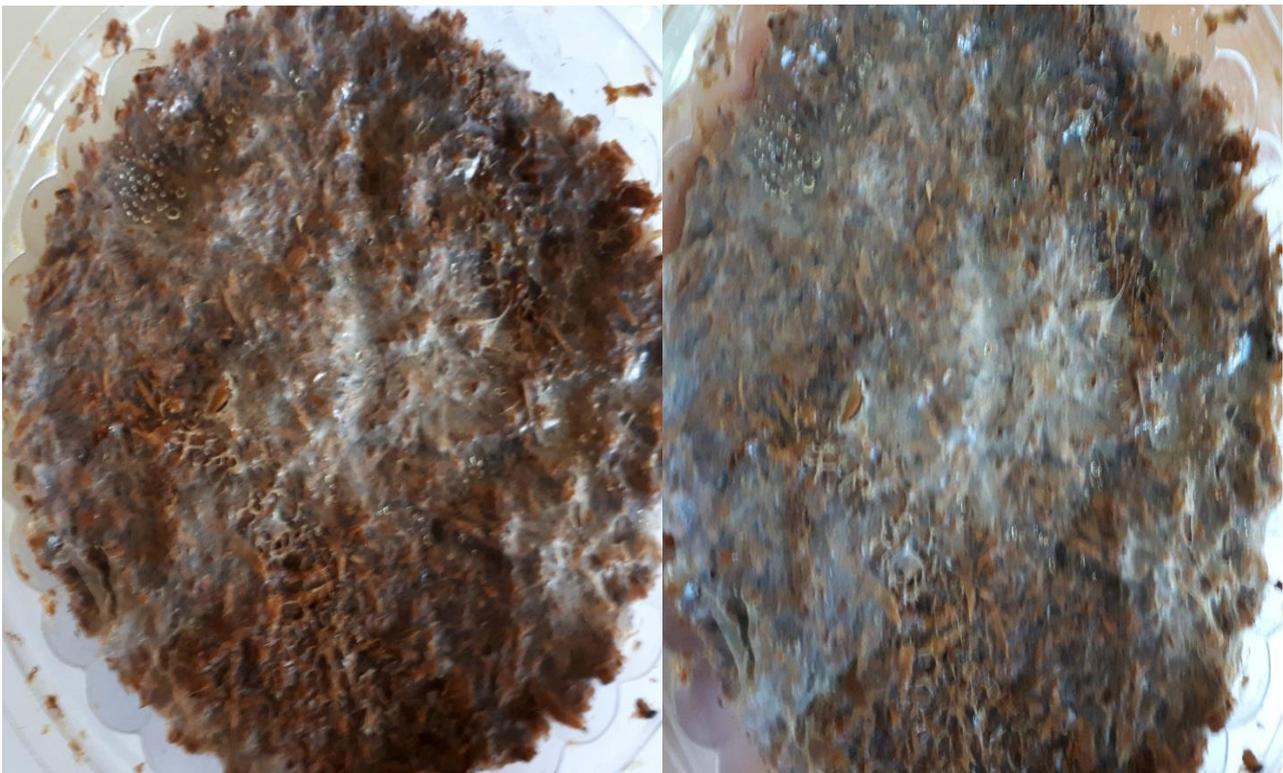
Образец № 4. Вареный субстрат (шелуха + щепки). Крахмал, перекись водорода каплями по поверхности субстрата.



Образец № 6. Субстрат, замоченный в теплой воде с 1 ч.л. извести (древесные щепки лиственных пород и шелуха пшеницы).



Образец № 5. Субстрат, замочили в кипятке на 2 часа, после удаления излишней влаги запекли в духовке при температуре 90 °С в течение 30 минут. Мел, крахмал.



Сушка.



до

после

Образец № 8. Субстрат, замоченный в отваре корицы (древесные щепки лиственных пород и шелуха пшеницы).

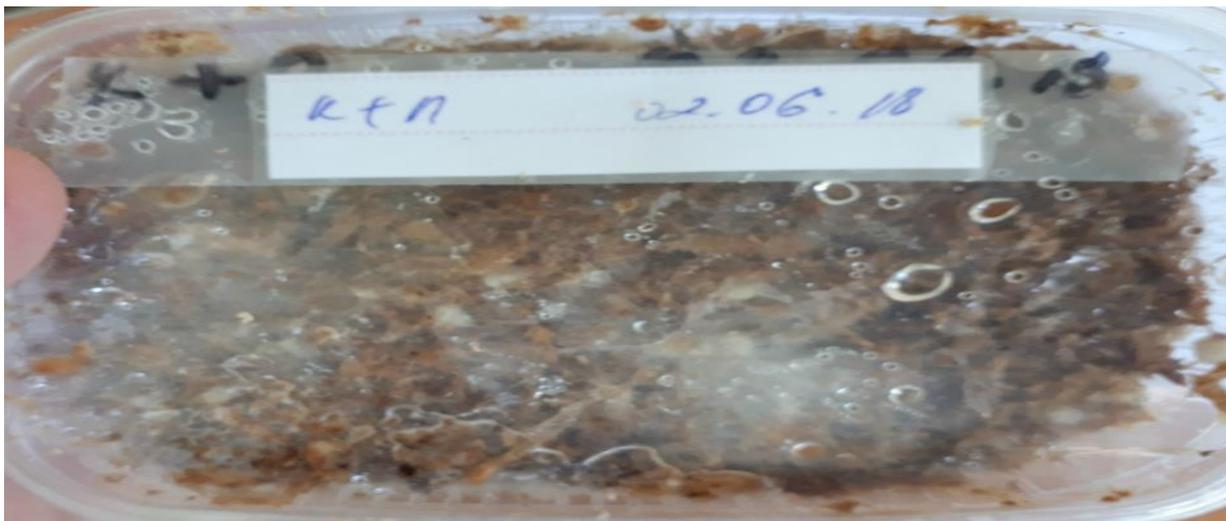


Образец № 9. Субстрат, обработанный отваром корицы. Крахмал.



Образец № 10. Субстрат, обработанный отваром корицы.

Крахмал, мел, перлит.



Образец № 11. Субстрат, обработанный отваром корицы. Крахмал, перлит.



Образец № 12. Субстрат, обработанный отваром корицы. Перлит, мел.



Образец № 13. Вареный субстрат (др. щепки хвойных и лиственных пород + шелуха пшеницы). Известь. Воздушная камера.



Образец 14. Вареный субстрат (др. щепки хвойных и лиственных пород + шелуха пшеницы). Мел, крахмал. Воздушная камера.



Образец № 15. Вареный субстрат (др. щепки хвойных и лиственных пород + шелуха пшеницы). Воздушная камера.