



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

**Использование лабораторных линий дрозофил в проектной
деятельности школьников по изучению продолжительности жизни**

**Выпускная квалификационная работа по направлению
44.04.01 Педагогическое образование**

**Направленность программы магистратуры
«Естественно-географическое образование»
Форма обучения заочная**

Проверка на объем заимствований:

48,19% % авторского текста
Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«02» февраля 2021 г.

И.о. зав. кафедрой Общей биологии и
физиологии

(название кафедры)

Ефимова Н.В. Ефимова Н.В.

Выполнила:

Студент группы ЗФ-301/259-2-1

Томчук Глеб Владимирович ГТ

Научный руководитель:

канд. биол. наук, доцент

Рязанова Рязанова Людмила Александровна

Челябинск

2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ТЕОРИИ И МЕХАНИЗМЫ СТАРЕНИЯ.....	7
1.1 Классификация и описание теорий старения.....	7
1.2 Особенности старения разных видов живых организмов	26
Выводы по первой главе.....	30
ГЛАВА 2. ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ КАК СПОСОБ ДОСТИЖЕНИЯ ЛИЧНОСТНЫХ И МЕТАПРЕДМЕТНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ.....	32
2.1 Понятие проектной деятельности	32
2.2 Понятие, функции и виды УУД.....	38
2.3 Типы проектов учащихся	42
Выводы по второй главе.....	47
ГЛАВА 3. ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ НЕКОТОРЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЛИНИЙ ДРОЗОФИЛ	49
3.1 Материалы и методы	49
3.2 Результаты и обсуждение.....	50
3.3 Методическая составляющая.....	58
Выводы по третьей главе	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	75
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Результаты выступления на конкурсах.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Проектная работа ученицы 11-го класса МАОУ «СОШ №104 г. Челябинска» Богатырёвой А. О.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Тема данной магистерской диссертации указывает на то, что в работе рассматриваются вопросы двух научных дисциплин. Первая из них – наука геронтология, она изучает различные аспекты процесса старения. Явления и механизмы снижения у организмов адаптационного ресурса с увеличением возраста изучены, но далеко не в полной мере. У этой науки пока нет общей теории старения, а наблюдается их многообразие. На это высокое звание, на наш взгляд, может претендовать параметаболическая теория старения А.Г. Голубева. Интерпретация данных, полученных при изучении продолжительности жизни (ПЖ) *Drosophila melanogaster*, в логике обозначенной теории придаёт значимость освещённым в этой работе результатам. Подчёркивает их новизну то, что доступная в сети Интернет информация о ПЖ мутантных линий дрозофил имеет ссылки на источники, опубликованные в 80-е 20 века, некоторые в 50-е [45].

Исследования ПЖ дрозофил велись совместно с учащимися средней школы МАОУ «СОШ № 104 г. Челябинска», осуществлялось курирование проектной деятельности. Вторая наука – педагогика, изучающая сущность, закономерности, принципы, методы и формы организации педагогического процесса. Одной из таких форм является проектная деятельность. ФГОС ООО РФ (федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования) предусматривает проектную деятельность учащихся и требует от педагогических работников умения обеспечивать данный вид деятельности [40]. Любая школа заинтересована в том, чтобы участвовать и занимать призовые места в конкурсах проектных работ школьников. Для конкурсных работ, как правило, требуется исследовательская работа – разновидность проекта. По нашему мнению, для многих учителей сопровождение проектов учащихся на высоком, конкурсном уровне является сложной, проблемной задачей. Следовательно, сопровождение школьников в проектной деятельности по

тематике ПЖ, также добавляет значимость данной работе. Успешная защита проектов детьми в школе и на конкурсах подтверждает целесообразность тем, связанных с ПЖ *Drosophila melanogaster*, для формата проектной деятельности.

Таким образом, изложенные выше рассуждения раскрывают актуальность работы и некоторые проблемы двух наук.

Цель магистерской диссертации – изучить продолжительность жизни лабораторных линий дрозофил в процессе проектной деятельности школьников.

Задачи:

1. Проанализировать литературные источники по тематике ВКР.
2. Рассмотреть современные теории продолжительности жизни и оценить потенциал их использования в интерпретации результатов опытов проводимых совместно с учащимися.
3. Сравнить параметры продолжительности жизни трёх линий дрозофил совместно с учащимися, выполнившими проекты, курируемые нами.
4. Принять участие в двух областных конкурсах проектов школьников: «Интеллектуалы XXI века» и «Шаг в будущее».

Объект исследования – *Drosophila melanogaster* ($2n=8$).

Предмет исследования – показатели продолжительности жизни плодовых мушек.

Гипотеза исследования: организмы одной линии генетически сходны, а значит и параметры процесса старения у них схожи, следовательно, статистически значимых различий функций выживаемости одинаковых линий из опыта № 1 и опыта № 2 выявлено не будет.

В диссертации на теоретическом уровне исследования использовались методы: анализ научной, педагогической и методической литературы, системный анализ понятий, моделирование.

На эмпирическом уровне применялись методы: педагогическое наблюдение, методы поддержания и разведения лабораторных линий дрозофил, методы статистической обработки результатов экспериментальных данных, цифровое и графическое представление информации.

Научная новизна. Приведены обновлённые данные по ПЖ четырёх линий *Drosophila melanogaster*, зафиксирован повторяющийся в двух опытах ступенчатый вид кривой выживаемости самцов линии Canton-S, обсуждена роль частоты и количества пересадок, как фактора среды, влияющего на ПЖ.

Теоретическая / практическая значимость. Результаты работы можно использовать в исследованиях продолжительности жизни в качестве сравнительных данных.

Материалы работы применимы в реализации проектной деятельности школьников старших классов при изучении различных разделов «Общей биологии», а также при чтении курсов лекций и проведении практических занятий со студентами по дисциплинам: «Генетика», «Физиология», «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды».

Апробация. Осуществлено курирование проектов двух учащихся 11 класса МАОУ «СОШ № 104 г. Челябинска». Темы их проектов: «Различия в продолжительности жизни самцов и самок дрозофил линии Canton-S», «Продолжительность жизни лабораторных линий дрозофилы фруктовой».

Результаты исследования были доложены на двух конференциях: на VI Международной очно-заочной научно-практической конференции «Экология XXI века: синтез образования и науки» 18-21 мая 2020 г., Челябинск; на II Международной научно-практической конференции «Новые импульсы развития: вопросы научных исследований», 10 августа 2020 г. в г. Саратов.

Структура ВКР. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх глав, выводов, списка использованных источников и приложения. Работа представлена на 101 странице, содержит 6 таблиц и 9 рисунков.

ГЛАВА 1. ТЕОРИИ И МЕХАНИЗМЫ СТАРЕНИЯ

В 2017 году учёными геронтологами активно обсуждался вопрос о том, как старение должно быть отражено в новой версии международной классификации болезней (МКБ-11) [12; 20; 28; 29; 30]. Анализируя приводимые в их статьях определения можно заметить, что нет единого и устоявшегося содержания понятия старения. Также нет и единой теории старения с соответствующим однозначным механизмом. В данной главе рассмотрим основные теории старения и их классификацию.

Уместно заметить, что одиннадцатую редакцию МКБ, которая предположительно вступит в полную силу в 2022 году впервые включен код «Связанные со старением – ageing-related» (ХТ9Т) для связанных со старением заболеваний, что подразумевает признание старения в качестве важного фактора риска заболеваний. По сути, ВОЗ официально признала, старение важной и глубинной причиной тяжелых возрастных болезней, из-за которых умирает большинство людей. Принимается во внимание это и в нашей стране [43].

1.1 Классификация и описание теорий старения

В данном разделе материал по механизмам и теориям старения объединён и приводится развернутое описание теорий.

Весь массив теорий старения, а сейчас их известно больше 300, можно разделить на две противоположные группы: стохастические и запрограммированные [1; 2; 42].

Суть стохастических теорий заключается в признании доминирующей роли случайности при рассмотрении такого признака, как продолжительность жизни. В основе их находится тезис о «деградация организма из-за повреждения биополимеров случайными факторами». Во второй половине 20 века английский биолог, нобелевский лауреат Питер Брайан Медавар, писал, что указанный признак «продолжительность

жизни» уходит из-под контроля дарвиновского отбора, так как большинство животных в природе не доживает до естественной смерти по множеству причин. Он пришёл к выводу об отсутствии особых генов старения, которые отвечают за длительность жизни особи. Аналогичной точки зрения придерживаются многие исследователи. Действительно, в многочисленных исследованиях матричных процессов показано, что со временем происходит нарушение строения и функционирования многих макромолекул. Во-первых, это обусловлено увеличением количества активных форм кислорода в клетках, а также ошибками ЗР (репарации, репликации, рекомбинации) и 2Т (транскрипции и трансляции). Как следствие, нарушение гомеостаза тканей организма и других разрушительных процессов, которые сопутствуют старению [47].

Теории программированного старения ставят во главу угла гены. Впервые эта идея была высказана ещё в 19 веке немецким зоологом и эволюционистом Августом Вейсманом. Прошло целое столетие прежде чем появились факты, свидетельствующие о существовании генетической программы старения и генов долголетия. После завершения проекта «Геном человека», был определен целый ряд генов-кандидатов на эту роль. К ним относят так называемые гены биологических часов и гены предрасположенности. Например, к первым относят некоторые гены, участвующие в обмене глюкозы, ген каталазы, нейтрализующий перекиси, ген белка супрессора опухолей – P53 и другие. Ко-вторым, гены, мутации которых вызывают мультифакториальные заболевания. Среди них гены детоксикации ксенобиотиков, гены липидного обмена, иммунного ответа, онкогены и другие. Из этого следует, что процесс старения находится под контролем большого числа генов [47].

В настоящее время внимание учёных-геронтологов приковано к нескольким теориям, которые подтверждены экспериментальными данными, не вызывающими сомнения у научной общественности в отношении расшифровки механизмов деградации живого организма. К

ним относятся: возрастное увеличение количества активных форм кислорода, снижение в целом уровня синтеза полипептидов, ограничение клеточного деления (феномен профессора анатомии из США Леонарда Хейфлика, открытый в 1965 г.), модификации гормонального фона организма, нарушения репаративного механизма исправления ДНК и другие. Рассмотрим некоторые из этих теорий подробнее.

Свободнорадикальная теория старения.

Сущность данной теории, как и близких к ней, нашла отражение в формулировке сотрудника Национального медицинского исследовательского центра онкологии им. Н.Н. Петрова (г. Санкт-Петербург) Голубева А.Г.: «химия против биологии». Действительно, согласно теории, простые химические реакции в организме могут запускать процессы старения. Сформулирована она была ещё в 50-е годы прошлого века американским профессором из Небраски Дейхамом Харманом. Он считал, что существуют внутренние процессы, находящийся под влиянием экологических и генетических факторов, которые приводят к созданию и накоплению в клетках активных форм кислорода (АФК) и прежде всего в ходе аэробных реакций образования энергии. Именно эти радикалы способны реагировать практически с любой молекулой, в том числе и с макромолекулами, такими как ДНК и белки, что и обуславливает процесс старения [53].

В 1972 г. теория получила развитие за счёт открытия роли митохондрий, как структур, концентрирующих в себе значительное число свободно-радикальных реакций, обуславливающих старение. Кроме того, было высказано суждение, о том, что скорость повреждения митохондрий активными формами кислорода и азота пропорциональна продолжительности жизни. Несмотря на то, что в клетке существует защита против окислительного стресса, происходит изменение баланса реакций «защита–повреждение» из-за способности свободно-радикальных реакций приобретать цепной характер. Подавляющему большинству

организмов приходится проживать в среде, где систематически формируются АФК. Результатом митохондриального дыхания, благодаря которому у эукариот образуется АТФ, из транспортной цепи электронов происходит выход разнообразных промежуточных веществ, которые создают пул не менее разнообразных АФК. Всеобъемлющий характер образования в живых организмах активных форм кислорода, азота и других опасных соединений вызывает присутствие фермента супероксиддисмутазы (СОД) в организмах, зависящих от O_2 . Именно этот фермент обладает антиоксидантной активностью и стоит на страже организма от «ядовитых» радикалов O_2 . Окислительный стресс не обладает избирательностью, так как способен изменять молекулы разных по природе органических соединений: нуклеиновых кислот, белков и липидов. Известно, что в стареющих организмах, где активность СОД постепенно снижается, уровень повреждений главных макромолекул выше, чем у молодых особей. В качестве примера можно привести факты, полученные при изучении трансгенных дрозофил. У них экспрессия супероксиддисмутазы была увеличена искусственно, при этом оказалось, что живут экспериментальные мушки почти в два раза дольше обычных, не подвергшихся действию генно-инженерных технологий. Кроме того, круглые черви, некоторые мутации у которых приводят к долгожительству, демонстрируют повышенную активность антиокислительных ферментов: супероксиддисмутазы и каталазы. При моделировании влияния на окислительный стресс указанных ферментов, синтезированных искусственным способом, на нематодах *Caenorhabditis elegans* и мышах, было отмечено увеличение их продолжительности жизни. Эти опыты показали лишь потенциальную возможность создания и использования антиоксидантов для продления жизни и задерживания процесса старения, так как для других видов подобные эксперименты возможны лишь в недалёком будущем [44; 49; 53].

Следует отметить, что свободно-радикальная теория подразделяется на ряд направлений, в которых рассматривается вклад отдельных органоидов и видов изменённых макромолекул, в протекание старения. Согласно одной из гипотез, мутации в мтДНК убыстряют возникновение дефектов от свободных радикалов, т.к. изменённые ферменты дыхательной цепи плохо выполняют свои функции переноса электронов. Это, в свою очередь, способствует ускоренному производству свободных радикалов и к новому витку мутаций в мтДНК. Генерируется своеобразный замкнутый круг, приводящий к нарушению функционирования клеток и более быстрому наступлению старения. Из другой гипотезы следует, что свободные радикалы «продвигают» старение, поскольку в клетках накапливаются изменённые мало функциональные белки. Этот процесс, в свою очередь, способствует возникновению соматических мутаций, что есть квинтэссенция теории старения посредством соматических мутаций. Эта теория ставит во главу угла накопление в процессе жизнедеятельности в клетках организма соматических мутаций, которые и обуславливают старение [13; 27; 52].

Утверждение про роль свободно-радикальных реакций, как усилителей и участников старения, указывает на то, что действия, направленные на их подавление или лимитирование, способны уменьшать изменения в клетках и замедлять старение и болезни, сопутствующие данному процессу. Предложена модель «счастливого (золотого) треугольника» окислительного баланса, при котором каждую вершину занимают биологические молекулы, антиоксиданты и акцепторы электронов, именуемые окислителями [3].

В нормальной ситуации между этими тремя элементами существует сбалансированное равновесие. Избыточная генерация свободных радикалов может подавлять естественную клеточную антиоксидантную защиту, ведущую к перекисному окислению липидов, и еще больше способствует повреждению мышц.

Теория репликативного старения.

Профессором анатомии Калифорнийского университета Л. Хейфликом в 1961 г. было установлено, что эпителиальные клетки человека обладают пределом деления *in vitro* — не более 50-ти раз. Он сделал заключение, о том, что даже в образцовых условиях культивирования клетки соединительной ткани зародыша человека (клетки кожи) могут пролиферировать не более чем 50 ± 10 раз. Заключительная фаза существования клеток в культуре была отождествлена с клеточным старением, а сам феномен именуется в честь первооткрывателя «лимит Хейфлика». Учёный не объяснил установленный им феномен ограниченности клеточных делений, однако продолжил пролонгировать теорию репликативного старения [1].

Теломерная теория.

В 1971 г. учёный-биолог Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля (г. Москва) Алексей Матвеевич Оловников написал статью, которая вписала его имя в плеяду выдающихся теоретиков современности. В ней он высказал провидческую идею о маргинотомии, от лат. «край» и греч. «отсечение». Суть его теории заключалась в предположении «обратного» отсчёта клеточных делений из-за особенностей механизма репликации ДНК. «Обратный или конечный» отсчёт делений А.М. Оловников связал с неполной репликацией концов антипараллельных цепей ДНК в хромосомах (теломер). Он считал, что именно систематическая недорепликация главной нуклеиновой кислоты приводит к нарушению жизнедеятельности клеток, тканей, органов и лежит в основе процесса старения. Таким образом, в данной теории теломерам отводилась защитная функция, при исчерпывании которой начинала фактически пропадать наследственная информация, т.е. жизненно важные гены. Констатировалось, что прокариоты (бактерии) не стареют, т.к. их генетический аппарат имеет кольцевую форму, а в стволовых и раковых

клетках предполагалось наличие особого фермента, наращивающего недостроенные участки ДНК. Он был назван тандем-ДНК-полимеразой [1].

Необходимо отметить, что существование особых структур на концах хромосом было заявлено ещё в 1938 г. американскими генетиками Б. Мак Клинтон и Г. Мёллером. Именно Герман Мёллер предложил называть их теломерами, от двух греческих слов, означающих «конец» и «часть». Тем не менее теория А.М. Оловникова действительно оказалась прогностической, так как уже в 1984 году была открыта теломераза американским молекулярным биологом Кэрол Грейдер, которая в 2009 г. вместе с австралийским биологом, работавшей в США, Элизабет Блэкберн и Джеком Шостаком были удостоены Нобелевской премии за «открытие защитных механизмов хромосом от концевой недорепликации при участии теломеразы и теломер». В дальнейшем А.М. Оловников отказался от предложенной теории, предложив почти мистическую редусомную теорию, а после 2000 г. указывал на роль гравитационных лунных ритмов в укорочении молекул редусомной ДНК – маленьких ДНК, выступающих в роли биологических часов, но пока неизвестных науке [1].

Элевационная теория старения.

Нейроэндокринная теория старения была впервые описана в 1954 году в магистерской диссертации выдающегося русского геронтолога Владимира Дильмана.

Теория Дильмана, по существу, состоит в том, что старение обусловлено прежде всего постепенной потерей чувствительности рецептора гипоталамуса (и связанных с ним структур в мозге) к ингибированию отрицательной обратной связи. Хотя эта потеря чувствительности необходима для нормального роста и развития, это также является причиной заболеваний, вызванных созреванием, старения и смерти.

Нейроэндокринная теория объясняет причину основных заболеваний старения, которые способствуют более 85 % случаев смерти и

инвалидности лиц среднего и пожилого возраста. Эти заболевания включают: ожирение, атеросклероз, гипертонию, диабет, рак, аутоиммунные нарушения, метаболическую иммунодепрессию и гиперадаптоз. Два других заболевания – депрессия и менопауза, – хотя и не смертельные, также происходят регулярно с возрастом. (Менопауза включена Дилманом как болезнь, потому что он описывает болезнь как «любое постоянное нарушение внутреннего постоянства») [27].

Если бы наши тела могли оставаться в идеальном гомеостазе с рождения, дальнейшего роста и развития не было бы. Дилман считал, что сдвиг чувствительности к гипоталамусу к отрицательной обратной связи является механизмом, позволяющим развиваться и развиваться.

Тем не менее, это также основной механизм старения и болезни старения. Например, у младенца образуются только мельчайшие количества тестостерона. Если бы наши тела действительно поддерживали состояние гомеостаза, даже это небольшое количество гормона было бы адекватным, чтобы предотвратить гипоталамус и гипофиз от производства большего количества стимулирующих тестостерон высвобождающих факторов и гормонов [52].

Если бы это было так (не только с тестостероном, но и со всеми гормонами), рост и развитие никогда не произойдут, и мы останемся младенцами на протяжении всей нашей жизни. Таким образом, в течение всего детства и полового созревания происходит постоянное изменение гомеостаза, приводящее к росту и развитию.

Проблема в том, что как только мы достигли совершеннолетия, нет механизма, чтобы отключить эту прогрессирующую потерю гипоталамической чувствительности к ингибированию обратной связи. Таким образом, гомеостатический баланс, который, как представляется, достигает своего оптимального значения в возрасте от 20 до 25 лет, продолжает изменяться, что приводит к увеличению (то есть кортизола, инсулина) или менее оптимального (то есть уровня эстрогена,

тестостерона) многих гормонов и, в конечном счете, истощение периферических эндокринных желез из-за их длительных усилий по преодолению потери чувствительности к гипоталамусу [13].

Что вызывает потерю чувствительности рецептора с возрастом? Это неизвестно наверняка, но Дилман определил следующие возможные факторы: Снижение уровня нейротрансмиттеров гипоталамуса (в частности, катехоламины и серотонин); Снижение количества рецепторов гипоталамических гормонов (что может быть вызвано частично падением концентраций биогенных аминов); Снижение секреции гормонов шишковидной железы (мелатонин и шишковидные полипептидные гормоны); Накопление жира; снижение использования глюкозы; Накопление нейронных повреждений, вызванных хронически повышенными уровнями кортизола из-за длительного стресса; Накопление холестерина в плазматических мембранах нейронов.

Дилман считал, что три гомеостатические системы (которые он обозначил «гомеостаты»), участвующие в росте, развитии и старении: адаптивная (гипоталамо-гипофизарно-надпочечная ось); репродуктивная (гипоталамо-гипофизарно-гонадальная ось); горизонтаты энергии (гипоталамо-гипофизарно-щитовидная ось).

Современные учёные полагают, что к этим трём следует добавить еще один гомеостат – гомеостат иммунный (шишковидно-гипоталамо-гипофизарно-тимуса).

Это расстройство или изменение в функционировании этих гомеостатов, которое вызывает метаболические изменения, которые характеризуют старение и болезни старения. Дилман интуитивно определил, что все болезни старения характеризуются сходными метаболическими изменениями. Наиболее распространенными из этих изменений являются снижение толерантности к глюкозе, гиперинсулинемия и гиперлипидемия [6; 13].

Теория Дильмана дает смелую новую теоретическую основу для самого процесса старения, а также конкретные, клинически протестированные протоколы для лечения и профилактики заболеваний старения. Красота этой теории заключается в том, что она не противоречит другим, более установленным теориям старения и не является взаимоисключающей. Скорее, он либо включает, либо дополняет другие теории.

Теория расходуемой сомы.

Британский биолог Томас Кирквуд впервые предложил теорию одноразовой сомы в статье обзора природы 1977 года. Автор был вдохновлен теорией старения Лесли Оргеля «теория катастрофы ошибок», которая была опубликована четырнадцатью годами ранее, в 1963 году. Оргель полагал, что процесс старения возник из-за мутаций, приобретенных во время процесса репликации, а Кирквуд разработал теорию одноразовой сомы для того, чтобы стать посредником в работе Оргеля с эволюционной генетикой.

Одноразовая теория сомы старения действует исходя из предпосылки, что существует компромисс между распределением ресурсов между соматическим обслуживанием и репродуктивными инвестициями. Слишком низкая инвестиция в саморемонт будет эволюционно необоснованной, так как организм, скорее всего, умрет до репродуктивного возраста. Однако слишком высокие инвестиции в саморемонт также будут эволюционно необоснованными из-за того, что его потомство, скорее всего, умрет до репродуктивного возраста. Следовательно, есть компромисс, и ресурсы распределяются соответственно. Однако считается, что этот компромисс повреждает соматические системы ремонта, что может привести к прогрессирующим клеточным повреждениям и старению. Расходы на ремонт могут быть разделены на три группы: затраты на увеличенную долговечность невозобновляемых деталей; затраты на обслуживание, связанные с

обновлением клеток, и затраты на внутриклеточное обслуживание. В двух словах, старение и снижение, по сути, являются компромиссом для повышения репродуктивной устойчивости молодежи [32; 53].

Было проведено много исследований по антагонистическому эффекту увеличения роста продолжительности жизни. Конкретно, гормон-инсулиноподобный фактор роста 1 (IGF-1) связывается с рецептором клетки, что приводит к каскаду фосфорилирования. Этот каскад приводит к киназам, фосфорилирующим фактор транскрипции FOXO, дезактивируя его. Дезактивация FOXO приводит к невозможности экспрессии генов, участвующих в ответе на реакцию окислительного стресса, таких как антиоксиданты, шапероны и белки теплового шока. Кроме того, поглощение IGF-1 стимулирует mTORпуть, который активирует синтез белка (и, следовательно, рост) посредством повышения активности промотирующего трансляцию S6K1, а также ингибирует аутофагию, процесс, необходимый для рециркуляции поврежденных клеточных продуктов. Снижение аутофагии вызывает нейродегенерацию, агрегацию белка и преждевременное старение. Наконец, исследования также показали, что путь mTOR также изменяет иммунные ответы и стимулирует ингибиторы циклинзависимой киназы (CDK), такие как p16 и p21. Это приводит к изменению ниши стволовых клетки приводит к истощению стволовых клеток, другому теоретизированному механизму старения [26; 32].

Механизм того, почему размножение тормозит продолжительность жизни в отношении многоклеточных организмов, пока неясен. Хотя многие модели иллюстрируют обратную связь, и теория имеет смысл с эволюционной точки зрения, клеточные механизмы еще предстоит изучить. Однако в отношении клеточной репликации прогрессивное укорочение теломер является механизмом, который ограничивает количество поколений одной клетки. Кроме того, в одноклеточных организмах, таких как *Saccharomyces cerevisiae*, образование

внехромосомных rDNA кругов(ERC) в материнских клетках (но не дочерних клетках) при каждом последующем делении является идентифицируемым типом повреждения ДНК, связанным с репликацией. Эти ERC накапливаются со временем и, в конечном итоге, вызывают репликативное старение и смерть материнской клетки [27].

Существует большое количество данных, свидетельствующих о негативном влиянии роста на долголетие у многих видов. Как правило, лица меньшего размера обычно живут дольше, чем более крупные особи одного и того же вида.

Многочисленные исследования показали, что продолжительность жизни обратно коррелирует как с общим количеством потомства, так и с возрастом, в котором женщины впервые рожают, также известными как примитивность. Кроме того, было обнаружено, что репродукция является дорогостоящим механизмом, который изменяет метаболизм жира. Липиды, вложенные в размножение, не могут быть выделены для поддержки механизмов, участвующих в соматическом обслуживании.

Одной из основных недостатков теории одноразовой сомы является то, что она не постулирует какие-либо конкретные клеточные механизмы, по которым организм переключает энергию на соматический ремонт или на размножение. Вместо этого он предлагает только эволюционную перспективу, почему старение может возникать из-за размножения. Поэтому её части довольно ограничены вне области эволюционной биологии.

Объединённая теория старения.

Трубицын А. Г., автор данной теории, выдвигает на роль механизма старения генетически контролируемое снижение уровня биоэнергетики при каждом делении клетки. Автор аргументирует зависимость от уровня энергетики таких признаков, как: увеличение уровня АФК, снижение уровня синтеза белка и репарации ДНК при старении, невозможность бесконечного деления клеток. А также связывает возрастное снижение

биоэнергетики с часами старения и с эффектом увеличения продолжительности жизни при низкокалорийной диете.

В логике данной теории уровень биоэнергетики – это величина изменения энергии Гиббса для данной системы, она в свою очередь зависит от соотношения концентраций восстановленных и окисленных форм макроэргических соединений клетки и температуры. Биоэнергетической машиной, дающей определённый уровень энергии, выступают митохондрии.

Возрастное увеличение уровня АФК и сопутствующего уровня повреждений структур клетки в рамках теории объясняется следующим. Образующийся при работе дыхательной цепи супероксид модифицируется митохондриальной супероксиддисмутазой в перекись водорода. Далее она разлагается системами глутатиона и тиоредоксина, которые энергозависимы, или разлагается по реакции Фентона, которая не требует энергии от митохондрий. При возрастном затухании биоэнергетики разложение по энергозависимым путям идёт в меньшей степени, а по реакции Фентона наоборот, протекает активнее. Это даёт увеличение количества вторичных свободных радикалов, т.к. они являются побочными продуктами реакции Фентона, и соответственно увеличение ущерба структур клетки [47].

Такой вредоносный процесс, как снижение уровня синтеза белков при старении, также зависит от энергетического потенциала, генерируемого соотношением АТФ/АДФ. Скорость регулирующей стадией трансляции является инициация. Для её начала необходим комплекс фактора инициации с гуанозинтрифосфатом ($eIF2 \cdot GTP$). Данный комплекс, после прохождения ряда реакций, должен быть преобразован в исходную форму и вступить в новый цикл инициации. Для этого необходимо поддержание оптимального уровня гуанозинтрифосфата, а его концентрация зависит от величины АТФ.

Генетически обусловленное уменьшение величины энергетики живого организма неминуемо заставляет снижаться результативность репарационных процессов. Решающее значение в исправлении нарушенных участков ДНК отведено эксцизионной репарации, которая протекает в несколько этапов: 1) нахождение нарушений в структуре НК; 2) удаление участка повреждения на одной из цепей; 3) восстановление по принципу комплементарности образовавшейся брешы с использованием второй цепи ДНК в качестве матрицы. По образному выражению, этот вид репарации получил название «режь-латай», для него характерны не только многоступенчатость, но и участие большого числа ферментов, таких как экзо- и эндонуклеазы, ДНК-полимераза, ДНК-лигаза и другие. Все указанные этапы происходят с затратой энергии в виде окисления аденозинтрифосфорной кислоты, а это, как уже упоминалось выше, процессы энергозатратные [47].

Кратко и несколько утрировано суммировав доводы автора по остановке пролиферации старых клеток, можно заключить, что такой ингибитор циклин-зависимых протеинкиназ, например, как белок p27 находится в клетке под контролем специфического насоса по его откачке. Работа насоса напрямую зависит от наличия энергетических возможностей клетки. При генном снижении энергии в клетке меньше порога, подавитель – белок p27 не откачивается из неё и, как следствие, пролиферация клеток исключается [48].

В отношении часов старения А.Г. Трубицын рассуждает следующим образом: наследственная программа переводит в ходе каждого последующего деления показатели биологической энергетической системы клетки на всё более низкую величину. Таким образом, продолжительность клеточной жизни определяется «часами размножения». Их ход предопределён скоростью деления, а педантичный механизм – механизм старения суммирует итоги событий, уменьшая величину клеточной энергетики после каждого акта пролиферации. Итак, «часы старения», они

же «часы пролиферации» считают аддитивное число произошедших делений, а не настоящее время. Они же определяют быстроту регресса (упадка) организма, а значит, долголетие. Тот же автор указывает, что эволюционно необходимое изменение продолжительности жизни в соответствие с пролиферативными часами, может быть достигнуто либо переменами в уровне биоэнергетики изначально, либо переменами темпов её уменьшения при каждом клеточном делении [48].

Параметаболитическая теория старения (ПМТ).

Автор данной теории А.Г. Голубев. Эта теория является по сути самой не обнадеживающей, в смысле увеличения максимальной продолжительности жизни человека. Механизмом старения в данной теории выступают параметаболитические процессы. Продукты последних накапливаются в организмах вызывая ущерб структурам клеток, который с течением времени становится всё более заметным.

Живые организмы включают в свой метаболизм соединения, имеющие значительный ассортимент химических особенностей, ряд из этих веществ участвуют в важных физиологических функциях, однако не пригодившиеся организму молекулы, которые не являются полезными для организма, могут быть вредными не только потому, что они не востребованы, но имеют прямое повреждающее действие. Большинство биосоединений оптимально расходуются во время протекания ферментативных реакций, другие, как не задействованные, не превращаются энзимами, не исчезают, а сопутствуют катаболическим и анаболическим процессам, осуществляющимся при участии ферментов. Эти процессы получили название параметаболитических или неферментативных.

Многие подобные реакции достаточно знакомы химикам-органикам, типичные из них получили имена тех исследователей, которые их первыми описали. Например, именной можно назвать реакцию Карла Манниха, открытую в 1912 г., суть которой заключается в аминометилировании

карбонильных соединений, ацетиленов, фенолов и других веществ. Также к именным реакциям относится реакция А. Пикте – Т. Шпенглера (1911 г.), реакция А. Михаэля (1887 г.) и ряд других. В присутствии исходных веществ, которых в клетках огромное количество, подобные реакции неминуемо произойдут. АФК и сам молекулярный кислород, присутствующие во всех аэробных организмах, являют собой тоже примеры непосредственных участников множества параметаболических реакций [22]. Сам кислород далеко не единственный участник параметаболизма. Вода активно взаимодействует с веществами, например, она гидролизует НК. При этом метилглиоксаль, образовавшийся вследствие гидролиза, способен оказывать повреждающее действие на биополимеры уже без участия O_2 . Множество подобных примеров оцениваются как фактор противодействия генов с множественными эффектами. На самом деле не существует аллелей, не являющихся плеiotропными. Это действие есть даже у генов, абсолютно необходимых для нормального функционирования организма. В качестве примера мы приводим ген, кодирующий фермент, участвующий в появлении глицеральдегид-3-фосфата во время гликолиза или другого процесса. Он проявляет свой антагонизм в виде плеiotропных эффектов, выражающихся через параметаболические реакции синтеза метилглиоксаля из 3-ФГА. По механизмам исполнения к генам «приблизилась» плеiotропные явления, которые были результатом способности белковых продуктов этих генов образовывать агрегаты, например, в виде амилоидов. Это наиболее ярко выражено в специфических генетических продуктах, функции которых обусловлены гидрофобными контактами, в частности, с включением в биомембраны, например, белка-предшественника амилоида, приводящего к развитию болезни Альцгеймера, с переносом липидов и образованием аполипопротеинов, увеличение производства которых (холестерин) приводит к атеросклерозу, а также транстиретины, способного

формировать структуры амилоида и приводить к транстиретиновому амилоидозу. В тоже время транстиретин осуществляет в норме транспортировку гормона тироксина и жирорастворимого витамина ретинола [16; 18; 15].

Возникает ситуация, что там, где есть химические соединения, есть и возможность для их взаимодействия, которая не поддается контролю со стороны самих «фигурантов процесса». Подобные реакции – основа «враждебных» множественных взаимодействий генов, приводящих в движение процессы старения. Привнесение новых средств их контроля создает благоприятную почву для вновь возникающих неконтролируемых взаимодействий. Приходится проводить параллели с теоремой Гёделя о недостаточности, которая составляет суть современных основ математики и, возможно, естествознания в целом. Согласно этому утверждению, любая система положений и предположений о взаимосвязях между ними, а в рассматриваемом случае этот перенос на систему взаимодействующих молекул, становится неполной, поскольку создает предпосылки для утверждений, которые не могут быть подтверждены или опровергнуты элементами этой системы. Добавление новых элементов управления для доказательства ранее недоказуемых суждений порождает способы сформировать следующие недоказуемые суждения или, говоря о генах, неконтролируемые взаимодействия. В этой интерпретации старение является результатом правомерного сравнения теоремы Гёделя и многогранной системы биохимических взаимодействий. Все это, с одной стороны, снижает способность контролировать образование продуктов параметаболизма, а с другой, подготавливает своеобразный генератор неконтролируемых модификаций внутренней среды организма, способных убить сам организм. Таким образом, внутренняя среда, как бы парадоксально это ни звучало, может создавать опасности для организма не меньше, чем внешняя среда. В комплексе биологических функций есть

те, которые спасают организм от опасностей изнутри, но они способны создавать дополнительно и суперпроблемы.

Голубев А.Г. представляет такую форму закона Гомпертца–Мэйкхема, которая истолкована им как закономерность, констатирующая зависимость смертности не от возраста, а от жизнеспособности. Высказано предположение, что обобщённый закон Гомпертца-Мэйкхема – результат того, что переход от химического мира к возникновению жизни был связан с тем, что в уравнении Аррениуса, описывающем взаимосвязь между скоростью реакции и температурой, роль главной переменной в превращении молекул в пребиотические многомoleкулярные объекты переместились от температуры к активационному барьеру. Следовательно, обобщённый закон Гомпертца-Мэйкхема не является результатом биологической эволюции, но в некоторой степени унаследовано от химических процессов и является важным условием дальнейшей биологической эволюции. Моделирование с этих позиций даёт понимание, что приобретение новых функций в процессе эволюции, согласованное с быстрым снижением функциональных возможностей из-за концентрации параметаболических нарушений, вызванных этими функциями, может усилить влияние вклада ресурсов в потомство. Несмотря на сокращение продолжительности существования групп организмов, а иногда и снижение репродуктивного цикла особей, это может быть подхвачено положительным влиянием естественного отбора [19].

С точки зрения параметаболической теории, справиться полностью с нарушениями от параметаболических реакций возможно ростом и размножением клеток, а также их удерживанием на низком неизменном уровне абсолютным самообновлением. Однако, эти пути, в свою очередь, не совмещаются с некоторыми важными физиологическими функциями. В качестве доказательства к приведённым рассуждениям можно привести пример с кишечнополостным животным – гидрой, у которой отсутствуют признаки старения. Это возможно объяснить способностью гидры речной

к тотальному самообновлению. Вместе с тем, именно это делает невозможным обрести такие важные приспособления, как нервная система и опорно-двигательная система высших организмов. В противном случае невозобновляемые части будут умножать продукты параметаболизма и делать их менее пригодными для наилучшего функционирования.

Сравнивая параметаболическую теорию с идеей антагонистичной плейотропии, представлением о накоплении вредных мутаций с отложенным действием, с суждением о расходной соме и другими, Голубев А.Г. приходит к выводу, что параметаболическая теория создает фундаментальную основу для чрезвычайно важных, но по существу переходных (описательных) теорий старения, которые нацелены на источники эндогенных расстройств (теория свободных радикалов) или на аккумуляторы этих расстройств (понятие соматических мутаций, сшивающих белков внеклеточного матрикса и другие). Рассматриваемые теории относятся к частностям, но не к общей причине движения к старости. Движение по дороге старения возникало бы в любом случае, даже если какие-либо контакты живых существ с кислородом были бы устранены и, если бы не было явления свободных радикалов.

Из параметаболической теории следует, что главное, что составляет сущность антагонистической плейотропии и представляет собой движущую силу старения, в эволюции возникло очень рано, когда эта сила могла быть рассыпана клеточным делением, не нанося большого вреда и не просеиваясь селекцией. Поэтому рассматриваемая движущая сила заложена в процессах метаболизма и связанных с ним взаимодействиях настолько глубоко, что её трудно трансформировать и продемонстрировать трансформации. Её глубина меньше у низших организмов, например, у круглых червей-нематод. Действительно, известные модификации моделей выживания этих организмов включают те, где изменения скорости старения явно происходят. Эта глубина больше у очень развитых организмов, например, у человека. В рамках ПМТ найти

способ повлиять на исходную причину старения существующего в настоящее время вида. Человек разумный кажется менее досягаемо чем придерживаться взглядов, позволяющих констатировать возможную обратимость старения либо наличия программы старения человека.

1.2 Особенности старения разных видов живых организмов

Проблема межвидовых различий в ПЖ занимает особое место. Углублению знаний о биологических основах ПЖ способствует понимание причин больших различий в ней у разных видов, понимание эволюционных изменений этого признака. Различия в продолжительности жизни у разных видов живых организмов по своей сути и проблема и ключ к пониманию многих вопросов геронтологии. Сопоставление продолжительности жизни особей одного вида и других видовых признаков, являются методом для установления биологических начал, находящихся в основе продолжительности жизни.

Из-за значительной величины различий в сроках жизни особей разных видов, точному измерению их не придавалось решающего значения долгое время. Сравнивая между собой плодую мушку, мышь и человека очевидно, что какой бы показатель их продолжительности жизни не был взят во внимание, итог по сути не изменится, так как дрозофила живёт 3-4 месяца, мыши живут 2-3 года, а самое большое число лет живёт человек, например, до 100 лет. Если использовать ранги, а не числа, результат остается прежним. В настоящее время сравнение продолжительности жизни проводится с высокой точностью, но измерения продолжительности жизни видов нет. Для последователей видовой гипотезы о пределе ситуация решается несколькими способами. Можно принять существование особого возраста и наделить его определёнными свойствами по желанию. На эту роль вполне подходит максимальная ПЖ. Нехватка надёжных данных статистики для максимально старших возрастов породил утверждение о наличии биологической границы ПЖ,

который в отношении человека разумного оказывается постоянным независимо от времени, цивилизации, расовой принадлежности. Оно поддерживается при полном отсутствии каких-либо убедительных свидетельств. Использование указанной меры связано со многими несоответствиями. Как убедить научное сообщество в неизменности в историческом аспекте максимальной продолжительности жизни, если её значение до сего времени неизвестно? Значительное расхождение мнений специалистов в оценках видового предела продолжительности жизни указывает на субъективность первых. Можно сказать, что подлинность приводимых оценок неизвестна, это проявляется, например, в отсутствии подтверждённых доверительных интервалов. Ряд экспертов, осторожничая, предлагают не цифры видовой ПЖ, а возможный размах, в котором находится это значение, но эти грубые оценки, опять же, слабо перекрываются. Вышеуказанные разногласия касаются в основном оценки видовой продолжительности жизни человека. Что касается других биологических видов, то здесь не так много противоречий. Это связано с меньшим количеством ученых, считающих себя специалистами в этой области знаний [3; 6; 11].

В указанной логике всё сводится к оформлению достоверно установленных случаев долголетия. Научная задача становится похожей на хронику спортивных рекордов. Принимая во внимание последние отчеты, видовой предел продолжительности жизни *Homo sapiens* составляет 120 лет и 237 дней, но этот последний установленный максимум может быть достигнут в будущем. При обсуждении данных об удельной продолжительности жизни других видов их обсуждение часто достигает уровня охотничьих сказок. Учитывая эти результаты, трудно рассчитывать на установление биологической основы продолжительности жизни [11; 13].

Другой способ – применить статистические методы экстремальных значений. Регистрируется не максимальная, а самая большая характерная

продолжительность жизни, равная возрасту последнего выжившего организма из выборки известного значения. При этом следует иметь в виду, что значение наибольшей характерной продолжительности жизни увеличивается с количеством наблюдений, при этом этот рост не может быть ограничен сверху. Никто не делает поправку по количеству наблюдений. Принимая это во внимание, для человека, как вида, с его огромной численностью на земном шаре и длительностью при регистрации случаев долголетия, значение самой большой характеристической ПЖ будет существенно выше соответствующей оценки для вида с такой же долговечностью, но представленным намного меньшим числом особей в зоопарке [53].

Выпадения из общей зависимости большинства межвидовых корреляций данных по человеку: он дольше живёт, чем это следует из его анатомических, физиологических и биохимических характеристик, так как это может быть обусловлено различиями в числе наблюдений.

Значит, максимальная продолжительность жизни – хорошая оценка величины верхнего предела ПЖ вида. Отметим: при условии реального существования абсолютного предела ПЖ видов и достаточно большом числе наблюдений.

Альтернативный путь решения проблемы определения меры для характеристики видовой ПЖ заключается в поиске инвариант. Величина видовой ПЖ должна быть инвариантна для всех представителей вида.

Временные инварианты ПЖ вида, такие как предэкспоненциальный множитель R и показатель экспоненты α сопоставляются для разных популяций одного вида. Это даёт возможность усмотреть более общие для конкретного вида инварианты. Последние стабильны в генетическом и средовом аспектах [11].

Разумность исследования в этом направлении подтверждается открытием таких моделей старения, как корреляция Стрелера-Милдвана и компенсаторный эффект смертности и другие [1; 13].

В завершении данного раздела приведём надёжные и должным образом зафиксированные примеры долгожительства в животном мире. Приводить спорные, мало подтверждённые сводные таблицы по видовым различиям ПЖ животных не будем.

Крупные попугаи представители рода *Ара* и семейства *Какаду* могут жить до 80-100 лет в неволе. Возраст некоторых галапагосских черепах достигает 190 лет. Отдельные представители китов-носорогов имели возраст от 177 до 245 лет. Гренландские акулы в настоящее время являются видом позвоночных с самой длинной известной продолжительностью жизни. В исследовании, опубликованном в 2016 году изучено 28 экземпляров этого вида. При этом использовалось радиоуглеродное датирование, которое показало, что самое старое из животных, прожило около 392 ± 120 лет (как минимум 272 года и максимум 512 лет). Далее авторы пришли к выводу, что вид достигает половой зрелости в возрасте около 150 лет. Многие виды беспозвоночных животных способны расти на протяжении всей жизни. К ним относятся отдельные представители мягкотелых, кишечнополостных. Среди них есть своеобразные рекордсмены, возраст которых оценивается в несколько сотен лет, например, такое показано для двухстворчатого моллюска, выловленного у берегов Исландии – океанского венуса. Возраст одного из представителей данного вида был определён в 507 лет. Ряд видов живых организмов и вовсе считаются бессмертными, для них понятие максимальная ПЖ по сути смысла не имеет. В частности, некоторые медузы *Turritopsis dohrni*, *Aurelia aurita* способны развиваться при неблагоприятных условиях в обратном направлении и возвращаться как бы «в детство», то есть к стадии полипа. При этом нужно отметить, что большинство этих животных погибает через несколько месяцев либо поедается другими животными. Пресноводный полип гидра практически бессмертна из-за высокой скорости регенерации. Эта особенность гидр, возможно, связана с особым геном, который поддерживает в активном

состоянии стволовые клетки гидры и способствует постоянному обновлению организма. К такой же систематической регенерации, постоянному росту и делению способны животные, относящиеся к типу Плоские черви. Среди людей подтверждённым фактом сверхдолгожительства и со стороны учёных-геронтологов, и со стороны составителей книги рекордов Гиннеса, является достижение возраста в 122 года француженкой Жанной Калман [36].

Выводы по первой главе

Вопрос о том, что есть старение, в науке остаётся открытым. Вследствие этого нет универсальной (общей) теории, которая детально и подробно освещает механизм этого процесса. Так же нет однозначного и общепринятого определения данного понятия [1; 14; 50; 52; 53].

Из большого множества взглядов на суть старения нам близка точка зрения А.Г. Голубева. Автор доносит до всех основную идею о том, что любая живая система, по сути, химический реактор, в котором настроенная естественным отбором совокупность процессов обязательно порождает ещё большую совокупность реакций, продукты которых обуславливают повреждение системы. Речь о центральной двойственности теории старения А.Г. Голубева метаболизме и параметаболизме. В такой же логике рассуждает о сути старения В.Н. Гладышев. Авторы утверждают, что основная причина старения в избыточной реакционной способности веществ из которых состоит организм, это и приводит к неизбежному накоплению повреждений в любых организмах. Накопление происходит даже в тех особях, для которых не наблюдается увеличение вероятности смерти с возрастом. Про нестареющие виды можно сказать, что скорость накопления параметаболических повреждений и них не больше скорости их устранения. Способность устранять повреждения от параметаболизма напрямую связана со сложностью живой системы, чем выше сложность, тем труднее держать приемлемый для функционирования баланс рабочих

и сломанных функций. Ключевым механизмом очищения биосистемы от повреждённого является деление, которое невозможно реализовать для окончательно специализированных клеток типа нейронов (без потери функции).

Наука активно изучает процесс старения. Путём сравнения долгоживущих и короткоживущих видов одного класса и разных типов клеток организма выделяют сигнатуры продолжительности жизни. Их использование должно приблизить учёных к открытию действенных для человека способов увеличения ПЖ. Возлагаются надежды и на методы омоложения клеточных структур.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ КАК СПОСОБ ДОСТИЖЕНИЯ ЛИЧНОСТНЫХ И МЕТАПРЕДМЕТНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ

2.1 Понятие проектной деятельности

Полицелевой и полифункциональный характер присущ следующим видам деятельности: исследовательской и проектной. Современное образование интегрировало их в образовательный процесс, так как помимо названных плюсов, данные виды деятельности способствуют всестороннему развитию личностей учащихся, следовательно, их использование в образовании актуально [25].

Понятия «исследовательская деятельность», «проектная деятельность», «исследовательский метод обучения» и «метод проектов» используются как синонимы во многих педагогических текстах, но в содержаниях данных понятий есть существенные различия. Для корректного использования этих терминов в образовательной практике нужно понимать их неискажённый смысл. Необходимо уточнить определения понятий «исследование» и «проект» в рамках их модификации в образовательной среде [25; 41].

Проект (от лат. *projectus*, буквально – брошенный вперед) – это план, замысел, прототип или прообраз предполагаемого или возможного объекта, состояния. Проектирование – явление создания проекта. В настоящее время, в педагогической науке ведутся разработки проблемы проектирования образовательных систем, как следствие понятие «проектирование» приобрело значительную актуальность и новое содержание. Акцент делается на преобразующей функции проектирования по отношению к наличному уровню знания.

Алексеев Н.Г. говорит о значимых признаках понятия «проект»:

- отнесение к будущему, ближайшему или более дальнему;
- данного будущего еще нет, но оно желательно либо нежелательно;

- это будущее просматривается в идеализированном контексте.

Для Н. Г. Алексеева проектирование это идеальный (чистый) тип деятельности, по сути, процесс размышления о том чего ещё нет, но должно или не должно быть [5; 21].

Анализируя происхождение слова «исследование», можно прийти к следующему пониманию этой деятельности: «извлечь нечто “из следа”, т. е. восстановить некоторый порядок вещей по косвенным признакам, отпечаткам общего закона в конкретных, случайных предметах». Исследование – это научный труд, согласно толковому словарю русского языка. В бытовом употреблении термин исследование мыслится как процесс выработки новых знаний, один из вариантов познавательной деятельности человека. Свойственное человеческой природе стремление к познанию выступает источником исследования, как вида деятельности. Если обратиться к сравнению понятий «проектирование» и «исследование», стоит заключить, что и то, и другое относится к мыслительной деятельности. Проектирование есть начало её, а исследование осуществление её. Связь с реализацией замысла имеет проектирование. Исследование сопряжено с поиском и пониманием реального [5; 24].

Для образовательных практик важен факт связи исследования и проектирования с прогнозированием, аргументируя им можно говорить о том, что данные виды деятельности эффективны в качестве инструмента развития интеллекта и креативного мышления у детей.

Савенков А.И. указывает, что прогнозируя в ходе проектирования, будущее видится в трёх ипостасях. Первая из них, детерминированная, то есть полностью предсказуемая, обусловленная действием известных причин. Вторая ипостась представляет собой перспективу, которую хорошо моделируют прогнозы. А вот про третью, так нельзя сказать, поскольку прогнозам она неподвластна. Динамика проекта разворачиваются и развиваются, как правило, в рамках первой

детерминированной версии будущего. Исследовательский режим сосуществует с третьей неизвестной, принципиально не поддающейся никакому прогнозированию составляющей. В силу своего промежуточного положения – слабо предсказываемая ипостась будущего характерна как для движения в проектном русле, так и для течения сугубо исследовательского [5; 7].

Ряд авторов, среди которых А. И. Савенков видят уникальность исследования в тайне его результата, которая открывается только постфактум. Проектирование же обходится без таких загадок. Поиск тайны, которая заключает знания и истину, это и есть исследование. А. С. Обухов высказывает подобные суждения: «В ходе проекта происходит создание новой скульптуры из известного материала, тогда как в исследовании скульптор ищет материал новый в своём роде. Причём нужно понимать, что проектируется уникальная скульптура, неповторимая, а вот материал новый материал, который будет исследован существовал и ждал своего открытия. Основная цель исследования – манипулировать с объектом так, чтобы не оказать ощутимого влияния на его внутреннюю структуру и как следствие на саму истину». Ориентир на практический результат свойство проекта, следовательно, проектируя люди решают конкретные проблемы [51].

В целом, проектируя, избежать творческого начала, не получится, хотя следовать алгоритму на некоторых этапах проекта вполне можно. К примеру, теоретические проекты содержат стандартные планы, прописанные алгоритмы.

Савенков А.И. обоснованно считает: «Отдавая личность на воспитание проектированию, на выходе она обретёт творческое начало, но оно будет нести отпечаток неких границ, лимитирующих потенциал творчества». Исследование, как воспитатель, сможет взрастить истинных творцов: «В отличие от проектирования исследование – всегда творчество, и в идеале оно представляет собой вариант бескорыстного поиска истины.

Если в итоге исследования и удастся решить какую-либо практическую проблему, то это – не более чем побочный эффект».

Полат Е.С. говорит о присущей проектной деятельности направленности на конкретный результат. В теоретических проектах прагматичность вырежется в наличие в проекте конкретного решения поставленной проблемы. Проекты практической направленности должны содержать конкретный продукт готовый к использованию. То есть результатам проектам должна быть присуща «осязаемость».

В рассуждениях этого автора указывается и творческая компонента проекта. За счёт которой из исходных знаний возможно образование нового или применение их для создание уникального практического результата. Сама творческая деятельность видится автороту, как основа, для проектирования [5; 24].

Не всякая педагогическая технология сочетает в себе исследовательские, поисковые и проблемные методы. Те из них, которые обладают описанной комбинацией явно можно считать творческими, к их числу относится проектная деятельность. Не отождествлять «проект как результат деятельности» (определенное ее оформление) и «проект как метод познавательной деятельности» Е. С. Полат считает важным. Создание условий, в которых ученики сами трудятся и достигают результатов – это метод проектов и он отличен от самой работы над проектом. «Метод проектов – инструмент познания, один из способов познавательной деятельности». Задания-проекты, которые планомерно усложняются и даются ученикам на выполнение, с перспективой развития у последних соответствующих компетенций – это описание системы обучения, с использованием метода проектов [5; 51].

Савенков А.И. видит сущность исследовательского метода обучения в пути к знанию через собственный творческий, исследовательский поиск. Составляющие этого поиска: выявление проблем, выработка и постановка гипотез, наблюдения, опыты, эксперименты, а также рождающиеся на их

основе суждения и умозаключения. Рубинштейн М.М. говорил, что учащиеся становятся, как настоящие исследователи: «научаются вопрошать окружающую жизнь и наблюдать ее». Природе ребенка, как и современным задачам обучения, наиболее полно соответствует один из основных путей познания – исследовательский метод обучения, так считает А. И. Савенков. Для автора исследовательская деятельность есть особый вид интеллектуально-творческой активности, рождающийся в результате функционирования механизмов поиска, строящийся на базе исследовательского поведения. Проект может включать исследовательскую деятельность, как одно из направлений работы в рамках проекта. Полат Е.С. говорит о методе проектов, как об «определенным образом организованной поисковой, исследовательской деятельности учащихся», акцентирует внимание на том, что такая работа требует достижение результата, оформленного в виде конкретного практического решения, и организацию самого процесса достижения этого результата.

Исследования – это то, к чему зачастую прибегают в ходе проектной деятельности. Полат Е.С. в качестве одного из основных требований к реализации метода проектов в школе постулирует присутствие значимой в исследовательском, творческом контексте проблемы, которая требует интегрированного в систему понятий ученика знания, исследовательского поиска для ее решения, использования исследовательских методов. Говоря о типологизации проектов, автор отмечает, что «исследовательский проект» должен характеризоваться доминированием в ходе его реализации исследовательской деятельности. По мнению А. В. Леонтовича наличие в проекте процедур анализа различных сценариев развития проекта, внесения необходимых корректировок обусловлено исследовательской компонентой [5; 21].

В методическом аспекте приобретает важность учёт наличия в проекте: четкого плана действий, формулирование и осмысление

проблемы, выбранной для изучения, процесса создания реальных гипотез и их апробации в соответствии с четким планом. Эти процессы должны быть достаточно детально технологически проработаны.

Исследовательская деятельность в сравнении с проектной отличается повышенной свободой и гибкостью. В идеале, гипотеза – это не рамки, которые ограничивают исследование, таково мнение А.И. Савенкова. По мнению А.В. Петровского разрушить то, что может замедлить открытие истины, значит смотреть на облака проблем с той высоты, на которой звёзды озарения сияют как никогда. Маститые исследователи и одарённые начинающие обладают такой способностью, способностью надситуативной активности. Проектирование изначально предполагает некую глубину решения проблемы, то есть задает некий предел, то для исследования такое не характерно. Исследование допускает бесконечное погружение в недра проблемы [5; 41]. Резюмируя, можно отметить, что проектирование и исследование – исходно принципиально различные по направленности, смыслу и содержанию виды деятельности. Также весомые различия проявляются при разборе понятий «исследовательская деятельность учащихся» и «проектная деятельность учащихся».

В концепте развития исследовательской деятельности у учащихся авторов: Алексеев Н.Г., Леонтович А.В., Обухов А.С. и Фомина Л.Ф. Под такой деятельностью учащихся мыслится деятельность, связанная с поиском решения проблемы творческой, исследовательской задачи с заранее неизвестным решением. Деятельность, предполагающая наличие основных этапов, характерных для исследования в научной сфере: постановку проблемы; изучение теории, посвященной данной проблематике; подбор методик исследования и практическое овладение ими; сбор материала, его анализ и обобщение, собственные выводы. Проектная деятельность школьников определена, как совместная учебно-познавательная, творческая или игровая активность учащихся, с общей целью, с согласованными методами и способами деятельности, нацеленная

на приближение общего результата. Условием проектной деятельности является наличие заранее выработанных представлений о конечном продукте деятельности, этапов проектирования (выработка концепции, определение целей и задач проекта, доступных и оптимальных ресурсов деятельности, создание плана, организация деятельности по реализации проекта) и реализации проекта, включая его осмысление и рефлексию результатов деятельности [24].

Матяш Н.В. говорит о творческой специфике проектной деятельности и возводит её в ранг интегративной, фиксируя в её составе элементы игровой, познавательной, ценностно-ориентационной, преобразовательной, учебной, коммуникативной и творческой деятельности. Зафиксированные различия в содержаниях понятий «исследование» и «проектирование», не противоречат очевидным высоким развивающим силам исследовательской и проектной деятельности. Они проявляются в работе с учащимися, как стимулирование их интереса, развитие их познавательных навыков и мышления, умение самостоятельно добывать знания, ориентироваться в информационном поле [5; 25]. Современному образованию нужны инновации, исследовательская и проектная деятельность при должном применении способны выступать подходящей почвой для новых педагогических решений.

2.2 Понятие, функции и виды УУД

В нашем понимании проект учащихся это не что иное, как способ формирования и проверки уровня развития универсальных учебных действий (УУД). В данном разделе необходимо раскрыть основные виды и функции УУД.

Приоритетом для современного российского образования является наличие у действующих и периодически обновляющихся образовательных стандартов развивающего потенциала. Более подробное раскрытие данной

идеи во ФГОС реализуется наличием системы УУД, требующей обязательного формирования.

У понятия УУД есть много определений, приведём два из них, которые раскрывают узкий и широкий смысл данного термина.

В широком смысле УУД – это умение учиться, способность обучающегося к саморазвитию и самосовершенствованию через сознательное и активное присвоение нового социального опыта [8; 37].

В более узком смысле под УУД понимают совокупность действий и приёмов обучающихся, которые дают им возможность самостоятельного конструирования новых знаний и умений, а также способность к самоподдержанию этого процесса [23; 37].

Полезные свойства развивающихся личностей учеников, о которых говорится в узком смысле термина, поддерживаются за счёт того, что универсальные учебные действия работают в любых областях знания, в том числе и в самой учебной деятельности. Благодаря им обучающиеся целенаправленны, понимают смысл отдельных операций деятельности.

Важные элементы учебной деятельности: учебная цель, учебные задачи, учебные мотивы, учебные действия. За счёт УУД смогут быть полноценно усвоены учащимися. Универсальные учебные действия, по мнению А.В. Федотовой, это «обобщенные действия, открывающие возможность широкой ориентации учащихся, как в различных предметных областях, так и в построении самой учебной деятельности, включая осознание учащимися ее целевой направленности, ценностно-смысловых и общенациональных характеристик» [9; 37].

Существует три положения, которые обуславливают становление универсальных учебных действий в образовательном процессе:

1. Формирование УУД есть одна из целей образовательного процесса, которая задаёт его содержание и организацию.

2. Становление УУД происходит в рамках изучения различных предметов.

3. По уровню развития УУД у участников образовательного процесса судят о качестве образовательного процесса [37].

К функционалу УУД относят:

1. Запустить у обучающихся процессы самостоятельного обучения, созидания целей и их ресурсобеспечения, рефлексии и коррекции деятельности.

2. Создание условий для гармоничного развития личности и ее самореализации, готовности к непрерывному образованию.

3. Обеспечение успешного усвоения знаний, умений и навыков и формирование компетентностей в разных предметных областях [37].

Абсолютно на любом школьном предмете можно создать условия для конструкции УУД учащихся. Специфика различных учебных дисциплин даёт огромное множество вариантов для формирования всего спектра УУД.

Виды универсальных учебных действий:

- личностные,
- регулятивные,
- познавательные,
- коммуникативные.

На обеспечение ценностно-смысловой ориентации обучающихся работают личностные УУД. По сути, это понимание моральных норм, умение сопоставить поступки и события с внутренними этическими принципами, умение выделить нравственную компоненту в поведении [4].

Регулятивные действия. По названию данной группы можно догадаться, что сюда относится: целеполагание, планирование, прогнозирование, контроль, коррекция, оценка и саморегуляция. Очень важны действия по определению учебных задач, с обязательным учётом достигнутого уровня знаний и того, что ещё подлежит усвоению (уровень ближайшей перспективы). Наличие даже простого плана облегчает путь к намеченной цели и обеспечивает поэтапное выполнение соответствующих

задач. Прогнозирование положительно для любой деятельности, помогает раскрыть временную компоненту. Ориентация на эталон помогает обнаружить несоответствия и отклонения от выбранной цели, побуждает вовремя вносить коррективы в план и переходить на более приемлемые способы работы. В завершении деятельности важно осознать уровень и качество полученного результата. В ходе учебного процесса необходимо наличие волевого усилия со стороны учащихся. Регулятивные УУД помогают в преодолении различных препятствий [9].

Познавательные универсальные действия обладают сложной внутренней структурой, выделяют общеучебные, логические и действия по постановке и решению проблемы.

Общеучебные универсальные действия:

- 1) самостоятельное выделение и формулирование познавательной цели;
- 2) поиск и выделение необходимой информации; применение методов информационного поиска, в том числе с помощью компьютерных средств;
- 3) структурирование знаний;
- 4) осознанное и произвольное построение речевого высказывания в устной и письменной форме;
- 5) выбор наиболее эффективных способов решения задачи в зависимости от конкретных условий;
- 6) рефлексия способов и условий действия, контроль и оценка процесса и результатов деятельности [37].

В подгруппе логических действий выделяют:

- 1) анализ объектов с целью выделения признаков;
- 2) синтез как составление целого из частей, в том числе при самостоятельном достраивании, восполнении недостающих компонентов;

3) подведение под понятия, выведение следствий, установление причинно-следственных связей, формулирование суждений и умозаключений, доказательство, выдвижение гипотез и их обоснование.

Резюмируя, приходим к тому, что универсальные учебные действия есть множество методов работы обучающегося, дающих ему возможность самостоятельного усвоения нового (знаний, умений и навыков), включая методы регуляции этого процесса. На уроке УУД выполняют основные функции:

1. Обеспечение потенции школьников к самостоятельной работе на уроках, к формулированию ими учебных целей, поиску и использованию необходимых средств и способов их достижения, контролировать и оценивать процесс и результаты деятельности.

2. Создание условий для развития личности и ее самореализации на основе готовности к непрерывному образованию, которое обуславливается поликультурностью общества и наличием в нём высокой профессиональной мобильности.

3. Достижение знаний, умений и навыков и формирование компетентностей в любой предметной области.

Чтобы в образовательных организациях происходило успешное формирование УУД у учеников, необходимо применение педагогами инновационных методов и технологий обучения на уроках. Они должны содержать в себе приёмы активизации деятельности учащихся, стимулирования самостоятельной работы, рефлексии и самооценки [4].

2.3 Типы проектов учащихся

В XX веке американский педагог Дж. Дьюи и его ученик У.Х. Килпатриком организовали в США школы-лаборатории, в них они активно использовали метод проблем, который они же и разработали. Педагогами двигали гуманистические идеи в образовании, описываемые события можно считать истоками проектной деятельности. В отечественной

истории надуться свои примеры истоков метода проектов, в XIX веке старший учитель Императорской гимназии С.И. Любомудров писал: «Ученик не владеет свободно и уверенно своими познаниями, ибо ему не достаёт надлежащих внутренних связей между тем, что он выучил в различных областях; он не удерживает прочно и надолго того, что узнал, потому что он усвоил это не при помощи самостоятельной работы, непосредственного интереса, но путем простой рецепции. В нем нет живого стремления к возможно более многостороннему расширению и углублению своих познаний; умственные силы его ученьем не крепнут: он в большинстве случаев апатичен, равнодушен, вял, рассеян». В России с 1905 года разработкой метода проектов активно занимался С.Т. Шацкий. Рассмотренные примеры уверенно приписывают методу проектов возраст более ста лет. Перейдём к выделению сущности и особенности проектов. Проектная деятельность инновационная, она предполагает преобразование реальной действительности. Она может дать специалисту высокую устойчивость к конкуренции, за счёт своего призвания: осуществление аналитических и организационно-управленческих функций [10; 35].

В различных исследованиях встречаются различные определения термина «проект», начиная от кратких: «Проект – это продукт людей творческой или узкопрактической деятельности». Определение, в содержание которого ключевое слово – усилие: «Проект представляет собой комплекс усилий (с учётом анализа цели и проблемы), управляющиеся и планирующиеся для достижения требуемых изменений в системах, окружении людей, знаниях, отношении к жизни, предусматривает новую сложную задачу или проблему и должен быть завершён в заранее определённые сроки. Слободчиков В.И. обобщил зоны применения проекта как «оформленного комплекса инновационных идей в образовании, в социально-педагогическом движении, в образовательных системах и институтах, в педагогических технологиях и деятельности».

Как и любое понятие с большим объёмом, понятие проекты обладает классификацией. В 1920-е гг. Коллингс опубликовал первую в истории классификацию учебных проектов:

1. «Проекты игр» – различные игры, народные танцы, постановки.
2. «Экскурсионные проекты» – окружающая среда и общественная жизнь.
3. «Повествовательные проекты» – рассказы в устной, письменной, художественной (картина), музыкальной формах.
4. «Конструктивные проекты» – например, изготовление мышиной ловушки, строительство площадки на территории школы и другое.

Подобные группы проектов есть и сегодня, но только теперь у них другие наименования. «Геймификация» – это бывшие проекты игр, «повествовательные» теперь называются «арт-проекты» [10; 35].

В основе современных классификаций лежит разделение по ведущей деятельности и по продукту проекта. Группы проектов данной классификации:

1. Исследовательский проект, ведущая деятельность: исследование.
2. Инженерно-конструкторский проект, ведущая деятельность: конструирование.
3. Организационный проект, ведущая деятельность: организационное проектирование.
4. Стратегический проект, ведущая деятельность: стратегическое проектирование.
5. Арт-проект, ведущая деятельность: художественное творчество [10; 35].

Чаще всего реальный проект это комбинация нескольких типов.

Классификация по продукту проекта:

1. Научно-исследовательский проект, продукт: знание.
2. Опытный проект, продукт: объекты, опытные образцы.
3. Технологический проект, продукт: технологии.

4. Инфраструктурный проект, продукт: инфраструктура, схема отрасли.

5. Предпринимательский проект, продукт: компания, бизнес, рынок.

6. Инновационный проект, продукт: инновация.

Как и в предыдущем случае, реальные проекты чаще являются смежными и не относятся к единственной классификационной группе [35].

Проекты можно разделить на классы: монопроект, мультипроект, мегапроект. Различными классификациями учитывается масштаб проекта, размеры самого проекта, количество участников и степень влияния на окружающий мир. По продолжительности проекты можно разделить на краткосрочные (до 3-х лет), среднесрочные (от 3-х до 5-ти лет) и долгосрочные (свыше 5-ти лет). Проекту свойственен жизненный цикл – это полная совокупность ступеней развития проекта, от идеи до завершения. Так же в проектах выделяют фазы, стадии и этапы. Цикл жизни проекта представляет собой: выделение проблемы, постановка целей, гипотезы и задач, планирование, реализация продукта, оформление и представление результата, рефлексия образовательных результатов.

Команда проекта – это важный элемент его структуры. Рассмотрим состав проектной команды. Разумеется, это учащиеся образовательных учреждений. Куратор – это руководитель проекта, который отвечает за существование проекта, координирует работу команды, ориентируется в профессиональной области, мотивирует участников команды. Тьютор – эта позиция наблюдается в образовательных проектах, тьюторы помогают участникам выделять и осмысливать полученный опыт, выстраивать маршрут движения. Особенно важным является акцент на личностные характеристики и личностные компетенции обучающихся. В образовательном проекте обязательно есть позиция преподавателя – это профессионал, который передает знания, умения и навыки в специально организованном образовательном процессе. В проекте есть также и позиция лаборанта, который отвечает за оборудование и инструменты. В

любом проекте необходимо сверяться с картой и маршрутом, специально разработанным под каждый проект. Это помогает сделать эксперт, профессионал, который может привлекаться на всех этапах. Важно наличие в составе команды стейкхолдеров. Это инвесторы, заказчики или пользователи, определяющие условия и оценивающие результаты проектной деятельности [10; 35].

Проектной деятельностью в российском образовании занимаются с конца 1990-х г.г., диссертационные труды по данной проблематике насчитывают более 19 тыс. диссертаций по педагогике и психологии. Особый подъем замечен с 2005 г., тогда был принят приоритетный национальный проект «Образование», а в 2019 г. действует новый национальный проект «Образование», рассчитанный на 5 лет. В него входят такие федеральные проекты, как: «Современная школа», «Успех каждого ребенка», «Цифровая образовательная среда».

Современное состояние проектной деятельности в российских школах. Разработаны и действуют классификации проектов. В федеральных государственных образовательных стандартах проектная деятельность характеризуется. С 2020 г. в штате сотрудников школ есть специалист «организатор проектной деятельности». Многие образовательные центры «Сириус» и др. активно развивают проектной деятельность. Победители региональных этапов конкурсов проектов собираются в Сочи и разрабатывают как собственные, так и коллективные проекты [10; 35]. Ежегодно организуются всероссийские конкурсы проектных работ школьников, например, «Интеллектуалы XXI века» и «Шаг в будущее». Учащиеся, которых мы курировали в рамках данной работы, приняли в них участие.

Проектная деятельность в школах в сравнении с высшими учебными заведениями нашей страны развивается активнее. В вузах её развитие значительно скромнее, движение в позитивном русле началось с таких национальных проектов, как «Экспорт образования», «Новые возможности

для каждого», «Молодые профессионалы» и др. Проектной деятельности в профессиональном образовании существует в различных формах. В ряде университетов соответствующая дисциплина введена, как обязательная часть подготовки на бакалавриате. Развивается формат проектно-учебных лабораторий, где особое внимание уделяется междисциплинарности, характеру активностей и исследований. В ряде вузов проектное обучение направлено на разработку студентами востребованного практического решения через реализацию полного жизненного цикла проекта [10; 35].

Выводы по второй главе

Со второй половины XX века и по настоящее время человечество производит информацию с немыслимой скоростью и в невообразимых количествах. Это отголосится не только к мусорной информации типа спама, но и к самим знаниям по всевозможным областям. Образовательные система нашей страны отреагировала на тенденции информационного общества путём изменения стандартов образования. Теперь согласно ФГОС на всех уровнях общего образования у учащихся школ должны быть сформированы УУД. Постулируется, что данные универсальные действия помогут подрастающим поколениям в их будущей трудовой деятельности, которая в любом случае будет требовать усвоения всё новых и новых знаний.

Одним из обязательных способов формирования УУД у учеников с первого по одиннадцатые классы является проектная деятельность. Работая над проектами, учащиеся овладевают многими универсальными действиями. Обязательная итоговая защита проектов в 7, 9 и 10 или 11 классе (на выбор образовательной организации) – это способ объективного оценивания сформированности различных УУД учеников.

На наш взгляд, подготовку и защиту проекта учащимися можно считать средством развития функциональной грамотности. Ведь та часть выпускников, которая продолжит обучение в высшей школе обязательно

столкнётся с такой реалией студенческой жизни, как разработка и защита курсовых и ВКР. Следовательно, проектная деятельность работает не только на предметный и метапредметный результат обучения, но и на увеличение функциональной грамотности школьников. Последняя необходима для продвижения страны в рейтинге, составляемом на результатах международных исследований качества образования.

ГЛАВА 3. ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ НЕКОТОРЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЛИНИЙ ДРОЗОФИЛ

В этой главе представлены результаты двух опытов (повторностей). Опыт № 1 проходил с 9.08.2019 (день вылета регистрируемых имаго из куколок) по 25.10.2019 (день гибели последней мушки), опыт № 2 начался 24.01.2020, завершился 12.04.2020. Обзор ранее проведённых экспериментов можно посмотреть здесь [38].

3.1 Материалы и методы

В опытах № 1 и № 2 дрозофилы содержались в стеклянных пробирках объёмом, диаметром и высотой соответственно 32 мл, 25 мм и 7,5 см. Пробирки с мухами закрывали чистой ватой. Они находились в специальном шкафу лаборантской естественно-технологического факультета ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ». Температура в шкафу измерялась термометром. В опыте № 1 средняя температура была 23 °С, в опыте № 2 составляла 24 °С. Влажность не измерялась.

В экспериментах изучались четыре лабораторные линии дрозофил, из них одна линия дикого типа – Canton-S и три мутантные линии: ebony, vestigial и white (последняя только в опыте № 2). Для получения массовых синхронных кладок в пробирки со средой помещали не более 15-ти пар самок и самцов на одни сутки, затем родителей отбрасывали. Через 3 (опыт № 1) – 4 (опыт № 2) дня после начала лёта усыпляли дрозофил диэтиловым эфиром (возможное влияние эфиризации на ПЖ рассмотрено в наших предыдущих публикациях [46]) и помещали их в пробирки с питательной средой, около 30 особей одной линии, одного пола в каждую. На 4-й (опыт № 1) и 5-й (опыт № 2) день начинали ежедневную регистрацию погибших. Для удобства приняли, что ПЖ всех особей четыре дня. В опыте № 1 реальная ПЖ мушек может быть меньше на 1, 2 или 3 дня, для опыта № 2 на 1, 2, 3 или 4 дня соответственно. В опыте № 1

не удалось провести регистрацию смертей в следующие дни: 49-й, 50-й, 56-й, 57-й, 60-й, 66-й и 67-й дни от начала лёта. В опыте № 2 только в 10-й день не удалось зафиксировать погибших.

Опыт № 1 и опыт № 2 сильно отличались по режиму пересадок особей в чистые пробирки с новой питательной средой. В первом опыте пересадки осуществлялись (перечисляем по порядку, счёт дней от эфиризации и далее от предыдущей пересадки): первая на 3-й день, четыре пересадки на 5-й день, две на 6-й день, одна на 7-й день, одна на 8-й день, одна на 6-й день, одна на 4-й день и одна на 5-й день. Всего двенадцать пересадок. Во втором опыте все восемнадцать пересадок осуществлялись на четвёртый день от помещения в новые пробирки.

В обоих опытах использовали стандартную дрожжевую питательную среду. Для приготовления среды из расчёта на 61 пробирку брали: 2,1 л воды, 27 г агар-агара, 41,25 г сухих дрожжей «Саф-Левюр», 56,25 г сахара, 18,75 г изюма, 75 г манки. В самом конце варки добавляли 3,15 мл пропионовой кислоты. Эту среду использовали для трёх одновременных разливов. Остатки хранили в холодильнике и разогревали перед очередной пересадкой мух, добавляя немного воды. Пробирки перед использованием мыли с чистящим средством Fairy и помещали на один час в термостат при температуре 110 °С.

Расчёты выполнены в статистической программе OASIS 2 [31].

3.2 Результаты и обсуждение

В первом и втором опыте были получены следующие показатели ПЖ (таблица 1). Говоря о различиях в статистиках ПЖ в рамках одного опыта, можно констатировать самые высокие показатели ПЖ у самок дикого типа. В обоих опытах самые маленькие значения медианной ПЖ и средней ПЖ отмечены у самок линии *vestigial*. Самцы дикого типа в двух экспериментах продемонстрировали самые скромные значения максимальной ПЖ.

Таблица 1 – Показатели ПЖ

Линии	Опыт № 1					Опыт № 2				
	М	средняя ПЖ ± ошибка среднего	min	max	N	М	средняя ПЖ ± ошибка среднего	min	max	N
Canton-S ♀	53	51,9 ± 0,54	4	77	340	67	58,5 ± 0,96	4	78	402
Canton-S ♂	38	37,9 ± 0,44	4	51	365	27	26,96 ± 0,4	4	44	314
vestigial ♀	18	22,1 ± 0,84	4	58	357	21	22,89 ± 0,65	4	63	384
ebony ♀	52	44,3 ± 0,66	5	58	342	54	51,9 ± 0,65	4	67	421
white ♀	-	-	-	-	-	52	49,95 ± 0,7	4	66	257

Примечание – М – медианная продолжительность жизни (дни); min и max – минимальная и максимальная продолжительность жизни в выборке; N – количество особей в выборке

Опираясь на результаты лог-ранг теста видно, что в двух опытах меньше всего друг от друга отличаются функции выживаемости самцов дикого типа и самок vestigial (опыт № 1 $\chi^2 = 65,85$, опыт № 2 $\chi^2 = 10,4$). Самые большие значения χ^2 в первом опыте при сравнении функций самок Canton-S и vestigial, а во втором опыте самцов Canton-S и ebony (таблица 2). Визуализируется сказанное на рисунке 1 и рисунке 2.

Таблица 2 – Значения лог-ранг теста

Линии	Опыт № 1		Опыт № 2	
	χ^2	P-value	χ^2	P-value
1	2	3	4	5
Canton-S ♀ c vestigial ♀	540,68	<0,001	557,13	<0,001
Canton-S ♀ c Canton-S ♂	533,31	<0,001	525,32	<0,001
vestigial ♀ c ebony ♀	304,3	<0,001	591,53	<0,001
Canton-S ♂ c ebony ♀	230,96	<0,001	610,06	<0,001
Canton-S ♀ c ebony ♀	214,64	<0,001	206,55	<0,001
Canton-S ♂ c vestigial ♀	65,85	<0,001	10,4	0,0013
Canton-S ♀ c white ♀	-	-	265,17	<0,001

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Canton-S ♂ c white ♀	-	-	462,77	<0,001
vestigial ♀ c white ♀	-	-	393,54	<0,001
ebony ♀ c white ♀	-	-	35,26	<0,001

Рассуждая о полученных результатах с точки зрения параметаболической теории старения А.Г. Голубева [15; 17; 18; 22] можно сказать, что, по-видимому, генетические особенности линий ответственны не только за соответствующие особенности метаболизма, но и параметаболизма (совокупность неферментативных реакций метаболитов и их производных – фундаментальная причина старения) тоже. Мутация в гене третьей хромосомы, кодирующем фермент N-β-аланилдопаминсинтетазу, у *ebony* [45]; мутация в гене X-хромосомы, кодирующем фермент аденозинтрифосфатазу, у *white* [45]; мутация в гене второй хромосомы, кодирующем белок, который при связывании с белком класса TEAD действует как фактор транскрипции у *vestigial* [45]. Перечисленные особенности, возможно, вызывают параметаболические последствия разных масштабов. Дефект транскрипционного фактора у *vestigial* влечёт сбой в работе многих генных продуктов, а значит и самый максимальный эффект, и как следствие самые низкие показатели медианной и средней ПЖ. Мутантный фермент у *white* по описаниям [45] ответственен за большее число ферментативных реакций, чем изменённый фермент у *ebony*. Это согласуется с меньшими значениями максимальной, медианной и средней ПЖ у самок *white* по сравнению с самками линии *ebony*.

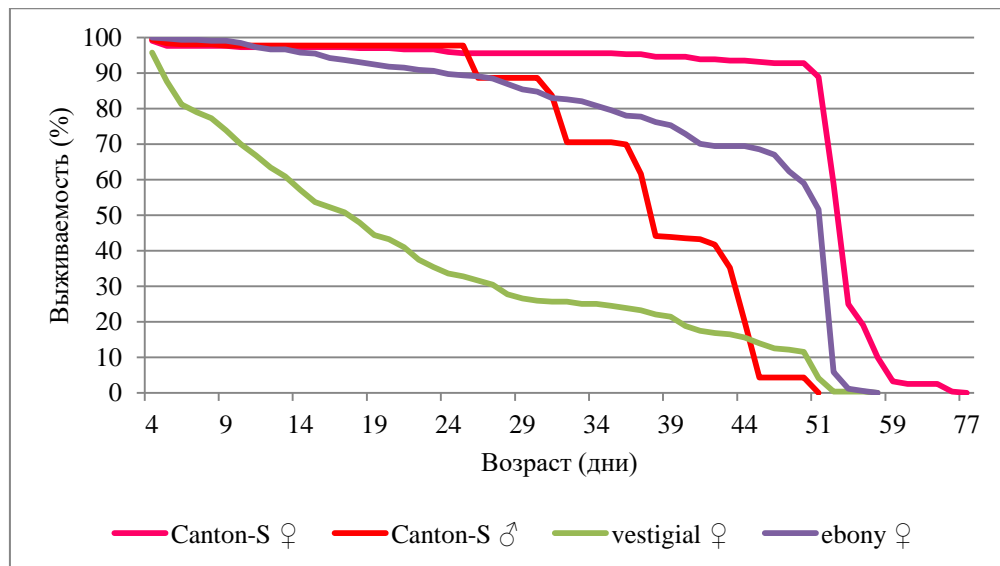


Рисунок 1 – Кривые выживаемости, опыт №1

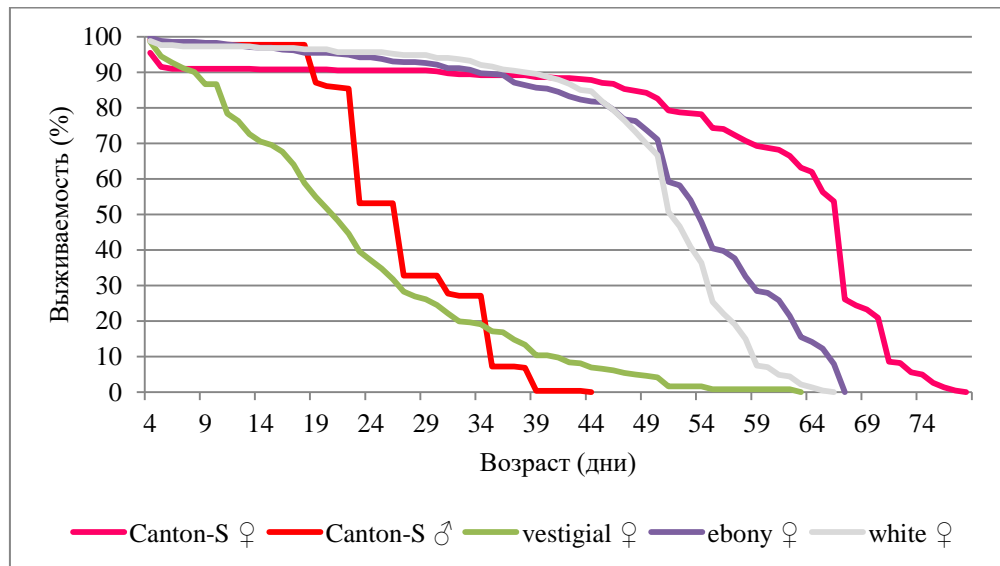


Рисунок 2 – Кривые выживаемости, опыт №2

Сравнительно небольшие значения показателей ПЖ у самцов дикого типа результат биологической стратегии в отношении мужского пола – более сильное влияние изменчивости. В логике параметаболической теории старения, это влечёт большую вероятность существенных изменений параметаболизма (его интенсификацию), а значит и возрастание скорости старения.

При сравнении функций выживаемости одних и тех же линий, но из разных опытов получается, что о подтверждении нулевой гипотезы можно

говорить только для самок линии vestigial (рисунок 3 и рисунок 4, таблица 3). Бросается в глаза повторяющийся лесенкообразный вид графика у самцов дикого типа. У них смертность растёт скачками, как правило, на 4-й день (день пересадки) на среде обнаруживалось много трупов, а в течение 3-х дней после пересадки минимум.

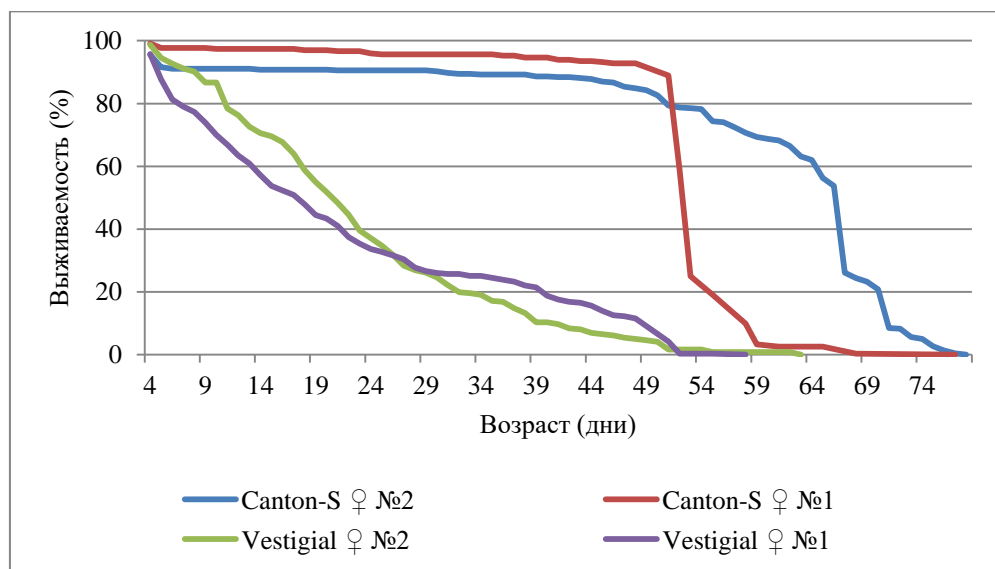


Рисунок 3 – Кривые выживаемости, опыт №1 и опыт №2

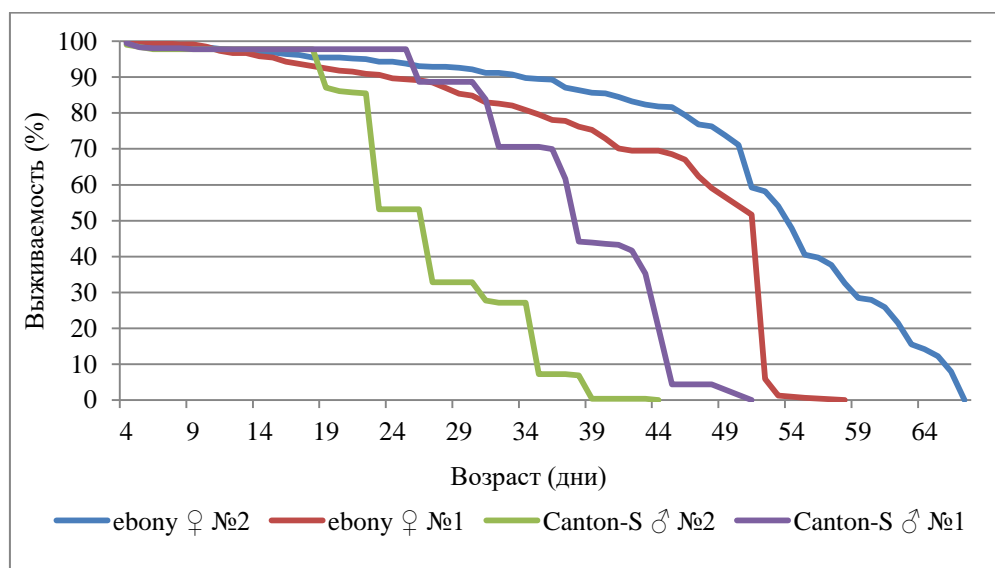


Рисунок 4 – Кривые выживаемости, опыт №1 и опыт №2

Таблица 3 – Значения лог-ранг теста

Опыт №1 с опытом №2	χ^2	P-value
Canton-S ♀ с Canton-S ♀	213,33	<0,001
Canton-S ♂ с Canton-S ♂	299,13	<0,001
vestigial ♀ с vestigial ♀	0.09	0.7653
ebony ♀ с ebony ♀	151,89	<0,001

Причина неподтверждения изначальной гипотезы видится нам в сильном влиянии на мушек такого условия, как частота пересадок. Логично предположить, что на линию vestigial это влияние по каким-то причинам меньше, хотя замечено, что на них тоже сильно влияет вынужденное встряхивание при пересадке. После 34-х дней регистрации, это становится особенно заметно, при пересадке некоторые особи прилипают к среде и пополняют собой цензурированные данные, заметим, что это характерно для всех линий. Из более сомнительных возможных причин можно привести: влияние разной влажности (если была таковая), наличие в опыте № 2 небольшой примеси самок у самцов дикого типа (9 самок на 314 самцов), скачки температуры в кабинете (если были таковые), эффект инбридинга, проведение опытов в разные месяцы.

Обсудим подробнее возможное влияние частоты пересадок. По нашему мнению акт перенесения мушек в пробирки с новой питательной средой можно назвать отдельным, требующим учёта фактором, который влияет на ПЖ. Данный фактор характеризуется прямыми воздействиями следующих типов: сотрясения мух при пересадке, придавливания их ватой при закрытии пробирок. Пересадка особей из одной пробирки (со старой средой) в другую (с новой питательной средой) помимо прочего обуславливает наличие цензурированных данных (мушки могут вылететь или быть раздавлены).

Сама техника пересадки и степень владения исследователя ею играют важную роль и сказываются на уровне выраженности

отрицательных моментов пересадок (а их в подобных опытах порядка 20-ти). Планируя подобные работы с учащимися школ, необходимо заложить пробный опыт, для освоения техники пересадки. Также нами замечено, что самок и самцов дикого типа и самок линии white пересаживать сложнее, чем самок линий ebony и vestigial. Активность первых выше, чем у ebony, а отсутствие развитых крыльев не даёт шанса вылететь в момент пересадки особям vestigial. Разработка более простого и не требующего навыка способа пересадки упростила бы проведение подобных работ. Возможно, разработки такого рода станут продуктами исследовательских проектов учащихся.

Нами замечено, что в день переноса на новую среду мухи в пробирках показывают незначительный уровень активности, но как только оказываются на новом субстрате, активность их резко увеличивается. Возможно, это связано с уменьшением количества клеток дрожжей на поверхностном слое среды.

Беря во внимание возможное влияние данного фактора, интересно заметить, что самцы Canton-S, которые пересаживались меньше (дольше находились на старой среде), характеризуются большими значениями показателей ПЖ, чем группа второго опыта, которая пересаживалась чаще, соответственно была на свежей среде дольше. Для самок линии ebony ситуация полностью противоположенная. У линии vestigial до 26 дня выживаемость была выше у группы с более частыми пересадками, но после наоборот. Возможно, это связано с возрастающей с возрастом чувствительностью к пересадкам особей vestigial. Самки дикого типа до 52 дня из обоих опытов демонстрировали своеобразное плато, после показатели ПЖ были выше у самок из второго опыта, они пересаживались чаще.

Ещё одним условием, заслуживающим внимания, можно назвать состояние поверхности питательной среды. Обычно на 2-й и 3-й дни пребывания мух в пробирках, в некоторых местах среда отходит от стекла,

и образуются своеобразные трещины и впадины, которые они активно посещают. Часть из них застревает там, не может выбраться и пополняет банк цензурированных данных.

Так же в ходе экспериментов замечены возраст-зависимые особенности линий. У некоторых самок (конкретное число не фиксировали) линии ebony примерно с 40-ка дневного возраста замечено сильное вздутие брюшка, на подобии водянки (рисунок 5). Особи с вздутым брюшком не могут высоко подниматься по стенке пробирки (максимум 1,5 см и сразу падают) и почти все прилипают кончиком брюшка либо к среде, либо к стеклу пробирки, теряя при этом возможность к передвижению, и погибают в фиксированном положении. Много меньше случаев вздутия замечено у самок white, однако оно не отмечалось у самок vestigial и мух дикого типа (у самок и самцов).



Рисунок 5 – Вздутие брюшка у самки ebony

С 43 дня у некоторых самок white (от 1-й до 3-х особей в пробирке) сразу после пересадки на новую среду фиксируется неподвижное состояние, длящееся приблизительно 15-30 секунд, после состояние нормализуется. У других линий подобное не замечено.

3.3 Методическая составляющая

В соответствии с ФГОС второго поколения, деятельностный подход выступает основным подходом в современном образовании. Всесторонняя реализация данного подхода предусматривает выполнение проектов обучающимися. В соответствии с ФГОС все учащиеся должны быть обучены этой деятельности. На это ориентированы и программы учебных дисциплин. Как один из видов итоговой аттестации в 9, 11 классах предусмотрена защита проекта на устных экзаменах по какой-либо дисциплине. Такое значение проектной деятельности отведено не случайно, это обусловлено ведущей ролью проектирования в формировании культуры умственного труда учеников. Все четыре блока УУД формируются при этом, но особенно появляются возможности развивать дальше регулятивные и познавательные УУД. В современной школе сделан особый акцент на этот вид деятельности [33; 34].

Выполнение проектов относится к самостоятельной работе учащихся, в ходе проектирования предполагается получение уникального результата, как при любом самостоятельном исследовании. Поэтому всё начинается, как отмечает профессор С.Г. Инге-Вечтомов, «с познания действительности, основанном на любопытстве. С ответов на вечные вопросы: почему, как, что, сколько и тому подобное». Далее следует сбор фактов, выдвижение и проверка гипотез с помощью эксперимента, принятие или опровержение ранее высказанных доводов, описание результатов, обоснование полученных данных, формулировка выводов, создание продукта (рекомендаций, моделей, стендов, видеофильмов и т.д.). При осуществлении проектов учащиеся закрепляют уже сформированные умения и навыки и приобретают новые.

Проектирование характеризуется рядом положительных факторов. Наличие в проектной деятельности элемента самостоятельного выбора, повышает мотивацию и развивает творческие способности. Освоение

новых методов и инструментария опыта расширяет технологический кругозор учащегося, трудно объяснимые факты подогревают интерес к продолжению исследований, поиску литературных источников по теме, обсуждения промежуточных результатов с наставником. Формируется ответственность, усидчивость, желание эффективно завершить работу, принять участие в интеллектуальных соревнованиях с другими обучающимися [39].

В рамках данной работы, было реализовано курирование проектов двух учащихся 11 класса, МАУ «СОШ № 104 г. Челябинска». Темы проектов: «Различия в продолжительности жизни самцов и самок дрозофил линии Canton-S», «Продолжительность жизни лабораторных линий дрозофилы фруктовой».

В ходе реализации проекта ученики использовали и углубили знания по биологии и химии. Они систематизировали основные понятия, связанные с центральным термином – продолжительность жизни, ознакомились с основными теориями старения. Они познакомились с анализом выживаемости, поработали с модельными объектами, такими как плодовая мушка-дрозофила. Показали умение планировать свою деятельность, сформулировать цель исследования и соответствующие задачи, выдвигать гипотезу и обосновывать актуальность.

Навык сбора и обработки информации учащимися прогрессировал. Ими были освоены новые информационные источники: научная электронная библиотека eLibrary.ru и электронно-библиотечная система IPRbooks, получен навык работы в статистической программе OASIS 2.

Один из проектов учащихся представлен ниже, второй дан в приложении (приложение Б).

Проект учащегося 11 класса Алтоцкого Ильи.

Тема проекта: «Различия в продолжительности жизни самцов и самок дрозофил линии Canton-S».

Введение

Актуальность. На первый взгляд геронтология и экология это науки с сильно различающимися предметами изучения. Геронтология рассматривает вопросы причин и механизмов старения, экология – взаимодействия организмов с окружающей средой. Интерес к областям исследования данных наук очевиден: все люди хотят жить безопасной окружающей среде, хотят жить долго и не ощущать симптомы старости. «Изюминка» нашей работы в использовании экологической логики (выделение факторов среды) и параметаболической теории старения (ПТС) для интерпретации полученных данных. Следует заметить, что единой теории старения до сих пор не существует.

Цель работы: изучить продолжительность жизни (ПЖ) самок и самцов линии дикого типа дрозофилы фруктовой.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

- 1) проанализировать литературу по тематике работы;
- 2) определить показатели ПЖ самцов и самок линии дикого типа;
- 3) сравнить и интерпретировать возможные различия (или их отсутствие) в показателях ПЖ у самцов и самок Canton-S.

Объект исследования – самцы и самки *Drosophila melanogaster*, линии Canton-S.

Предмет исследования – показатели ПЖ плодовых мушек.

Гипотеза исследования: показатели ПЖ самок *Drosophila melanogaster*, линии Canton-S будут выше, чем у самцов.

Методы. На теоретическом уровне исследования использовались: анализ научной литературы и видеоматериалов, анализ понятий.

На эмпирическом уровне применялись: наблюдение, методы поддержания и разведения лабораторных линий дрозофил, методы статистической обработки результатов экспериментальных данных, цифровое и графическое представление информации.

Глава I. Теоретическая часть

Основные понятия

ПЖ — это период времени, в который биосистема обладает свойствами живого.

ПЖ растений и животных — длительность существования особи, её онтогенеза.

Физиологическая ПЖ — усреднённая максимальная видовая продолжительность жизни, лимитируемая наследственными факторами или генами.

Экологическая ПЖ характеризует предельный возраст особей одного вида или отдельных животных в зависимости от экологических условий в популяции.

Средняя ПЖ находится, как частное от деления суммы предельных возрастов всех особей популяции (группы) на число особей.

Старение — это постепенная деградация организма, выражающаяся нарушением гомеостаза, регенерации, размножения и адаптации к окружающей среде.

Доля умерших — число умерших в определённый промежуток времени делённое на число всех особей, изучаемых в этот промежуток. Доля выживших — это число, полученное при вычитании из единицы доли умерших.

Функция выживания — это суммарная доля выживших к началу соответствующего временного промежутка. Поскольку вероятности выживания считаются независимыми на разных интервалах, эта доля равна произведению долей выживших объектов по всем предыдущим интервалам.

Медиана ожидаемого времени жизни — это точка на оси времени, когда зафиксировано 50 % выживших особей при расчёте от первоначального числа.

Теории старения

Основным параметром объекта исследования, который мы отслеживаем, является ПЖ мушек (предмет исследования). ПЖ зависит от огромного количества факторов, часть из них типичные средовые факторы. Другая часть имеет эндогенную природу: факторы внутренней среды организма. К последним и наиболее фундаментальным относится генотип организма со всеми вытекающими особенностями метаболизма и параметаболизма. По мнению А.Г. Голубева, создателя параметаболической теории старения (ПТС), именно параметаболизм выступает фундаментальной причиной старения, а оно есть возрастающая с увеличением ПЖ особи вероятность смерти. Собственно ради открытия нюансов процесса старения и изучается ПЖ различных биосистем. В своей работе, для интерпретации данных, мы пользуемся логикой именно ПТС. ПТС подробно описывает эндогенные факторы, влияющие на ПЖ, экзогенные условия в ней так же учитываются – параметр $C(t)$ в формуле обобщенного закона Гомпертца-Мейкхема. Геронтологические исследования стремятся снизить влияния средовых факторов (член Мейкхема), для создания условий, приближенных к идеальным, в которых смерть (достижение максимальной для особи величины ПЖ) обусловлена, по большей части, скоростью старения.

Объект исследования

Дрозофила – плодовая или уксусная мушка, относится к отряду двукрылых насекомых, семейству плодовые мушки, роду дрозофилы, виду *Drosophila melanogaster*. По сравнению с другими видами этого рода наиболее хорошо изучена и востребована в генетических экспериментах. По данным на 2018 год внутри указанного рода насчитывается 1467 видов, из них 180 наиболее близки к дрозофиле меланогастер, а 9 видов очень похожи и только специалисты-дрозофилисты могут их различить.

Встречается эта мушка практически на всех континентах и связано это с производственной деятельностью человека, хотя её родиной принято считать тропическую Западную Африку. Примерно с 1902 года дрозофилу

используют для кормления некоторых животных в живых уголках, например, пауков, палочников, аквариумных рыбок и др. Многочисленность потомства, экономичность поддержания и содержания, короткий цикл развития сделали дрозофилу меланогастер удобным кормовым видом для держателей террариумов и аквариумов. Особым спросом пользуются бескрылые и короткокрылые мутанты, так как их проще «поймать на обед».

Среди питательных сред, на которых пробовали разводить дрозофил, значатся банановая, яблочная, томатная, картофельная, но самая популярная и дешёвая стандартная дрожжевая среда.

Мушки дикого типа имеют серо-коричневое тело, красно-коричневые глаза, нормальные крылья, несколько выдающиеся за пределы брюшка. Размеры дрозофил варьируют от 3 до 5 мм, поэтому все работы с ними ведут с использованием увеличительных приборов: луп и биноклярных микроскопов. Цикл развития мушки составляет 10 суток при оптимальной температуре, равной 25 градусам по Цельсию. С повышением температуры онтогенез мушки сокращается, а при понижении, наоборот, растягивается. Дрозофилы очень плодовиты. От пары родительских особей можно получить более 100 потомков, что делает очень удобным данный объект для генетического анализа и других экспериментов.

Половые различия дрозофил.

Ещё одним положительным свойством дрозофилы является ярко выраженный половой диморфизм. Главным отличительным признаком самок является треугольная форма брюшка, а самца – цилиндрическая форма. По этому признаку можно отличить даже только отродившихся из куколок имаго. Через несколько часов появляется ещё одна отличительная особенность – брюшко самцов становится более пигментированным, чем у самок. И, наконец, самки чаще крупнее самцов, но это самый ненадёжный признак.

У дрозофил, как и у человека, особи женского пола имеют две X-хромосомы, а особи мужского – XY. Однако, Y-хромосома ведущей роли в определении пола у мушки не играет. Как показал ещё в начале 20 века сотрудник Т. Моргана К. Бриджес всё зависит от баланса X-хромосом и гаплоидных наборов аутосом (балансовая теория) и выражает эту зависимость так называемый половой индекс. Если он равен 1 появится самка, если 0,5 – самец, все остальные значения приведут к рождению интерсексов. В настоящее время открыты молекулярные основы теории Бриджеса.

Глава II. Практическая часть

Материалы и методы

Представляем результаты двух опытов (повторностей). Опыт № 1 проходил с 9.08.2019 (день вылета регистрируемых имаго из куколок) по 25.10.2019 (день гибели последней мушки), опыт № 2 начался 24.01.2020, завершился 12.04.2020.

В опытах № 1 и № 2 дрозофилы содержались в стеклянных пробирках объёмом, диаметром и высотой соответственно 32 мл, 25мм и 7,5 см. Пробирки с мухами закрывали чистой ватой. Они находились в специальном шкафу лаборантской естественно-технологического факультета ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ». Температура в шкафу измерялась термометром. В опыте № 1 средняя температура была 23 °С, в опыте № 2 составляла 24 °С. Влажность не измерялась.

В экспериментах изучалась лабораторная линия дрозофил: линия дикого типа – Canton-S. Для получения массовых синхронных кладок в пробирки со средой помещали не более 15-ти пар самок и самцов на одни сутки, затем родителей отбрасывали. Через 3 (опыт № 1) – 4 (опыт № 2) дня после начала лёта усыпляли дрозофил диэтиловым эфиром и помещали их в пробирки с питательной средой, около 30 особей одной линии, одного пола в каждую. На 4-й (опыт № 1) и 5-й (опыт № 2) день начинали ежедневную регистрацию погибших. Для удобства приняли, что ПЖ всех

особей четыре дня. В опыте № 1 реальная ПЖ мушек может быть меньше на 1, 2 или 3 дня, для опыта № 2 на 1, 2, 3 или 4 дня соответственно. В опыте №1 не удалось провести регистрацию смертей в следующие дни: 49-й, 50-й, 56-й, 57-й, 60-й, 66-й и 67-й дни от начала лёта. В опыте № 2 только в 10-й день не удалось зафиксировать погибших.

Опыт № 1 и опыт № 2 сильно отличались по режиму пересадок особей в чистые пробирки с новой питательной средой. В первом опыте пересадки осуществлялись (перечисляем по порядку, счёт дней от эфиризации и далее от предыдущей пересадки): первая на 3-й день, четыре пересадки на 5-й день, две на 6-й день, одна на 7-й день, одна на 8-й день, одна на 6-й день, одна на 4-й день и одна на 5-й день. Всего двенадцать пересадок. Во втором опыте все восемнадцать пересадок осуществлялись на четвёртый день от помещения в новые пробирки.

В обоих опытах использовали стандартную дрожжевую питательную среду. Для приготовления среды из расчёта на 61 пробирку брали: 2,1 л воды, 27 г агар-агара, 41,25 г сухих дрожжей «Саф-Левюр», 56,25 грамм сахара, 18,75 г изюма, 75 г манки. В самом конце варки добавляли 3,15 мл пропионовой кислоты. Эту среду использовали для трёх одновременных разливов. Остатки хранили в холодильнике и разогревали перед очередной пересадкой мух, добавляя немного воды. Пробирки перед использованием мыли с чистящим средством Fairy и помещали на один час в термостат при температуре 110 °С.

Расчёты выполнены в статистической программе OASIS 2.

Результаты и обсуждение

В первом и втором опыте были получены следующие показатели ПЖ (таблица 4). Самцы продемонстрировали меньшие значения показателей ПЖ чем самки, за исключением минимальной ПЖ, данный показатель у мушек разного пола одинаков. Лог-ранг тест показал статистически значимые различия в функциях выживаемости самцов и самок в двух

опытах. Опыт № 1 $\chi^2 = 533,31$, опыт № 2 $\chi^2 = 525,32$ P-value <0,001 (таблица 5). Визуализация на рисунке 6 и рисунке 7.

Таблица 4 – Показатели ПЖ

Линии	Опыт № 1					Опыт № 2				
	М	средняя ПЖ ± ошибка среднего	min	max	N	М	средняя ПЖ ± ошибка среднего	min	max	N
Canton-S ♀	53	51,9 ± 0,54	4	77	340	67	58,5 ± 0,96	4	78	402
Canton-S ♂	38	37,9 ± 0,44	4	51	365	27	26,96 ± 0,4	4	44	314

Примечание – М – медианная продолжительность жизни (дни); min и max – минимальная и максимальная продолжительность жизни в выборке; N – количество особей в выборке

Таблица 5 – Значения лог-ранг теста

Линии	Опыт № 1		Опыт № 2	
	χ^2	P-value	χ^2	P-value
Canton-S ♀ с Canton-S ♂	533,31	<0,001	525,32	<0,001

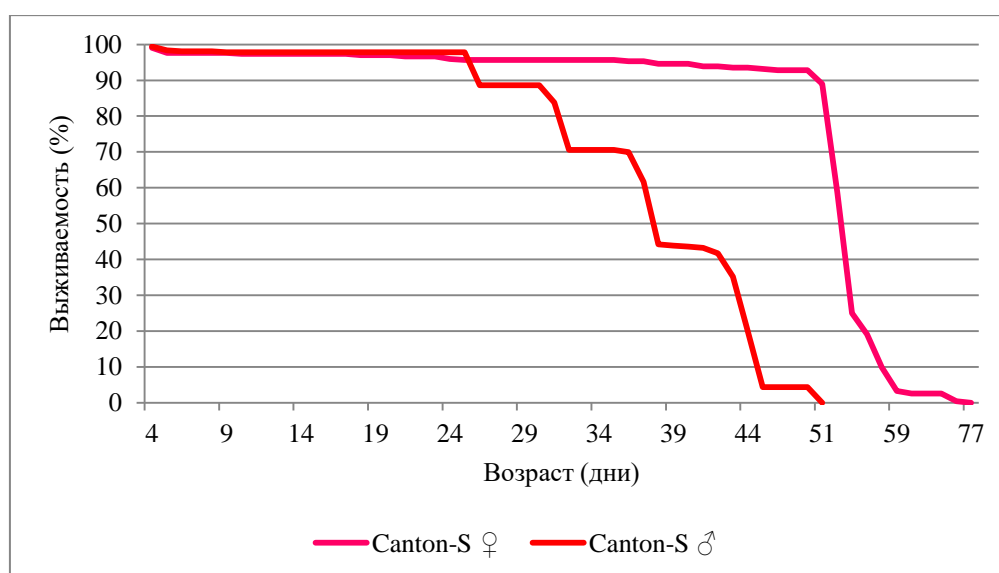


Рисунок 6 – Кривые выживаемости, опыт № 1

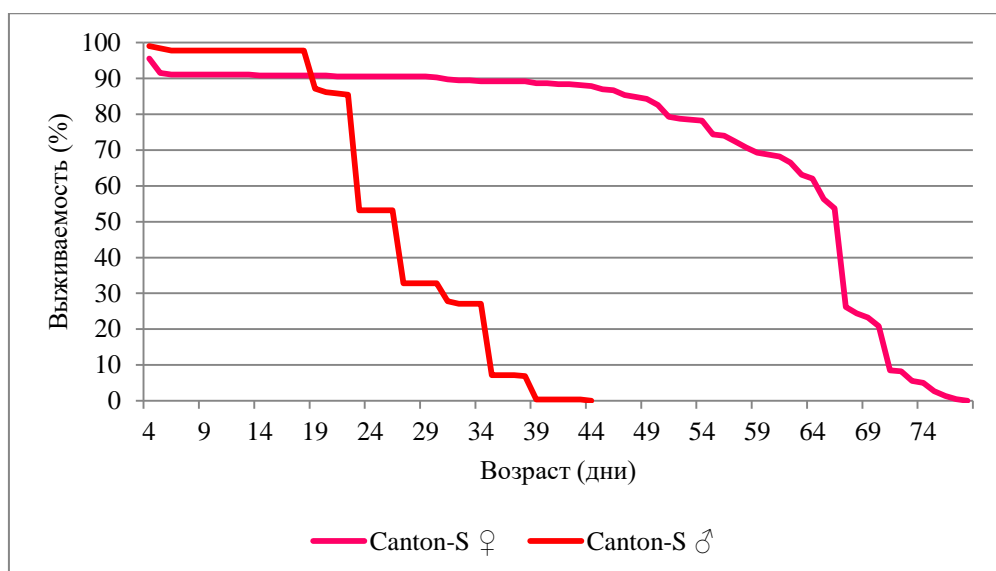


Рисунок 7 – Кривые выживаемости, опыт № 2

Рассуждая о полученных результатах с точки зрения параметаболической теории старения А.Г. Голубева можно сказать, что, по-видимому, генетические особенности полов ответственны не только за соответствующие особенности метаболизма, но и параметаболизма (совокупность неферментативных реакций метаболитов и их производных – фундаментальная причина старения) тоже. Сравнительно небольшие значения показателей ПЖ у самцов дикого типа результат биологической стратегии в отношении мужского пола – более сильное влияние изменчивости. В логике параметаболической теории старения, это влечёт большую вероятность существенных изменений параметаболизма (его интенсификацию), а значит и возрастание скорости старения.

При сравнении функций выживаемости самок с самками (опыт 1 с опытом 2) и самцов с самцами, получается, что статистически это разные генеральные совокупности (таблица 6, рисунок 8 и рисунок 9). Бросается в глаза повторяющийся лесенкообразный вид графика у самцов дикого типа. У них смертность растёт скачками, как правило, на 4-й день (день пересадки) на среде обнаруживалось много трупов, а в течение 3-х дней после пересадки минимум.

Таблица 6 – Значения лог-ранг теста

Опыт № 1 с опытом № 2	χ^2	P-value
Canton-S ♀ с Canton-S ♀	213,33	<0,001
Canton-S ♂ с Canton-S ♂	299,13	<0,001

Причина сильных различий показателей ПЖ у одного пола при сравнении двух повторностей видится нам во влиянии на мушек совокупности условий среды (по сути экологических факторов).

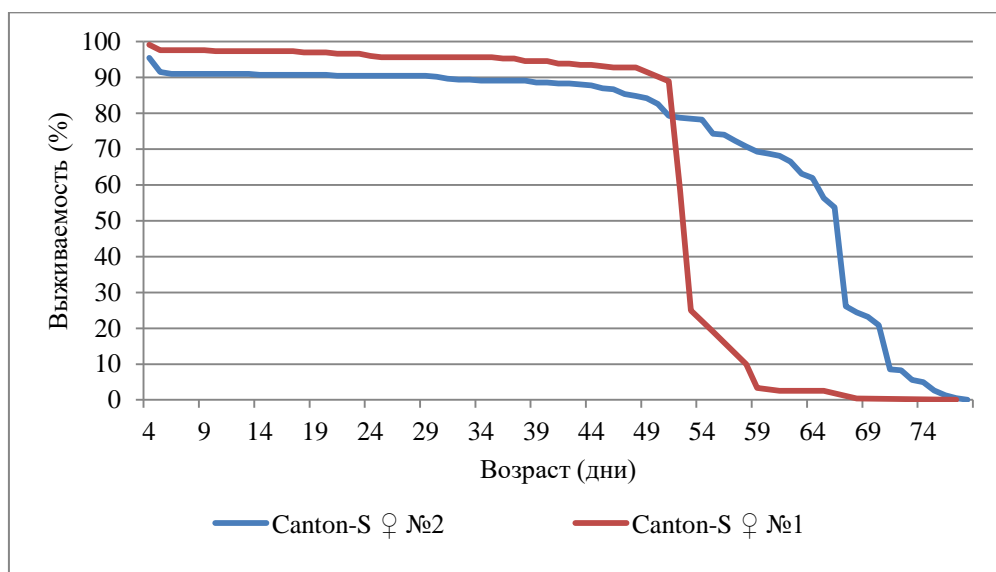


Рисунок 8 – Кривые выживаемости, опыт №1 и опыт № 2

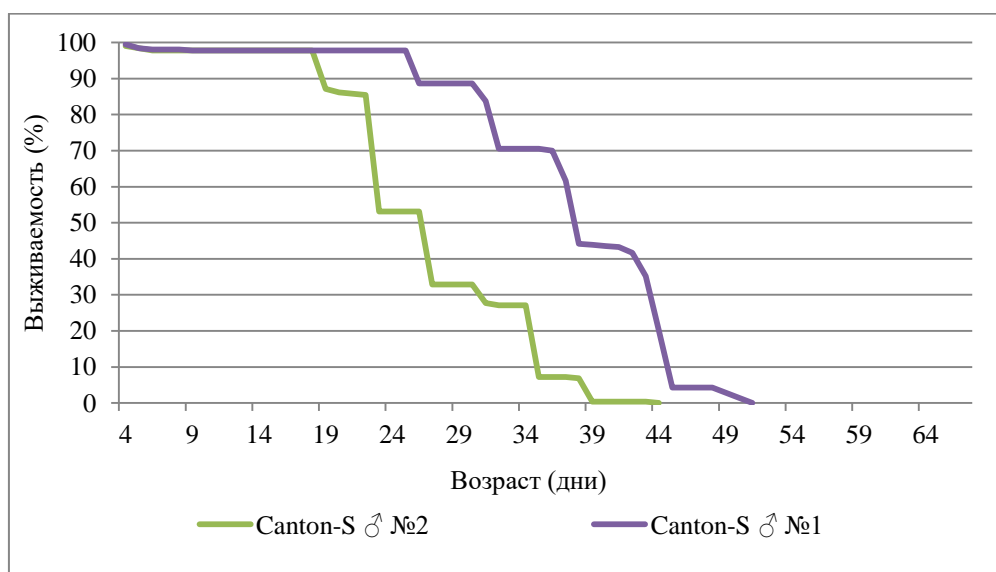


Рисунок 9 – Кривые выживаемости, опыт № 1 и опыт № 2

Экологические факторы в исследовании ПЖ дрозофилы

Начнём с группы тривиальных факторов, которые обеспечивают чистоту помещения, где содержатся мушки. Это уборка помещения, мытьё и прокаливание пробирок, мытьё рук с мылом перед различными манипуляциями в лаборатории, чистота ваты, которой закрываются пробирки, доведение до кипения среды перед разливом. Вышеназванные условия косвенно влияют на ПЖ дрозофил за счёт увеличения / уменьшения шансов образования плесени на питательной среде в пробирках.

Особо хочется выделить фактор, который обладает не только косвенным влиянием, как предыдущие, но и характеризуется прямыми воздействиями следующих типов: сотрясения мух при пересадке, придавливания ватой при закрытии пробирок. Пересадка особей из одной пробирки (со старой средой) в другую (с новой питательной средой) помимо прочего обуславливает наличие цензурированных данных (мушки могут вылететь или быть раздавлены).

Сама техника пересадки и степень владения исследователя ею играют важную роль и сказываются на уровне выраженности отрицательных моментов пересадок (а их будет порядка 20-ти). Разработка более простого и не требующего навыка способа пересадки упростила бы проведение подобных работ.

Нами замечено, что в день переноса на новую среду мухи в пробирках показывают незначительный уровень активности, но как только оказываются на новом субстрате, активность их резко увеличивается. Возможно, это связано с уменьшением количества клеток дрожжей на поверхностном слое среды.

В наших экспериментах первым стрессовым фактором абиотической природы является однократное химическое воздействие диэтиловым эфиром на дрозофил с целью их усыпления и дальнейшего разделения по полу, количеству и помещению в пробирки. Важно, чтобы воздействие

эфиром было равносильным для всех особей, для этого необходимо не усыплять повторно некоторые группы, а успевать разделить за одно усыпление. Если есть особи, которые не проснулись после эфиризации, то их не нужно учитывать при регистрации погибших. Если наблюдается большая смертность в первые два три дня после эфиризации, то это необходимо учесть при интерпретации результатов, особенно, если есть опыты для сравнения, в которых смертность первые дни была много ниже.

К биотическим факторам, влияющим на ПЖ можно отнести наличие/отсутствие противоположного пола, плотность особей в пробирке и неоплодотворенное состояние самок. Все эти факторы, по-видимому, играли роль в наших опытах, но накопленных данных пока недостаточно для обсуждения.

Безусловно, самыми значимыми остаются два абиотических фактора: температура и влажность. В нашей лаборатории держать их на строго фиксированном уровне возможности нет, но удаётся поддерживать в определённом интервале (температуру). Влажность количественно не фиксируется. Но в любом случае, в каждом опыте эти два фактора действуют одинаково на все группы (константа условий), а в сравнении повторностей это обстоятельство будет учитываться.

Заключение

При выполнении работы мы убедились в интересе, актуальности и сложности темы и самого опыта на дрозофилах. На этапе обзора литературы стала очевидна высокая степень освещенности вопросов ПЖ и старения, но также и наличие в них не до конца изученных и перспективных областей. Для интерпретации полученных данных нами была выбрана параметаболическая теория старения А.Г. Голубева, на наш взгляд наиболее понятная и обобщающая из теорий старения.

Экспериментальная часть работы потребовала большого количества временного ресурса, совместно с первой теоретической частью выявила

необходимость более глубокого погружения в методы статистики (оценка скорости старения).

По результатам проведенного опыта необходимо озвучить выводы соответствующие поставленным задачам работы.

Выводы:

1. В опытах № 1 и № 2 по всем статистикам ПЖ, кроме минимальной ПЖ, самки линии Canton-S показали большие значения, чем самцы

2. Лог-ранг тест показал статистически значимые различия в функциях выживаемости самцов и самок в двух опытах. Опыт № 1 $\chi^2 = 533,31$, опыт № 2 $\chi^2 = 525,32$ (P-value <0,001)

3. При сравнении функций выживаемости самцов из опыта № 1 с самцами из опыта № 2 и аналогично для самок лог-ранг тест показал статистически значимые различия. Canton-S ♀ (опыт №1) с Canton-S ♀ (опыт №2) $\chi^2 = 213,33$ (P-value <0,001). Canton-S ♂ (опыт №1) с Canton-S ♂ (опыт №2) $\chi^2 = 299,13$ (P-value <0,001)

4. Выделены факторы среды, которые возможно оказывают влияние на ПЖ мушек

Таким образом, можно сказать о подтверждении заявленной во введении гипотезы и об обнаружении ряда факторов влияющих на продолжительность жизни мух. Для более детального обсуждения результатов необходимо в дальнейшем глубже познакомиться с различными особенностями полов мушек.

Выводы по третьей главе

На наш взгляд, разработка проектов с учащимися по тематике изучения ПЖ дрозофил имеет ряд преимуществ, но так же не лишена сложных моментов. Такие работы необходимо требуют наличие помещения, где поддерживается стерильность, есть стабильный температурный режим, место для приготовления среды и холодильник, для

её хранения, желательно сушильный шкаф для пробирок и, разумеется, сама лабораторная посуда.

Проведение учащимися экспериментов на подобие таких, которые представлены в данной работе, увеличит их конкурентоспособность на конкурсах за счёт больших выборок и достойной статистической обработки данных (Приложение А). Модифицируя и добавляя новые решения в эксперимент, можно удовлетворить такому критерию конкурсов, как непредсказуемость результатов. Большой спектр теорий старения и базы данных по дрозофилам удобно использовать в интерпретации результатов. Наличие большого числа образовательных роликов по теме старения в YouTube поможет ребятам погрузиться в основные идеи темы.

В процессе проведения экспериментальной части проекта от ребят потребуются серьёзные волевые усилия. Продолжительная работа с модельным объектом генетики поможет старшеклассникам определиться с будущим выбором направления подготовки в высшей школе.

ЗАКЛЧЕНИЕ

Работа посвящена одной из современных образовательных технологий – проектной деятельности педагога и учащихся общеобразовательной школы с углублённым изучением отдельных дисциплин, в частности биологии. Для разработки и выполнения проектов был выбран модельный объект генетики, который с успехом используется на протяжении более 110 лет для изучения разнообразных вопросов биологии и медицины: от популяционной генетики до механизмов нейродегенеративных заболеваний человека. Особенностью *Drosophila melanogaster* является относительная простота постановки опытов с этим объектом и сложность её анатомического строения, которое гомологично по фундаментальным основам многим признакам человека: биохимическим, этологическим, физиологическим. На дрозофиле были открыты механизмы ряда процессов, в которые вовлечены гены, включая онтогенез и старение – один из «фронтов» современной медицины. Этими соображениями обусловлен интерес к данной теме и выбору объекта исследования. Результаты совместной проектной деятельности с учащимися нашли отражение в следующих выводах:

1. В опыте № 1 средняя ПЖ и медиана уменьшались в ряду: Canton-S ♀ – ebony ♀ – Canton-S ♂ – vestigial ♀ и составили 52 дня и 53 дня, 44 дня и 52 дня, 38 дней и 38 дней и 22 дня и 18 дней соответственно. Самое большое значение максимальной ПЖ у некоторых самок линии Canton-S оказалось равным 77 дням, у самок линий ebony и vestigial оно составило 58 дней, а у отдельных самцов Canton-S только 51 день.

2. В опыте № 2 средняя ПЖ и медиана уменьшались в ряду: Canton-S ♀ – ebony ♀ – white ♀ – Canton-S ♂ – vestigial ♀ и оказались равными 59 дней и 67 дней, 52 дня и 54 дня, 50 дней и 52 дня, 23 дня и 21 день, 22 дня и 18 дней соответственно. Самое большое значение максимальной ПЖ у некоторых самок Canton-S равнялось 78 дням, у самок ebony данное

значение составило 67 дней, у самок white – 66 дней, у самок vestigial – 63 дня, а у некоторых самцов Canton-S оно было 44 дня.

3. Частота пересадок мушек на новую питательную среду, может являться, на наш взгляд фактором, который воздействует на показатели ПЖ дрозофил. В первом опыте, когда пересадки осуществлялись реже, ПЖ самок оказалась в 2-х линиях: Canton-S и ebony достоверно ниже, чем во втором опыте, где пересадки осуществлялись чаще. У самцов Canton-S наблюдалась обратная тенденция. У самок vestigial этот фактор, вероятно, существенной роли не играл.

4. Зафиксированы возраст-зависимые особенности в 2-х линиях дрозофил: наличие вздутия брюшка у самок линий ebony и white, начиная с сорокадневного возраста особей, а также состояние оцепенения («ступора») у некоторых самок линии white при пересадках на свежую питательную среду, начиная с 43-го дня проведения эксперимента.

5. Изучение ПЖ в ходе проектной деятельности школьников способствовало формированию у них таких УУД, как личностное самоопределение, планирование и прогнозирование результатов, саморегуляция, учебное сотрудничество с учителем. Итогом этой деятельности стала защита 2-х проектов учащимися 11-го класса МАОУ «СОШ № 104 г. Челябинска» на повышенный уровень и результативное выступление на областных интеллектуальных соревнованиях: «Интеллектуалы XXI века» и «Шаг в будущее».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анисимов, В. Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения: в 2 Т. [Текст] / В. Н. Анисимов – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Наука, 2008. – Т. 1. – 481 с.
2. Анисимов, В. Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения: в 2 Т. [Текст] / В. Н. Анисимов – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Наука, 2008. – Т. 2. – 434 с.
3. Архангельская, Г. С. Избранные лекции по геронтологии и гериатрии: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г. С. Архангельская, Р. Ф. Бакчеева, П. В. Борискин. – Самара: РЕАВИЗ, 2013. – 412 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18403.html> (дата обращения 28.05.20).
4. Асмолов, А. Г. Проектирование универсальных учебных действий в старшей школе / А. Г. Асмолов, Г. В. Бурменская, И. А. Володарская, О. А. Карабанова, С. В. Молчанов, Н. Г. Салмина [Текст] // Национальный психологический журнал. – 2011. – № 1(5). – С. 104–110.
5. Белова, Т. Г. Исследовательская и проектная деятельность учащихся в современном образовании [Текст] // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2008. – № 76–2. – С. 30–35.
6. Брусенцев, Е. Ю. Онтогенетические аспекты старения животных [Текст] / Е. Ю. Брусенцев, М. А. Тихонова, Ю. Э. Гербек // Онтогенез. – 2017. – Т. 48. – № 2. – С. 107–121.
7. Володин, В. В. Управление проектом: теория, методология, практика (монография) [Текст] / В. В. Володин, В. И. Хабаров. – Москва : Университет «Синергия», 2018. – 224 с.
8. Воровщиков, С. Г. Развитие универсальных учебных действий: внутришкольная система учебно-методического и управленческого сопровождения: Монография [Текст] / С. Г. Воровщиков, Е. В. Орлова. – Москва : «Прометей», 2012. – 210 с.

9. Воровщиков, С. Г. Универсальные учебные действия : внутришкольная система формирования и развития [Текст] / С. Г. Воровщиков, Д. В. Татьянченко, Е. В. Орлова. – Москва : УЦ «Перспектива», 2014. – 240 с.
10. Ваганова, О. И. Формирование проектной компетенции будущих бакалавров в вузе [Текст] / О. И. Ваганова, М. Н. Гладкова, А. В. Трутанова // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2017. – Т. 6. – № 3 (20). – С. 51–54.
11. Гаврилов, Н.А. Биология продолжительности жизни [Текст] / Н. А. Гаврилов, Н. С. Гаврилова; отв. ред. В. П. Скулачев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1991. – 280 с.
12. Гаврилов, Л. А. Является ли старение болезнью? Точка зрения биодемографов [Текст] / Л. А. Гаврилов, Н. С. Гаврилова // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30. – № 6. – С. 841–842.
13. Геронтология in Silico: становление новой дисциплины. Математические модели, анализ данных и вычислительные эксперименты [Текст] / Г. И. Марчук, В. Н. Анисимов, А. А. Романюха и др. – 3-е изд., – Москва : БИНОМ. ЛЗ, 2015. – 538 с.
14. Гланц, С. Медико-биологическая статистика [Текст] / С. Гланс. – Пер. с англ. – Москва, Практика, 1998. – 459 с.
15. Голубев, А. Г. Амилоидозы, болезнь Альцгеймера и старение [Текст] / А. Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2000. – Вып. 4. – С. 102–112.
16. Голубев, А. Г. Биохимия продления жизни [Текст] / А. Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2003. – Т. 12. – № 12. – С. 57–76.
17. Голубев, А. Г. Почему мы стареем и как? – Один ответ на два вопроса [Текст] / А. Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2018. – Т. 31. – № 4. – С. 458–472.
18. Голубев, А. Г. Проблемы обсуждения вопроса о возможности подходов к построению общей теории старения. I. Обобщенный закон

Гомперца-Мэйкхема [Текст] / А. Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2009. – Т. 22. – № 1. – С. 60–73.

19. Голубев, А. Г. Проблемы обсуждения вопроса о возможности подходов к построению общей теории старения. II. Параметаболическая теория старения [Текст] / А. Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2009. – Т. 22. – № 2. – С. 184–192.

20. Голубев, А. Г. Является ли старение болезнью? Точка зрения биogerонтолога: старость \neq болезнь [Текст] / А. Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30. – № 6. – С. 845–847.

21. Гребенникова, В. М. Проектирование индивидуального образовательного маршрута как совместная деятельность учащегося и педагога [Текст] / В. М. Гребенщикова, С. С. Игнатович // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 3, ч. 3. – С. 529–534.

22. Единственная полная и имеющая смысл теория химических основ старения [Текст] / Редакционный комментарий // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 3. – С. 320–322.

23. Лазарев, В. С. Проектная деятельность в школе: неиспользуемые возможности [Текст] / В. С. Лазарев // Вопросы образования. – 2015. – № 3. – С. 292–307.

24. Матяш, Н. В. Проектная компетентность как результат образования [Текст] / Н. В. Матяш // Alma mater. – 2011. – № 4. – С. 32–34.

25. Михайлова, Т. А. Проектная деятельность работников социальной сферы [Текст] / Т. А. Михайлова // Казанский педагогический журнал. – 2015. – № 5 (112). – С. 218–221.

26. Москалев, А. А. Генетика и эпигенетика старения и долголетия [Текст] / А. А. Москалёв // Экологическая генетика. – 2013. – Т. XI, № 1. – С. 3–11.

27. Москалёв, А. А. Старение и гены [Текст] / А. А. Москалёв. – Санкт-Петербург : Наука, 2008. – 358 с.

28. Москалёв, А. А. Является ли старение болезнью? Точка зрения генетика [Текст] / А. А. Москалёв // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 6. – С. 843–844.

29. Мякотных, В. С. Является ли старение болезнью? Точка зрения врача-гериатра [Текст] / В. С. Мякотных // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 6. – С. 848–850.

30. Новосёлов, В. М. Является ли старение болезнью? [Текст] / В. М. Новосёлов // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 6. – С. 836–840.

31. Онлайн-приложение для анализа выживания (OASIS 2). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sbi.postech.ac.kr/oasis2/introduction/> (дата обращения: 15.08.2020)

32. Пархитько, А. А. Киназа mTOR: регуляция, роль в поддержании клеточного гомеостаза, развитии опухолей и старении (обзор) [Текст] / А. А. Пархитько, О. О. Фаворова, Д. И. Хабибуллин // Биохимия. – 2014. – Т. 79. – № 2. – С. 128–143.

33. Пахомова, Н. Ю. Проектное обучение – что это? [Текст] / Н. Ю. Пахомова // Методист. – 2004. – № 1. – С. 42–44.

34. Пеньковских, Е. А. Метод проектов в отечественной и зарубежной педагогической теории и практике [Текст] / Е. А. Пеньковских // Методист. – 2010. – № 4. – С. 53–57.

35. Попова, Т. А. Проектная деятельность в образовательном пространстве [Текст] / Т. А. Попова // Вестник московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. – 2020. – № 3. – С. 252 – 265.

36. Попов, И. Ю. Разнообразие пределов продолжительности жизни в животном мире [Текст] / И. Ю. Попов, М. А. Вашурина // Успехи геронтологии. – 2020. – Т. 33. – № 2. – С. 204–220.

37. Ручка, О. Н. Структура и содержание универсальных учебных действий [Текст] / О. Н. Ручка // Аксиома: актуальные аспекты гуманитарных наук. – 2016. – Т. 1. – № 4. – С. 17–19.

38. Рязанова, Л. А. Оценка различий параметров продолжительности жизни *Drosophila melanogaster* от наличия генетической и средовой variability [Текст] / Л. А. Рязанова., Г. В. Томчук, Д. Ю. Нохрин // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Челябинск, изд-во ЮУрГГПУ, 2018. – С. 32–37.

39. Савенков, А. И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению : учебное пособие [Текст] / А. И. Савенков. – Москва : «Ось-89», 2006. – 480 с.

40. Сайтбаева, Э. Р. Управление формированием профессиональной готовности педагога к внедрению федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования [Электронный ресурс] / Э. Р. Сайтбаева, Ю. В. Воронина // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 4. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/article/view?id=27745> (дата обращения 3.04.2020).

41. Семенова, Н. А. Вопросы организации проектной деятельности в начальной школе [Текст] / Н. А. Семенова // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2012. – № 11 – С. 209–211.

42. Сергиев, П. В. Теории старения. Неустаревающая тема [Текст] / П. В. Сергиев, О. А. Донцова, Г. В. Березкин // Acta Naturae (русскаяязычная версия). – 2015. – Т. 7. – № 1 (24). – С. 9–20.

43. Стратегия действий в интересах граждан старшего поколения в Российской Федерации до 2025 года [Текст]. – Москва : Омега-Л, 2016. – 47 с.

44. Сукманский, О. И. Газотрансммиттеры : физиологическая роль и участие в патогенезе заболеваний [Текст] / О. И. Сукманский, В.П. Реутов // Успехи физиологических наук. – 2016. – Т. 47. – № 3. – С. 30–58.

45. Томчук, Г. В. Продолжительность жизни некоторых линий *Drosophila melanogaster* [Текст] / Л. А. Рязанова, Г. В. Томчук / Новые

импульсы развития: вопросы научных исследований: материалы II международной научно-практической конференции. – Саратов, 2020. – С. 351–359.

46. Томчук, Г. В. Экологические факторы в геронтологическом эксперименте на дрозофиле [Текст] / Л. А. Рязанова, Г. В. Томчук / Экология XXI века: синтез образования и науки: материалы VI международной очно-заочной научно-практической конференции. – Челябинск: изд-во ЮУрГГПУ, 2020. – С. 273–280.

47. Трубицын, А. Г. Объединенная теория старения [Текст] / А. Г. Трубицын // Успехи геронтологии. – 2012. – Т. 25. – № 4. – С. 563–582.

48. Трубицын, А. Г. Механизм фенотоза: 2. Лимит Хейфлика предопределяется запрограммированным снижением уровня биоэнергетики [Текст] / А. Г. Трубицын // Успехи геронтологии. – 2010. – Т. 23. – № 2. – С. 168–174.

49. Фархутдинова, Л. М. Окислительный стресс. История вопроса [Текст] / Л. М. Фархутдинова // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2015. – Т. 20. – № 1 (77). – С. 42–49.

50. Фролькис, В. В. Старение и биологические возможности организма [Текст] / В. В. Фролькис. – Москва : Наука, 1975. – 272 с.

51. Ходырева А. В. Проектная деятельность в духовно-нравственном воспитании обучающихся [Текст] / А. В. Ходырева, Т. Н. Гвоздкова, Э. Н. Маллямова. – Кемерово, 2011. – 207 с.

52. Чаплинская, Е. В. Старение : теории и генетические аспекты: учеб-метод. пособие [Текст] / Е. В. Чаплинская, В. Э. Бутвиловский. – Минск : БГМУ, – 2014. – 74 с.

53. Ярыгина, В. Н. Руководство по геронтологии и гериатрии : в 4 Т. [Электронный ресурс] / В. Н. Ярыгина, А. С. Мелентьева. – Москва : ГЭОТАР-Медиа. – 2010. – Режим доступа: <http://www.rosmedlib.ru/book> (дата обращения 3.04.2020).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты выступления на конкурсах



Рисунок А.1 – Диплом второй степени конкурса «Интеллектуалы XXI века»



Рисунок А.2 – Диплом третьей степени форума «Шаг в будущее»



ЮЖНО-УРАЛЬСКАЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-СОЦИАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ МОЛОДЁЖИ
«ШАГ В БУДУЩЕЕ – СОЗВЕЗДИЕ – НТТМ»

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОРОДСКОЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР НТТМ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЫ XXI ВЕКА»



ГРАМОТА



ЛАУРЕАТА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ГОРОДСКОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-СОЦИАЛЬНОЙ
ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОЛОДЁЖИ
«ШАГ В БУДУЩЕЕ – СОЗВЕЗДИЕ – НТТМ»

ЗА ХОРОШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В ВЫСТУПЛЕНИИ НА ЧЕЛЯБИНСКОМ
МОЛОДЁЖНОМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ ФОРУМЕ
«ШАГ В БУДУЩЕЕ – СОЗВЕЗДИЕ – НТТМ»

в конкурсе исследователей «Творческие работы»

НА Г Р А Ж Д А Е Т С Я

АЛТОЦКИЙ Илья Михайлович

МАОУ "СОШ № 104 г. Челябинска", 11 класс

**Различия в продолжительности жизни самцов
и самок дрозофил линии Canton-S**

*Научный руководитель: Томчук Глеб Владимирович, учитель биологии
МАОУ "СОШ № 104 г. Челябинска"; Рязанова Людмила Александровна,
канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ФГБОУ ВО «ЮУрГПУ»*

Н.В. Хещкина
Начальник Управления
по делам молодежи
города Челябинска,
председатель городского
координационного совета
программы «Шаг в будущее...»



С.В. Портъё
Председатель Комитета
по делам образования
города Челябинска,
координатор городской
программы для школьников
«Шаг в будущее...»



Е.Н. Кузьмин
Член Центрального совета
Всероссийской программы для
молодежи «Шаг в будущее»,
руководитель Челябинского
головного координационного
центра НТТМ «Шаг в будущее...»



19 января 2021 г.

Рисунок А.3 – Грамота форума «Шаг в будущее»

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Проектная работа ученицы 11-го класса МАОУ «СОШ №104 г.
Челябинска» Богатырёвой А. О.

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение "Средняя
общеобразовательная школа с углубленным изучением отдельных
предметов №104 г. Челябинска"

Продолжительность жизни лабораторных линий дрозофилы фруктовой

Автор: Богатырёва Анна
Олеговна

Руководитель: Томчук
Глеб Владимирович,
учитель биологии МАОУ
«СОШ № 104 г.
Челябинска»

Челябинск 2020

Оглавление

Введение

Глава I. Теоретическая часть

1.1 Продолжительность жизни и другие ключевые понятия

1.2 Теории старения с соответствующими механизмами

1.3 Объект исследования

Глава II. Практическая часть

2.1 Материалы и методы

2.2 Результаты и обсуждение

Заключение

Список использованных источников

Приложения

Введение

Проблематика продолжительности жизни сейчас, как никогда важна для человечества. Любому представителю вида *homo sapiens* хочется жить долго и счастливо. Мировые реалии, реалии нашей страны в частности показывают, что если и удаётся долго, то счастливо мешают возраст зависимые заболевания. Повышение пенсионного возраста в нашей стране, не даёт забыть о влияние на работоспособность названных болезней. Они связаны с таким процессом, как старение. Изучением этого явления занимается наука геронтология. Появились, появляются, развиваются и существуют многие теории старения, но единой так и нет. Множество коллективов учёных проводят эксперименты, целью которых является разгадка механизмов явления старения. Открытия науки приближают человечество либо к осознанию невозможности «отключить» ухудшение здоровья в старости, либо к созданию заветной таблетки от этого, а может и к промежуточным между этими крайностями вариантам.

Уместно сказать, что многие исследования старения проводятся далеко не на людях, а на очень дальних их родственниках с точки зрения эволюции. Это оправдывается наличием общих для большинства живых систем молекулярных механизмов старения. Модельными объектами геронтологических исследований служат: *Mus musculus*, *Caenorhabditis elegans*, *Drosophila melanogaster* и др.

Исходя из вышеизложенного тематика продолжительности жизни, старения, возрастных патологий обладает ощутимой актуальностью. В нашей работе мы

постарались познакомиться с этими вопросами и провели исследование, целью которого стало: изучить продолжительность жизни некоторых лабораторных линий дрозофилы фруктовой.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

1. Проанализировать литературу по тематике работы.
2. Определить показатели продолжительности жизни линии дикого типа и двух мутантных линий дрозофилы малой.
3. Сравнить и интерпретировать возможные различия в показателях продолжительности жизни у названных линий.

Актуальность конкретно нашего исследования, по обосновано актуальной теме, видится нам в следующем: данные похожих исследований есть, но они представлены в зарубежных источниках, на иностранных языках, причём основная информация о продолжительности жизни мутантных линий имеет ссылки на источники, опубликованные в 80-е 20 века, некоторые в 50-е; наличие специфики условий проведения нашего эксперимента (новизна данных, наличие инбридинга в коллекции мух и т.д.), что в любом случае добавляет значимости полученным данным.

Объект исследования: *Drosophila melanogaster*, линии Canton S, ebony и vestigial.

Предмет исследования: показатели продолжительности жизни плодовых мушек.

Гипотеза исследования: показатели продолжительности жизни линии дикого типа будут больше соответствующих показателей линий ebony и vestigial.

На теоретическом уровне исследования использовались: анализ научной литературы и видеоматериалов, анализ понятий.

На эмпирическом уровне применялись: наблюдение, методы поддержания и разведения лабораторных линий дрозофил, методы статистической обработки результатов экспериментальных данных, цифровое и графическое представление информации.

Глава I. Теоретическая часть

1.1 Продолжительность жизни и другие ключевые понятия

Одно из наиболее часто употребляемых понятий, это продолжительность жизни (ПЖ). Родовым для этого термина выступает центральное понятие биологии — жизнь. Понятие ПЖ обладает простыми и однозначными определениями.

ПЖ – это период времени, в который биосистема обладает свойствами живого. ПЖ растений и животных – длительность существования особи, её онтогенеза. Физиологическая ПЖ – максимальная для особей данного вида при оптимальных условиях существования, лимитируемая т.о. лишь генетически. Экологическая ПЖ

характеризует предельный возраст особей в естественных условиях и зависит от многих внешних факторов. Средняя ПЖ – возраст, которого в среднем достигают особи данной выборки, т. е. частное от деления суммы возрастов на число особей.

Очевидно, что на ПЖ любого организма оказывает влияние колоссальное количество факторов, часть из них, которые для организма эндогенны можно назвать старением. Термин старение не имеет общепринятого определения и это логично, поскольку природа этого явления изучена далеко не до конца. По вопросу связи понятия старения с понятием болезни было много дискуссий в 2017 году, обсуждалось включение старения в МКБ-11, российские геронтологи высказывали своё мнение, приведём определения из их публикаций [1-6].

Старение – это ускоряющийся с возрастом спад возможностей организма поддерживать постоянство внутренней среды, приводящий к возникновению возрастных заболеваний, которые приводят к смерти. Старение – это слишком широкое понятие, чтобы сводить его к одной конкретной патологии. Старение существует даже в неживой природе, и оно определяется в теории надежности как процесс увеличения интенсивности отказов изучаемой системы с возрастом. В контексте теории надежности, болезни представляют собой лишь частные формы отказов системы (нездоровья). Не всякая болезнь связана со старением, но к нему имеет отношение любое прогрессирование болезни с возрастом: старение — это «созревание» болезней с возрастом. Старение – это не болезнь, а неизвестные или малоизвестные на сегодня механизмы снижения жизнеспособности организма, тесно связанные с формированием возрастной патологии. Старение – процесс физиологический, но никак не патофизиологический.

При статистической обработке данных необходимо понимание ниже приведённых терминов.

Доля умерших – это отношение числа объектов, умерших в соответствующем интервале, к числу объектов, изучаемых на этом интервале. Доля выживших – это доля равная единице минус доля умерших. Кумулятивная доля выживших (функция выживания) – это кумулятивная доля выживших к началу соответствующего временного интервала. Поскольку вероятности выживания считаются независимыми на разных интервалах, эта доля равна произведению долей выживших объектов по всем предыдущим интервалам. Полученная доля как функция от времени называется также выживаемостью или функцией выживания. Медиана ожидаемого времени жизни – это точка на временной оси, в которой кумулятивная функция выживания равна 0,5 [5].

1.2 Теории старения с соответствующими механизмами

Геронтология изобилует теориями старения, по одним из скромных оценок их более 300 [7]. Озвучим очевидное: есть процесс (природное явление), который протекает по естественным путям (механизмам) не зависящим от знания людей о нём, люди называют его старением и различные учёные умы пытаются разобраться в закономерностях природных ему присущих. Грамотно изложенные, оформленные и представленные на обсуждение мысли геронтологов по поводу сути (механизмов) старения называются теориями последнего. Теории появляются, развиваются, принимаются, отвергаются, дополняются, классифицируются...

При ознакомлении с теориями старения нам оказалась особенно близка и понятна теория старения российского геронтолога Алексея Георгиевича Голубева. Его «детище» именуется параметаболическая теория (ПТ) старения [8-12]. Поскольку данная теория претендует на звание общей теории, мы взяли её за основу при обсуждении полученных результатов и через её призму озвучим основные положения других наиболее солидных теорий.

Основное деление теорий старения производится в зависимости от того говорится ли в них о старении, как о процессе вероятностном (стохастическом) или, как о программируемом. А.Г. Голубев говорит, что старению скорее характерна квазипрограмма.

В рамках ПТ автор предлагает обобщённую форму закона Гомпертца-Мейкхема и через неё объясняет компенсационный эффект смертности (корреляция Стрелера-Милдвана).

Голубев А.Г. говорит о старении, как о наследии химической формы движения материи в биологических системах. В теориях, которые объясняют эволюционное появление старения (теория антагонистической плейотропии и одноразовой сомы) акцент делается на ослаблении силы естественного отбора после достижения репродуктивного периода. ПТ гласит, что старение не столько побочный продукт биологической эволюции, сколько неотъемлемое свойство результата химической эволюции, на котором происходит первая.

Множество химических соединений и множество ферментативных реакций между ними, то, что представляет собой метаболизм (обязательное свойство живого), на самом деле сосуществует с параметаболизмом. Это совокупность неферментативных реакций метаболитов и их производных. К таковым относятся свободнорадикальные реакции с участием активных форм кислорода, азота (свободнорадикальная и нитроксидная теории), с участием активных карбонильных соединений (теория

поперечных сшивок и теория соматических мутаций). Конкретные примеры реагентов и продуктов параметаболических процессов можно посмотреть в [11].

На философском уровне создатель подкрепляет свою теорию теоремой Геделя о неполноте, в том смысле, что любая совокупность реакций протекции от параметаболических превращений, сама будет их источником.

ПТ указывает на первопричину старения (базовый механизм) — параметаболизм. ПТ является общей теорией старения и согласуется с большим числом частных теорий, указанных выше в скобках.

Следующая теория, объясняющая старение, – теория соматических мутаций. Ее создатель английский генетик Сцилард (1959). Согласно этой теории для всех организмов существует одна первопричина старения. Она состоит в том, что старение обусловлено накоплением мутаций в обычных соматических клетках тела. В этой теории обращается внимание на то, что существенны в первую очередь мутации, происходящие в неделящихся, не обновляющихся клетках (нейроны, эритроциты, мышечные волокна). Менее важны мутации в клетках активно пролиферирующих тканей, таких, как эпидермис.

Теория соматических мутаций возникла из наблюдений, что воздействие ионизирующей радиации – это очень мощный мутагенный фактор и служит самым эффективным способом сокращения жизни подопытных животных. Но вопрос о точном соотношении между дозой облучения и степенью сокращения жизни не вполне ясен, поэтому теория соматических мутаций теперь уже не так популярна, как раньше.

Хотя многие молекулярные механизмы старения известны и похожи на неизбежное накопление токсичных побочных продуктов метаболизма или вызванных ими повреждений, существуют теории, склонные считать старение программой. Впервые гипотеза программируемого старения была опубликована А. Вейсманом. В последние годы получила широкую известность модификация этой теории, выдвинутая В. Скулачевым. Известна также теория программируемого старения А. Бойко. При этом теории программируемого и самопроизвольного старения часто сходятся в своих молекулярных механизмах. Какие аргументы выдвигают сторонники теорий программируемого старения? Во-первых, это существование видов, старение которых происходит внезапно. В этом случае мы определенно имеем дело с программой. Практически всегда такое быстрое старение включается после программы полового размножения. Так, бамбук размножается вегетативно и может расти 15-20 лет без видимых признаков старения. Однако после цветения и созревания семян он быстро вянет, давая таким образом возможность семенам порости. Наиболее известный пример

быстрого старения – лосось. Тихоокеанские лососи заходят из моря в реки, где нерестятся, после чего у них значительно повышается уровень глюкозы, жирных кислот и холестерина, усиливается работа надпочечников, и они погибают.

Также имеет место быть теория, выдвинутая в 1940 году А.В. Нагорным, согласно которой старение - это результат затухающего самообновления белков.

В 1963 году Оргель также выдвинул мысль, что одним из факторов, способствующих старению клеток, может быть прогрессирующее снижение точности белкового синтеза. Он указал на неизбежность метаболических ошибок и на то, что в конце концов в клетке может накопиться так много дефектных молекул, что она уже не может нормально функционировать.

Проверка теории ошибок дала неоднозначные результаты.

Многие исследователи, включая самого Оргеля, отдают сейчас предпочтение более обобщенным теориям о роли ошибок в старении. Погрешности при синтезе белка -это возможно, лишь частичный случай молекулярных повреждений, которые могут породить дальнейшие ошибки. Мутации в ядерной или митохондриальной ДНК, повреждение мембран свободными радикалами, усиление связи ДНК клеток, образование поперечных сшивок в нуклеопротеидах и т.д. – все эти явления могут таким же образом приводить к катастрофическому накоплению ошибок и дефектов.

1.3 Объект исследования

Дрозофила фруктовая, дрозофила малая, или дрозофила обыкновенная (*Drosophila melanogaster*) – двукрылое насекомое, вид плодовой мухи из рода дрозофил, который наиболее часто используется в генетической области. Дрозофилы имеют размеры около 2-3 мм.

Большинство видов *Drosophila* являются эндемиками, т.е. ограничивают свое пребывание каким-либо одним регионом. Но на земном шаре существуют тысячи видов этих прекрасных существ, так что всем шести зоогеографическим зонам Земли дрозофил хватает (в Европейской части России встречаются около 40 видов).

Молодые, только что вышедшие из куколки особи имеют нерасправленные крылья, удлинённое тело и слабо окрашенные покровы. По этим признакам можно отличить молодых мух от старых. Через 8 часов с вылета мухи способны к оплодотворению. В лабораторных условиях имаго живет 3-4 недели.

Самки и самцы дрозофилы отличаются по размерам и по ряду других морфологических признаков. Самки обычно несколько крупнее самцов. Конец брюшка у них имеет заостренную форму, в то время как у самцов форма брюшка округлая.

Окраска брюшка у самок полосатая, у самцов последние брюшные сегменты сильно пигментированы. Кроме того, у самцов на первом членике передних ног имеются так называемые половые гребешки в виде ряда крепких хитиновых щетинок. Последний признак можно различить лишь под бинокулярной лупой, поэтому в практической работе ориентируются на форму и пигментацию брюшка.

К настоящему времени получено колоссальное количество мутантных форм дрозофилы и созданы линии на базе наиболее интересных мутантов.

Томас Морган был первым, кто использовал данный вид в генетических исследованиях из-за таких свойств как быстрая смена поколений и большая плодовитость. Благодаря этим свойствам, он смог описать механизм кроссинговера и получить Нобелевскую премию, а занять место *D.melanogaster* одной из первых моделей в научных исследованиях.

В настоящее время *D.melanogaster* используется в изучении роли генов в проявлении признаков полового поведения. Была установлена роль X-хромосомы и аутосом (хромосом 2 и 3) в контроле ряда признаков полового поведения, что уровень половой активности самцов, половой рецептивности самок и задержка копуляции определяются результатом взаимодействия X-сцепленных и аутосомных генов. В то же время показатель длительности копуляции в большей степени зависит от генов X-хромосомы. Для объяснения генетического контроля последнего предложена модель X-сцепленного главного гена и шлейфа генов-модификаторов. По всем изученным признакам особи синтезированных изогенных линий в большей степени сходны с гибридами, чем с исходными линиями. Гибридное потомство характеризуется меньшей стабильностью связей между признаками возможно вследствие повышения уровня гетерозиготности и изменения общего генного баланса.

Также известно, что около 61 % известных заболеваний человека имеют узнаваемое соответствие в генетическом коде плодовой мушки, 50 % белковых последовательностей аналогичны млекопитающим. Дрозофил можно использовать в генетическом моделировании некоторых человеческих заболеваний, таких как болезни Паркинсона, Хантингтона и Альцгеймера. Мушка также часто используется для изучения механизмов, лежащих в основе иммунитета, диабета, рака и наркотической зависимости.

Например, для изучения болезни Паркинсона американские медики вывели дрозофил с данным заболеванием. В Гарвардской медицинской школе в Бостоне им был вживлен человеческий ген α -синуклеин, с которым связывают развитие болезни Паркинсона. Теперь несчастные дрозофилы испытывают симптомы данного

заболевания - дрожь в мускулах, с трудом сохраняют равновесие и даже повторяют некоторые особенности поведения людей, страдающих болезнью Паркинсона.

Drosophila simulans впервые описал Sturtevant в 1919 году. *D. simulans* является космополитическим видом, но редко встречается в Восточной Азии. Данный вид дрозофил отсутствует в большинстве районов Восточной Азии, начиная с Восточного Кавказа. *D. simulans* часто встречается в Сочи (Россия), но полностью отсутствует в Дагестане, несмотря на непрерывность достаточно благоприятных средиземноморских мест обитания. *D. simulans* отсутствует на некоторых островах Французских Кариб (Мартиника и Гваделупа), в то же время очень часто встречается на близлежащем острове Святого Мартина. Причина этих географических разрывов остается экологической загадкой. Можно ожидать, что в будущем, *D. simulans* освоит эти территории. Особенностью данного вида от других видов рода *Drosophila* является то, что *D. simulans* плохо спаривается в темноте. Визуальные стимулы оказываются очень важными для спаривания *D. simulans*. Местообитания характеризуются мягкими температурами и высокой влажностью, а также, разнообразием трав. Было обнаружено, что *D. simulans* может встречаться и в несладких фруктах – наблюдения в Северной Африке, на юге Испании и в Уругвае.

Drosophila pseudoobscura – североамериканский вид, который в последнее время колонизировал Новую Зеландию, но, в основном, распространена в западной части Северной Америки, хотя ее небольшая популяция находится в горах недалеко от Боготы, Колумбия. Принадлежит к подроду *Sophophora*, включена в группу *obscura*. В течение летних месяцев *D. pseudoobscura* широко распространена в средних и высокогорных лесах, особенно где доминирует желтая сосна. Когда температура на этих участках снижается, население переходит на более низкие высоты, и данный вид можно найти вблизи пустынных мест обитания на протяжении зимы. *D. pseudoobscura* может проживать на смоляных потоках, местных фруктах, кактусах и агаве.

Глава II. Практическая часть

2.1 Материалы и методы

Представляем результаты двух опытов (повторностей). Опыт №1 проходил с 9.08.2019 (день вылета регистрируемых имаго из куколок) по 25.10.2019 (день гибели последней мушки), опыт №2 начался 24.01.2020, завершился 12.04.2020. Обзор ранее проведённых экспериментов можно посмотреть здесь [13].

Экспериментальной базой выступал естественно-технологический факультет ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ» (Приложение 1). В опытах №1 и №2 дрозофилы содержались

в стеклянных пробирках объёмом, диаметром и высотой соответственно 32 мл, 25мм и 7,5 см. Пробирки с мухами закрывали чистой ватой, они находились в специальном шкафу. Температура в шкафу измерялась термометром. В опыте №1 средняя температура была 23°C, в опыте №2 составляла 24°C. Влажность не измерялась [14].

Материалом для исследования послужили самки 3-х лабораторных линий дрозофил, из них одна линия дикого типа – Canton-S и две мутантные линии: ebony и vestigial. Для получения массовых синхронных кладок в пробирки со средой помещали не более 15-ти пар самок и самцов на одни сутки, затем родителей отбрасывали. Через 3 (опыт№1) – 4 (опыт №2) дня после начала лёта усыпляли дрозофил диэтиловым эфиром и помещали их в пробирки с питательной средой, около 30 особей одной линии, одного пола в каждую. На 4-й (опыт №1) и 5-й (опыт №2) день начинали ежедневную регистрацию погибших. Для удобства приняли, что ПЖ всех особей четыре дня. В опыте №1 реальная ПЖ мушек может быть меньше на 1, 2 или 3 дня, для опыта №2 на 1, 2, 3 или 4 дня соответственно. В опыте №1 не удалось провести регистрацию смертей в следующие дни: 49-й, 50-й, 56-й, 57-й, 60-й, 66-й и 67-й дни от начала лёта. В опыте №2 только в 10-й день не удалось зафиксировать погибших [14].

Опыт №1 и опыт №2 сильно отличались по режиму пересадок особей в чистые пробирки с новой питательной средой. В первом опыте пересадки осуществлялись (перечисляем по порядку, счёт дней от эфиризации и далее от предыдущей пересадки): первая на 3-й день, четыре пересадки на 5-й день, две на 6-й день, одна на 7-й день, одна на 8-й день, одна на 6-й день, одна на 4-й день и одна на 5-й день. Всего двенадцать пересадок. Во втором опыте все восемнадцать пересадок осуществлялись на четвёртый день от помещения в новые пробирки.

В обоих опытах использовали стандартную дрожжевую питательную среду. Для приготовления среды из расчёта на 61 пробирку брали: 2,1 литра воды, 27 грамм агар-агара, 41,25 грамм сухих дрожжей «Саф-Левюр», 56,25 грамм сахара, 18,75 грамм изюма, 75 грамм манки. В самом конце варки добавляли 3,15 мл пропионовой кислоты. Эту среду использовали для трёх разновременных разливов. Остатки хранили в холодильнике и разогревали перед очередной пересадкой мух, добавляя немного воды. Пробирки перед использованием мыли с чистящим средством Fairy и помещали на один час в термостат при температуре 110 °C.

Расчёты и графические построения выполнены в статистической программе OASIS 2, являющейся универсальным инструментом для различных статистических задач, связанных с анализом данных о выживании. Проводили учёт следующих данных

о выживании: оценка Каплана-Майера, средняя продолжительность жизни, медианная продолжительность жизни, кривая выживаемости, лог-ранг тест [15].

2.2 Результаты и обсуждение

При обработке данных с двух повторностей о ПЖ самок трех линий дрозофил было установлено, что такие показатели, как средняя ПЖ и медиана уменьшаются в ряду Canton-S, ebony, vestigial. В двух опытах максимальная ПЖ много больше у линии дикого типа, у линий ebony и vestigial данный показатель на одинаковом уровне в первом опыте и больше у ebony во втором опыте. По результатам первой повторности минимальная ПЖ одинакова у дикого типа и vestigial, на один день больше у линии ebony, по результатам второй повторности у всех линий минимальная ПЖ равняется четырём дням (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели ПЖ

Линии	Опыт №1					Опыт №2				
	М	средняя ПЖ ± ошибка среднего	min	max	N	М	средняя ПЖ ± ошибка среднего	min	max	N
Canton-S ♀	53	51,9 ± 0,54	4	77	340	67	58,5 ± 0,96	4	78	402
vestigial ♀	18	22,1 ± 0,84	4	58	357	21	22,89 ± 0,65	4	63	384
ebony ♀	52	44,3 ± 0,66	5	58	342	54	51,9 ± 0,65	4	67	421

Примечание – М – медианная продолжительность жизни (дни); min и max – минимальная и максимальная продолжительность жизни в выборке; N – количество особей в выборке.

Лог-ранг тест показал, что различия в функциях выживания самок трех линий статистически достоверны: Canton-S и ebony (Опыт №1 $\chi^2 = 214,64$, опыт №2 $\chi^2 = 206,55$); Canton-S и vestigial (Опыт №1 $\chi^2 = 540,68$ опыт №2 $\chi^2 = 557,13$); vestigial и ebony (Опыт №1 $\chi^2 = 304,3$ опыт №2 $\chi^2 = 591,53$) при $p < 0,001$ (таблица 2, рисунок 1 и рисунок 2).

Таблица 2 – Значения лог-ранг теста

Линии	Опыт №1		Опыт №2	
	χ^2	P-value	χ^2	P-value
Canton-S ♀ с vestigial ♀	540,68	<0,001	557,13	<0,001
vestigial ♀ с ebony ♀	304,3	<0,001	591,53	<0,001
Canton-S ♀ с ebony ♀	214,64	<0,001	206,55	<0,001

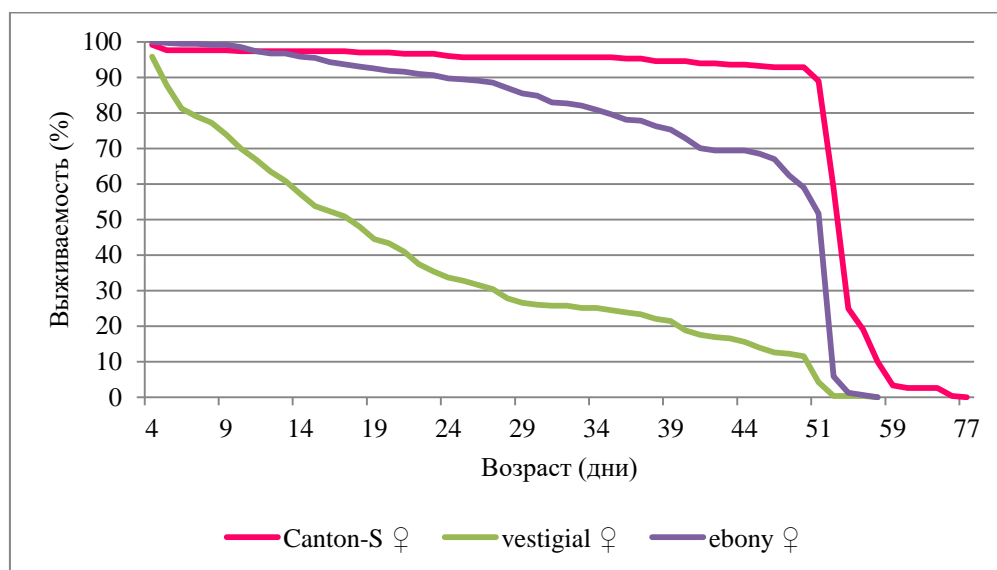


Рисунок 1 – Кривые выживаемости, опыт №1

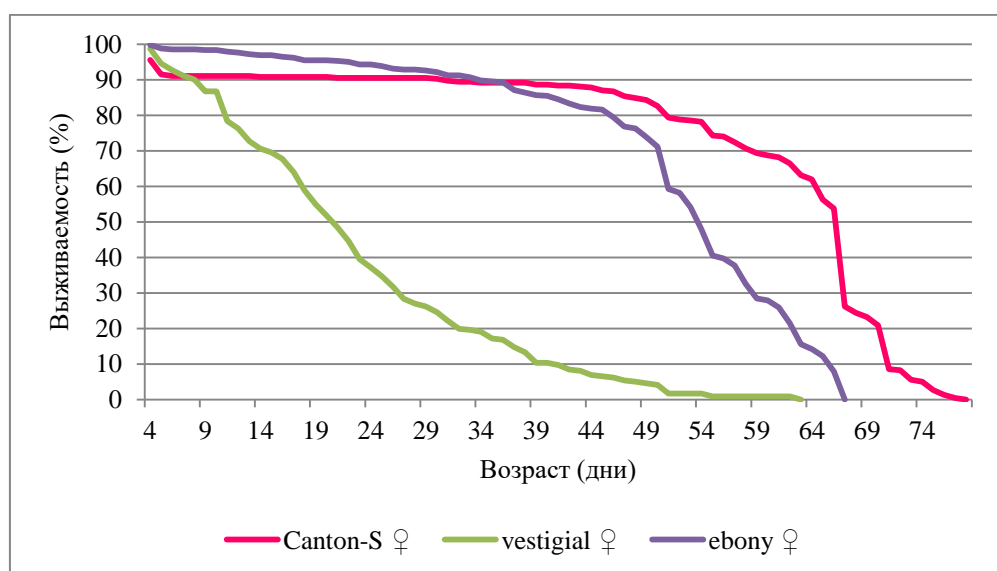


Рисунок 2 – Кривые выживаемости, опыт №2

При сравнении функций выживаемости соответствующих линий опыта №1 и опыта №2 между собой лог-ранг тест показал, что только самки линии vestigial воспринимаются как одна генеральная совокупность (таблица 3). По нашему мнению, это вызвано различиями в режиме пересадок мух в двух повторностях. Но в целом функции выживаемости у одних и тех же линий выглядят схоже (рисунок 3 и рисунок 4).

Таблица 3 – Значения лог-ранг теста

Опыт №1 с опытом №2	χ^2	P-value
Canton-S ♀ с Canton-S ♀	213,33	<0,001
vestigial ♀ с vestigial ♀	0,09	0,7653
ebony ♀ с ebony ♀	151,89	<0,001

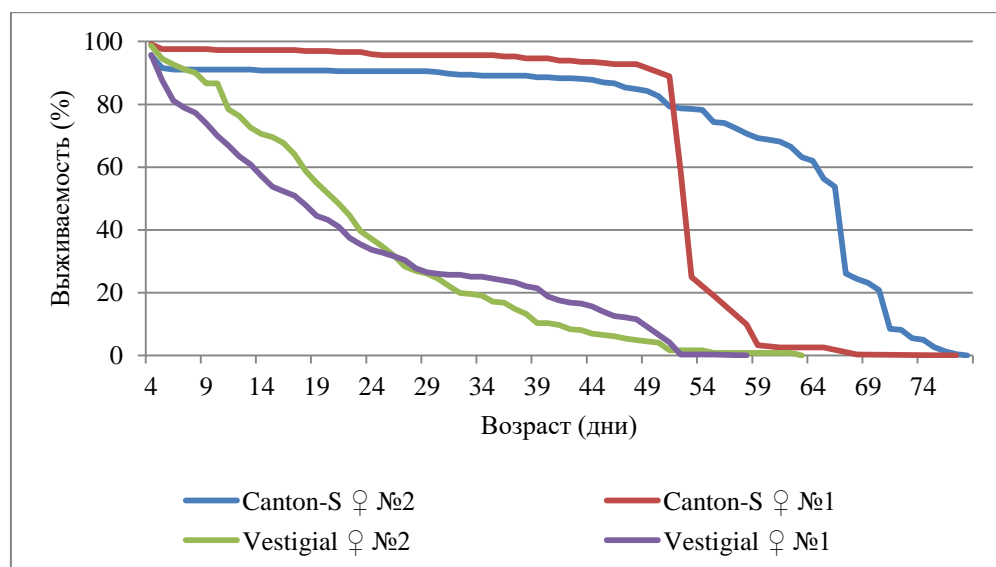


Рисунок 3 – Кривые выживаемости, опыт №1 и опыт №2

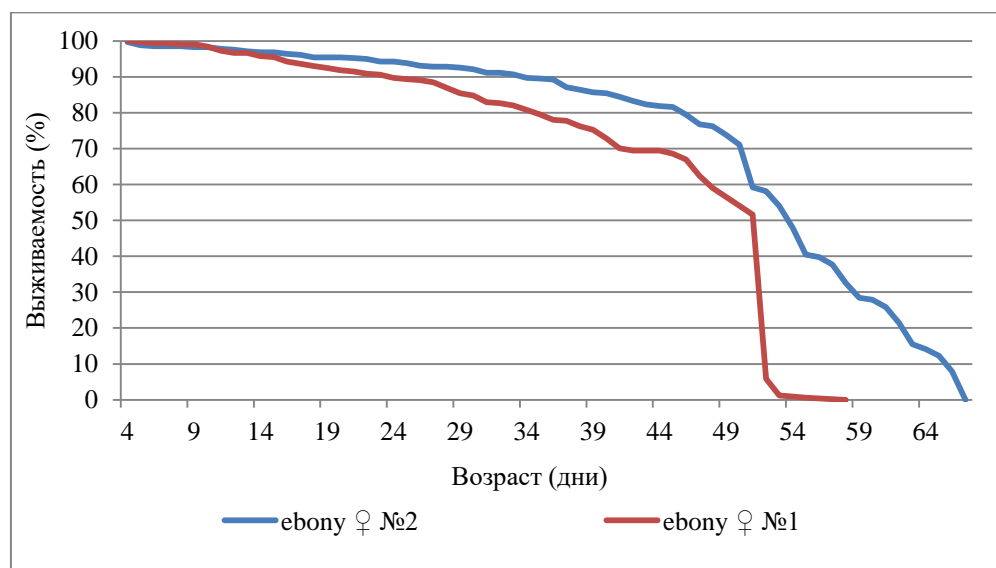


Рисунок 4 – Кривые выживаемости, опыт №1 и опыт №2

Обсуждение результатов хочется начать с того, что линии vestigial и ebony являются носителями рецессивных мутаций генного уровня. У мух линии ebony мутантный ген кодирует фермент N-β-аланилдопаминсинтетазу (NBAD-синтетазу), который в норме у дикого типа превращает дофамин в NBAD, который впоследствии окисляется с образованием коричневого пигмента. У мутантов данная функция фермента нарушена, в фенотипе это выражается чёрным цветом тела [16].

У мух линии *vestigial* мутация находится в гене, который кодирует предполагаемый транскрипционный фактор, потеря функции последнего отражается на уровне фенотипа наличием у имаго зачаточных крыльев [17].

Мы предполагаем, что отсутствие метаболических реакций, из-за изменённых генных продуктов, приводит к накоплению метаболитов, которые хоть и расходуются альтернативными путями, всё же участвуют в параметаболизме и таким образом влияют на увеличение количества повреждений клеток организма, а это усиливает снижение жизнеспособности и увеличивает скорость старения по сравнению с диким типом. У линии *vestigial* этот эффект ярче, так как изменяется не просто фермент, а фактор транскрипции.

Заключение

При выполнении работы мы утвердились в неподдельном интересе, актуальности и сложности темы и самого эксперимента. На этапе обзора литературы стала очевидна высокая степень освещённости вопросов ПЖ и старения, но также и наличие в них не до конца изученных и перспективных областей. Для интерпретации полученных данных нами была выбрана ПТ старения А.Г. Голубева, на наш взгляд наиболее понятная и обобщающая из теорий старения.

Экспериментальная часть работы потребовала большого количества временного ресурса, совместно с первой теоретической частью выявила необходимость более глубокого погружения в методы статистики (оценка скорости старения).

По результатам проведённого опыта необходимо озвучить выводы соответствующие поставленным задачам работы:

1. Определена средняя ПЖ линий *Canton-S* (Опыт №1 $51,94 \pm 0,54$ суток, опыт №2 $58,5 \pm 0,96$ суток), *ebony* (Опыт №1 $44,33 \pm 0,66$ суток, опыт №2 $51,9 \pm 0,65$ суток) и *vestigial* (Опыт №1 $22,1 \pm 0,84$ суток, опыт №2 $22,89 \pm 0,65$ суток).

2. Определена медианная ПЖ линий *Canton-S* (Опыт №1 53 суток, опыт №2 67 суток), *ebony* (Опыт №1 52 суток, опыт №2 54 суток) и *vestigial* (Опыт №1 18 суток, опыт №2 21 сутки).

3. Определены минимальная и максимальная ПЖ линий *Canton-S* (Опыт №1 4 и 77 суток, опыт №2 4 и 78 суток), *ebony* (Опыт №1 5 и 58 суток, опыт №2 4 и 67 суток) и *vestigial* (Опыт №1 4 и 58 суток, опыт №2 4 и 63 суток).

4. Установлено статистически достоверное различие в функциях выживания у трех линий: *Canton-S* и *ebony* (Опыт №1 $\chi^2 = 214$, опыт №2 $\chi^2 = 206,55$); *Canton-S* и *vestigial* (Опыт №1 $\chi^2 = 540$, опыт №2 $\chi^2 = 557,13$); *vestigial* и *ebony* (Опыт №1 $\chi^2 = 304$, опыт №2 $\chi^2 = 591,53$) при $p < 0,001$.

Таким образом, можно сказать о подтверждении заявленной во введении гипотезы. Для более детального обсуждения результатов необходимо в дальнейшем глубже познакомиться с биохимией исследуемых линий дрозофилы.

Список использованных источников

1. Гаврилов, Л.А. Является ли старение болезнью? Точка зрения биодемографов [Текст] / Л.А. Гаврилов, Н.С. Гаврилова // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30. – № 6. – С. 841–842.
2. Гланц, С. Медико-биологическая статистика [Текст] / С. Гланс. – Пер. с англ. – М., Практика, 1998. – 459 с.
3. Голубев, А.Г. Является ли старение болезнью? Точка зрения биogerонтолога: старость \neq болезнь [Текст] / А.Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30. – № 6. – С. 845–847.
4. Москалёв, А.А. Является ли старение болезнью? Точка зрения генетика [Текст] / А.А. Москалёв // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 6. – С. 843–844.
5. Мякотных, В.С. Является ли старение болезнью? Точка зрения врача-гериатра [Текст] / В.С. Мякотных // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 6. – С. 848–850.
6. Новосёлов, В.М. Является ли старение болезнью? [Текст] / В.М. Новосёлов // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 6. – С. 836–840.
7. Анисимов, В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения: в 2 Т. [Текст] / В.Н. Анисимов – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Наука, 2008. – Т.1. – 481 с.
8. Голубев, А.Г. Проблемы обсуждения вопроса о возможности подходов к построению общей теории старения. II. Параметаболическая теория старения [Текст] / А.Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2009. – Т. 22. – № 2. – С. 184–192.
9. Голубев, А.Г. Амилоидозы, болезнь Альцгеймера и старение [Текст] / А.Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2000. – Вып. 4. – С. 102–112.
10. Голубев, А.Г. Проблемы обсуждения вопроса о возможности подходов к построению общей теории старения. I. Обобщенный закон Гомперца-Мэйкхема [Текст] / А.Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2009. – Т. 22. – № 1. – С. 60–73.
11. Голубев, А.Г. Почему мы стареем и как? – Один ответ на два вопроса [Текст] / А.Г. Голубев // Успехи геронтологии. – 2018. – Т. 31. – № 4. – С. 458–472.
12. Капризова, М.В. *Drosophila melanogaster* - модельный объект для исследования генетической безопасности лекарственных препаратов

13. Единственная полная и имеющая смысл теория химических основ старения [Текст] / Редакционный комментарий // Успехи геронтологии. – 2017. – Т. 30, № 3. – С. 320–322.

14. Рязанова, Л.А. Оценка различий параметров продолжительности жизни *Drosophila melanogaster* от наличия генетической и средовой вариабельности / Рязанова Л.А., Томчук Г.В., Нохрин Д.Ю. / Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы VII Международной научно-практической конференции. Челябинск: ЮУрГГПУ, 2018. – С. 32–37.

15. Томчук, Г.В. Продолжительность жизни некоторых линий *Drosophila melanogaster* / Рязанова Л.А., Томчук Г.В. / Новые импульсы развития: вопросы научных исследований: Материалы II Международной научно-практической конференции: сборник статей, [электронное издание сетевого распространения] / Под ред. Н.В. Емельянова. – Москва : “КДУ”, “Добросвет”, 2020. – 409 с.

15. Онлайн-приложение для анализа выживания (OASIS 2). – <https://sbi.postech.ac.kr/oasis2/introduction/>.

16. База данных генов и геномов дрозофилы (FlyBase). – <http://flybase.org/reports/FBgn0000527>.

17. База данных генов и геномов дрозофилы (FlyBase). – <http://flybase.org/reports/FBgn0003975>.

Приложения



Рисунок – Место содержания дрозофил



Рисунок – Юные геронтологи