

МАОУ «Лицей-инженерный центр» Советского района г. Казань
МБУДО «ЦДТ «Танкодром» Советского района г. Казань

Исследовательская работа:

**«Анализ поведенческих характеристик Danio Rerio
в трехмерном пространстве
с помощью технологии компьютерного зрения»**

Работу выполнила: Тарасова Эмилия,
ученица 9 класса

МАОУ «Лицей-инженерный центр»

Руководитель: Никитин Олег

Владимирович, к.г.н., доцент кафедры
прикладной экологии КФУ

Казань, 2020 г

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ СИСТЕМЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	5
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
2.1 Система биоэлектронной регистрации поведенческих характеристик.....	7
2.2 Тест-объект	11
2.3 Статистическая обработка.....	11
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
3.1 Параметры плавательной активности <i>Danio rerio</i> в двухмерном пространстве	12
3.3 Параметры плавательной активности <i>Danio rerio</i> в трехмерном пространстве	14
ВЫВОДЫ.....	17
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	18

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной проблемой обеспечения экологической безопасности поверхностных вод является поиск и разработка технологий, обеспечивающих возможность создания в акваториях с повышенной нагрузкой «систем раннего биологического предупреждения», предназначенных для оперативного выявления нештатных и чрезвычайных экологических ситуаций, как природного, так и антропогенного характера, представляющих опасность для экосистем и здоровья человека (техногенных аварий, катастроф, разливов нефти, несанкционированных залповых сбросов неочищенных сточных вод, загрязнения цианотоксинами и т.п.) (Холодкевич и др., 2015). В разработке систем раннего биологического предупреждения применяется принцип приборного биотестирования, когда тест-организмы (биосенсоры), служат оперативными сигнализаторами возникновения экологически опасного уровня загрязнения воды, а регистрация функциональных показателей организмов осуществляется в автоматическом режиме аппаратной частью системы без участия оператора (Системы и технологии..., 2012).

Подобный подход позволяет выявлять опасную ситуацию в том случае, когда традиционные методы физико-химического мониторинга могут давать сбои. Это связано с тем, что традиционные подходы ориентированы на определение регламентированного ограниченного перечня показателей. В случае появления в воде ингредиентов, не учитываемых при стандартном контроле, повышается уровень экологических рисков, что может привести к причинению вреда как здоровью человека, так и экосистемам. Подходы биологического мониторинга, основанные на интегральной оценке качества среды, могут зарегистрировать опасность на самых ранних этапах, для самого широкого перечня загрязняющих соединений, обеспечивая таким образом возможность оперативной реакции на сложившуюся ситуацию и как следствие – **обеспечивая экологическую безопасность поверхностных вод и понижая уровень экологического риска.**

Рыбы *Danio rerio* широко используются в качестве модельного тест-объекта для анализа и прогнозирования токсичности загрязняющих веществ в водных экосистемах, а также в качестве биосенсора в биоэлектронных системах регистрации качества воды. Данио-рерио обладают сложными поведенческими реакциями, которые не всегда можно корректно оценить при помощи простой визуальной регистрации (Rennekamp, Peterson, 2015).

Для решения этой проблемы всё чаще начинают использовать технологию компьютерного зрения, которая позволяет осуществлять оценку плавательной активности более точно, с описанием дополнительных поведенческих особенностей (скорость плавания, подвижность, угловые движения, продолжительность пребывания в определенной зоне).

Кроме того, использование компьютерного зрения позволяет производить непрерывные наблюдения в течение длительного времени.

В связи с чем, **цель** данной работы – оценить поведенческие характеристики *Danio rerio* в двух- и трехмерном пространстве при помощи технологии компьютерного зрения.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Оценить параметры плавательной активности рыб при помощи технологии компьютерного зрения.

2. Оценить возможность трёхмерного анализа плавательной активности рыб при помощи технологии компьютерного зрения.

Гипотеза: технология компьютерного зрения подходит для описания поведенческих характеристик *Danio rerio* как в двухмерном, так и в трехмерном пространстве.

Объект исследования: *Danio rerio* (Hamilton, 1822) – вид пресноводных рыб семейства карповых (Cyprinidae).

Предмет исследования: поведенческие характеристики рыб *Danio rerio*.

Исследования проводились в лабораторных условиях на кафедре прикладной экологии КФУ.

ГЛАВА 1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ СИСТЕМЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Система компьютерного зрения (*computer vision system*) – комплекс программно-технических средств, гарантирующий обработку данных, снимаемых на выходе оптико-электронными устройствами, например, цифровой, телевизионной фотокамерой или видеокамерой и выдачу полученных результатов в форме, пригодной для практического применения. Важной составляющей частью является подсистема оптического распознавания образов (Форсайт, Понс, 2004).

На современном этапе развития техники возможно сверхчувствительное определение наличия токсических веществ в воде посредством компьютеризированного анализа цифровых изображений (Baillieul, Scheunders, 1998; Kokkali, van Delft, 2014). Примером может служить прибор, разработанный компанией bbe Moldaenke (Германия), предназначенный для биомониторинга при помощи дафний. Прибор «DaphTox II» от bbe наблюдает за поведением дафний, в условиях постоянно поступающей воды. Данный прибор предназначен для точного определения концентрации ядовитых веществ в речной воде (защита источников воды), водопроводных сетях и оросительных системах, а также в канализационных системах производственных и промышленных учреждений в целях защиты здоровья человека и контроля качества воды (Nikitin, 2014).

В камеру сажают 5–20 тест-организмов *Daphnia magna*. Тестируемая вода (0,5–2 л/ч) постоянно поступает в измерительную камеру, содержащую дафний. Встроенный ПК проводит онлайн-анализ изменений в поведении дафний на базе изображений прямой передачи, полученных при помощи ПЗС-камеры. Заметные изменения в поведении дафний активизируют сигнализационную систему. Метод анализа изображений обеспечивает возможность применения различных методов измерения и тестов на вероятность в целях оценки поведения дафний на базе различных критериев. Индекс токсичности определяется посредством оценки таких величин, как, например, скорость и глубина движения дафний. К сожалению, каждая дафния не может быть обнаружена вследствие того, что прибор выдает средние значения по всем тестируемым объектам. «DaphTox II» активизирует сигнализационную систему только в случае единовременных нестандартных результатов оценки 2-х или более измеряемых величин в пределах определённого промежутка времени (*Daphnia toximeter...*, 2013).

Существенный недостаток данной системы – ее стоимость, которая в базовой комплектации составляет около 4,5 млн. руб. К недостаткам так же можно отнести

невозможность обработки пересечений дафний в пространстве при плавании, т.е. слежение за каждым в отдельности тест-организмом не осуществляется (Baea, Park, 2014).

Если количественную активность тест-организмов, стимулированную экспозицией к токсиканту, компенсировать медленным перемещением тест-организмов, то будет сложно обнаружить какие-то различия активности в среднем значении между нормальным и абнормальным поведением тестируемых организмов. Это может привести к отложенному запуску устройства. Мониторинг поведения индивидуального субъекта может дать более существенную ответную реакцию на поллютанты, а также более детализированную информацию о поведении тест-организмов (Jeon et al., 2008). По этой причине для подсчета количественной активности перемещающихся тест-организмов разработана многоканальная биологическая система биомониторинга, применяемая в сетке цифровых устройств «Grid Counter». Преимуществом данной системы является то, что одновременно в шесть различных боксов сажают по одной дафнии и начинают съемку. Таким образом, каждая дафния тестируется в отдельности и результаты эксперимента не усредняются (Jeon et al., 2008).

Использование рыб в качестве тест-объектов. В статье Ху с соавт. (2006) представлен алгоритм расчета активности нильской тиляпии (*Oreochromis niloticus*) в аквариуме с использованием камеры. Уровень активности характеризовался как позиционные координаты, средняя скорость, пройденные расстояния, треки и направления поворота для одной или двух рыб в контейнере.

Поведенческие параметры рыб отвечали на острые изменения в содержании растворенного кислорода, которое непрерывно контролировалось в ходе эксперимента: вначале снижали уровень растворенного кислорода, поддерживали гипоксическое состояние (три уровня: 1,5, 0,8 и 0,3 мг/л) и в последующем восстанавливали до нормы. Рыбы чувствительно реагировали на острые изменения. Они показали значимые изменения ($p < 0,05$) при гипоксическом состоянии (0,8 и 0,3 мг/л) по сравнению с нормой, но не было существенной разницы в условиях легкого гипоксического состояния (1,5 мг/л).

В коммерчески реализуемой системе «Fish Toximeter» (bbe Moldaenke, Германия) в проточном аквариуме (27 л, водообмен 50-150 л/ч) осуществляется наблюдение за плавательной активностью рыб (6-8 шт., размером 4-6 см), контролируются такие параметры как: средняя скорость, число активных рыб, их размер, положение рыб в аквариуме и некоторые другие (The Fish Toximeter, 2017). Регистрация ухудшения качества воды осуществляется довольно оперативно. Существенным недостатком является высокая стоимость системы «Fish Toximeter», которая в базовой комплектации составляет около 4,6 млн руб. Российские аналоги систем, использующих компьютерное зрение, для слежения за рыбами – отсутствуют.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Система биоэлектронной регистрации поведенческих характеристик

Ранее на кафедре прикладной экологии КФУ была разработана система для слежения за поведенческими характеристиками дафний (Никитин, Латыпова, 2014; Nikitin, 2014) и рыб (Никитин и др., 2018), однако конструктивные особенности систем не позволяли использовать их для слежения за рыбами в трехмерном пространстве, поэтому первоначальной задачей нашего исследования было выбрать необходимые компоненты системы и подобрать оптимальные параметры наблюдения: обеспечить оптимальное размещение системы видеофиксации, выбрать достаточный объем тестовой камеры – аквариума, разместить систему освещения с оптимальными характеристиками, обеспечить контрастность фона для корректного детектирования объектов.

При этом важным условием было сохранить максимальную компактность системы – вследствие чего была выполнена работа по компоновке элементов системы. В качестве тестовой камеры был выбран аквариум объемом 4 л и размерами 25×15×12 см. Указанные габариты являются достаточными для свободного плавания стаи данио и в то же время аквариум может поместиться в термостат. В качестве освещения выбрано светодиодное (Feron LS603 SMD2835) в положении сверху. Цветовая температура светодиодов (6500 К) позволяет получать однородный немерцающий спектр белого цвета.

При ведении наблюдения за рыбами в аквариуме, наблюдался эффект отражения данио от стенок, дна и поверхности воды, что виртуально увеличивало количество объектов. Для устранения этой проблемы в аквариум помещался четырехсторонний вкладыш-фон (дно+стенки) из белого матового пенополистирола. Отражение от поверхности, из-за невозможности закрыть вкладышем воду сверху, устранялось размещением камеры на возвышении перед аквариумом, для изменения угла обзора.

Также дополнительно потребовалось внесение изменений в программную часть системы, т.к. алгоритмы регистрации дафний и данио GloFish не подходили для корректной регистрации рыб: изменены параметры цветовой модели HSV для вычитания фона, заданы минимальные расстояния, необходимые для принятия решения о связывании координат в единый трек.

В рамках решения первой задачи нами использовался модифицированный прототип системы биологического мониторинга «TrackTox-Fish» (рисунок 2.1), предназначенной для непрерывного контроля качества воды по характеристикам поведения организмов-биосенсоров – рыб. Слежение за организмами осуществляется в режиме on-line при помощи технологии компьютерного зрения и специализированной программы.

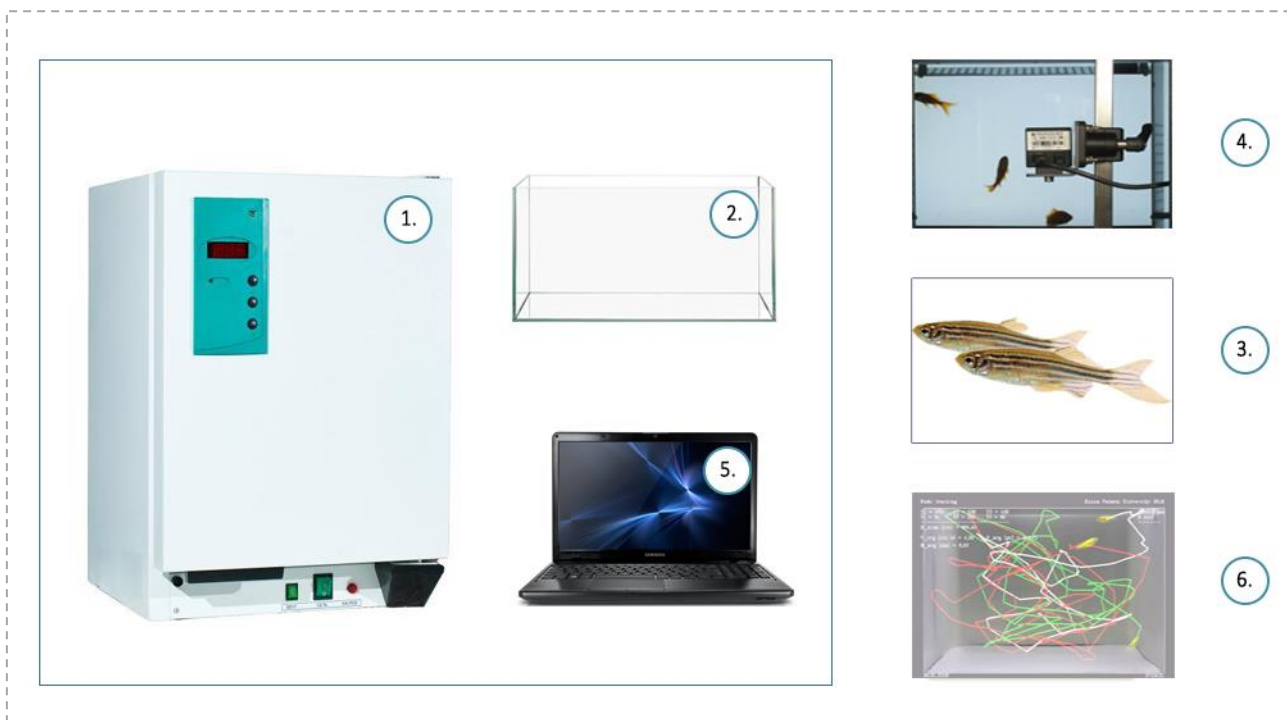


Рисунок 2.1 – Составные компоненты системы биоэлектронной регистрации поведенческих характеристик рыб «TrackTox-Fish»

Система состоит из климатической камеры (1), обеспечивающей стабильность термического и светового режимов, внутри которой помещен аквариум с анализируемой жидкостью (2) и рыбами данио-рерио (3). Наблюдение за тест-объектами производится непрерывно, при помощи установленной внутри видеокамеры (4). Поведение тест-организмов оценивается при помощи технологии компьютерного зрения внешней компьютерной станцией (5). Основная регистрируемая реакция – скорость плавания, дополнительно оценивается распределение рыб в аквариуме (текущие координаты, глубина плавания), а также определяется ориентация тела рыбы в пространстве (2 – рыба находится в горизонтальном положении, 1 – рыба находится в вертикальном положении). Поступающая информация автоматически обрабатывается, формируется оценка качества воды и визуализируется на экране (6). Алгоритм обработки видеосигнала приведен на рисунке 2.2.

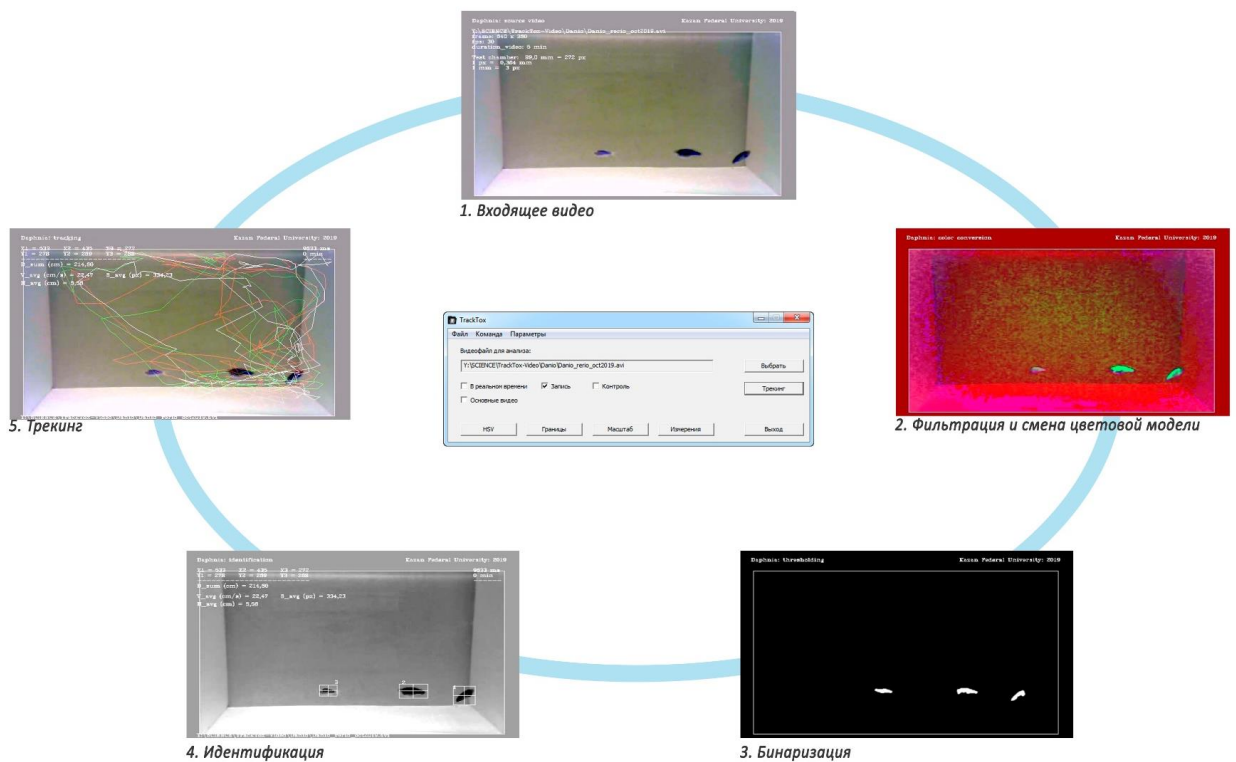


Рисунок 2.2 – Алгоритм обработки входящего видео программой «TraskTox»

Результатом работы системы является табличный файл (MS Excel), доступный для последующей статистической обработки. В табличном виде представлена следующая информация по каждой точке (объекту): текущая позиция в видеофайле; координаты тест-объекта; его ориентация в пространстве; последнее пройденное расстояние; общее пройденное расстояние; средняя длина сегмента пути; затраченное время на расстояние и скорость (рисунок 2.3). Программой предусмотрена возможность предварительной калибровки, для конвертации расстояний, выраженных в пикселях изображения, в сантиметры.

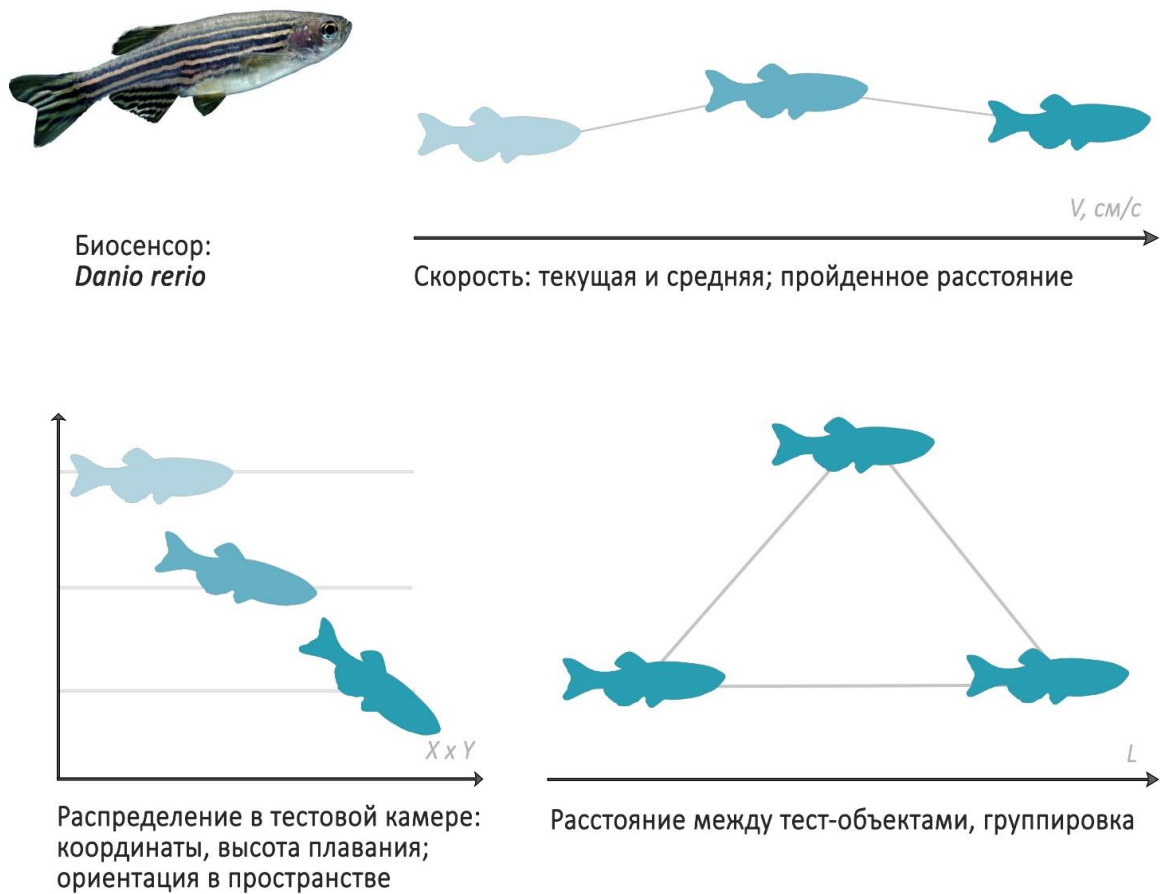


Рисунок 2.3 – Регистрируемые параметры плавательной активности рыб

Поведенческие реакции фиксировались в условиях, привычных для рыб (аквариумная вода, температура 25 ± 2 °C), продолжительность съемки составляла 30 минут для двухмерного анализа (4 повторности по 3 объекта) и 15 минут для трехмерного анализа (3 повторности по 1 объекту).

2.2 Тест-объект

В качестве объекта наблюдения были выбраны рыбы *Danio rerio* (семейство *Cyprinidae* – Карповые), один из наиболее часто используемых видов рыб в биомедицинских и экотоксикологических исследованиях (Rennekamp, Peterson, 2015).

Различные методы биотестирования с данио-рерио широко применяются для целей экологического контроля, как в России, так и за рубежом (ГОСТ 33774-2016; ISO 15088:2007).

2.3 Статистическая обработка

Статистическая обработка полученных данных производилась при помощи пакета программ STATISTICA 10.0 (StatSoft).

Оценка распределения рыб в пространстве дополнительно проводилась графическим способом при помощи пакета программ Origin 2017 (OriginLab Corporation).

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Параметры плавательной активности *Danio rerio* в двухмерном пространстве

Параметры плавательной активности регистрировались в аквариуме с 4 литрами аквариумной воды для трех рыб в четырехкратной повторности. Проведенные наблюдения позволили получить характеристики плавания рыб в обычных условиях (рисунки 3.1–3.2).

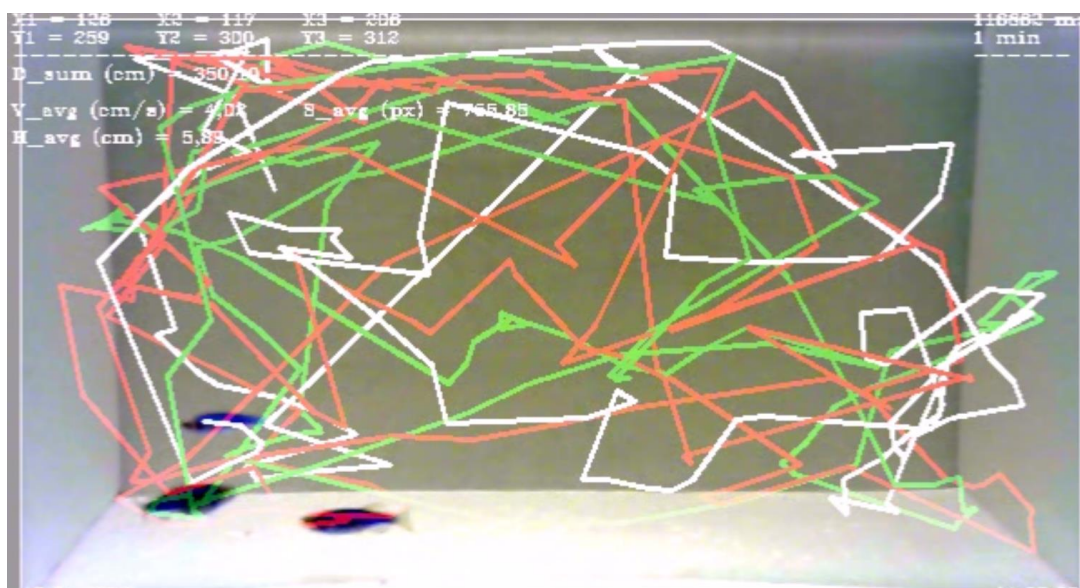


Рисунок 3.1 – Визуализация плавательной активности рыб *Danio rerio* за 1 минуту

Медианная скорость плавания рыб находилась в диапазоне 1,8–2,3 см/с (рисунок 3.3), не сильно различаясь между вариантами наблюдений (без наличия статистически значимых различий). Плавание рыб в аквариуме отличалось однородностью и однотипностью движений – рыбы перемещались из одной части аквариума в другую, не отдавая предпочтения какой-либо области, основную часть времени держась в середине и нижней трети аквариума (медиана глубины плавания находилась в пределах 2,7–5,2 см; рисунок 3.4). В контрольных условиях данио преимущественно находились (среднее значение показателя ориентации – 1,8–1,9).

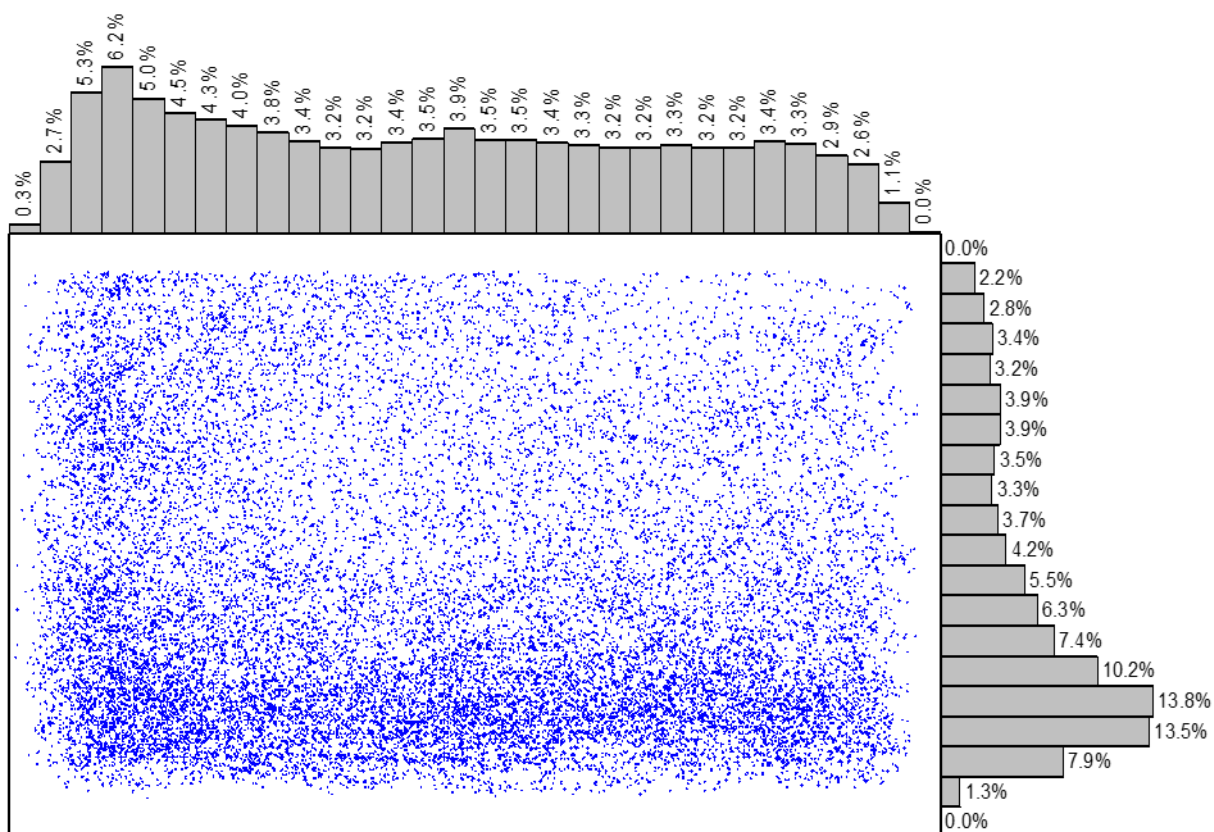


Рисунок 3.2 – Распределение рыб в аквариуме в процессе наблюдения (единичная точка – зафиксированные координаты объекта в единицу времени)

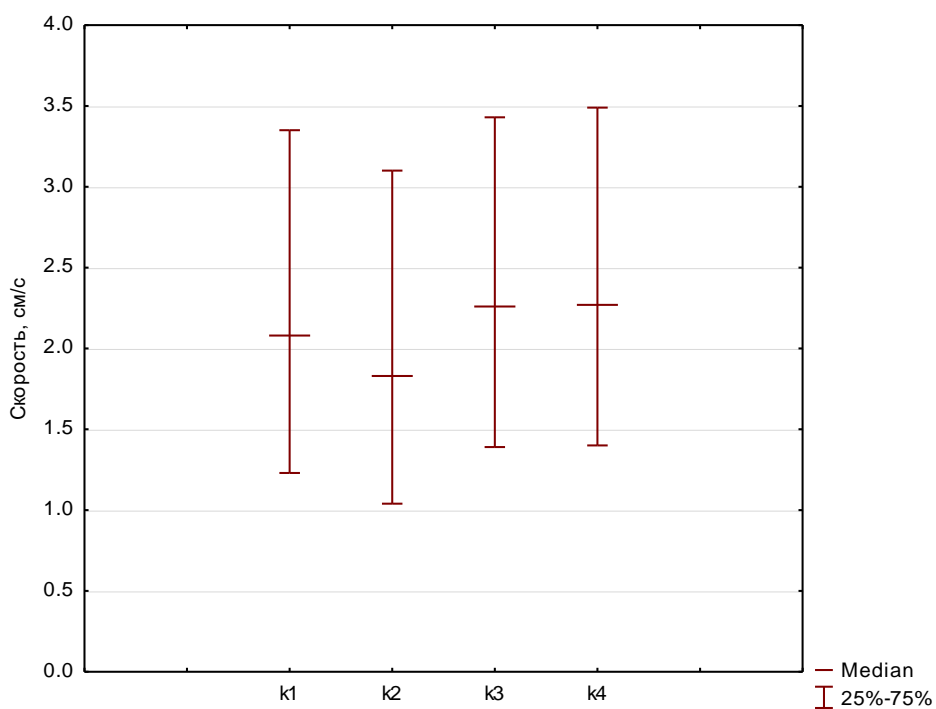


Рисунок 3.3 – Распределение скоростей плавания данио (k1–k4 – повторности наблюдений)

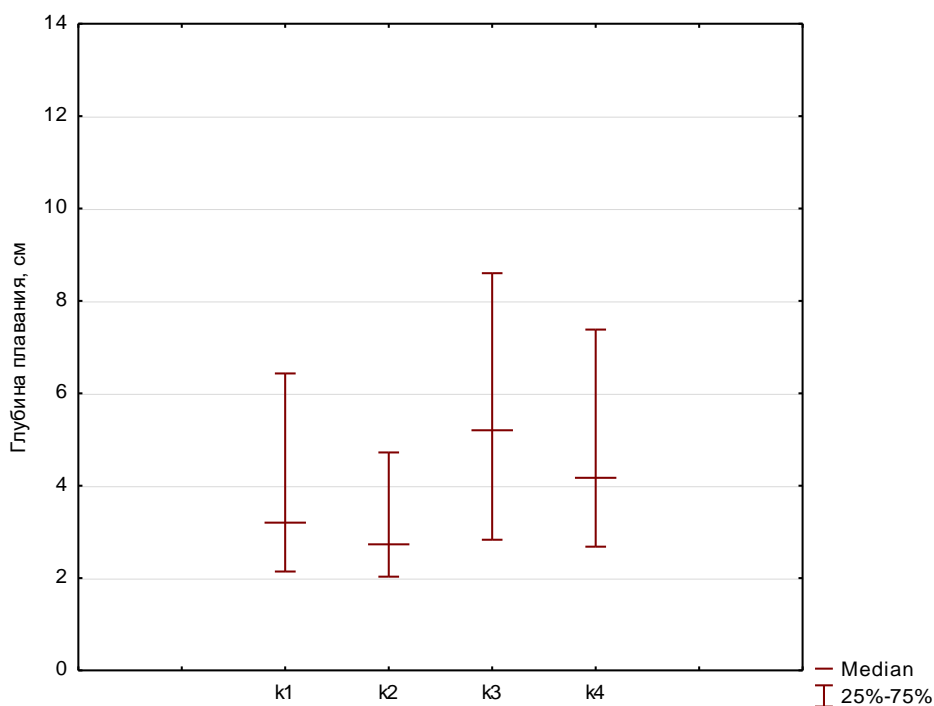


Рисунок 3.4 – Распределение глубин плавания данио (k1–k4 – повторности наблюдений)

3.3 Параметры плавательной активности *Danio rerio* в трехмерном пространстве

Несмотря на то, что двухмерный анализ кажется вполне подходящим для оценки поведения рыб, можно заметить, что этого недостаточно. Для точного описания их поведения. Рыбы данио, как и другие высокоорганизованные животные, свободно перемещаются в трехмерном пространстве, формируя сложные варианты поведения. В литературе описаны почти 200 различных характеристик поведения *Danio rerio* (Kalueff, 2017), для описания многих из них требуется трехмерный анализ данных.

Для их описания потребовалась модификация имеющейся системы наблюдения «TrackTox-Fish», с размещением дополнительной камеры слежения, для регистрации плавательного поведения рыб сверху (рисунок 3.5).

Это позволило фиксировать трехмерные координаты объектов и учитывать более сложные конфигурации поведения данио-рерио.

Можно отметить, что скорости плавания рыб при наблюдении сверху и сбоку практически не различались, и составляли 3,6 и 3,7 см/с соответственно (рисунок 3.6). Однако, в обоих случаях наблюдения отмечались ситуации, когда слежение за объектом прерывалось (из-за невозможности программой распознать объект). Использование двух камер позволяло следить за рыбами и получать информацию и в этих случаях.

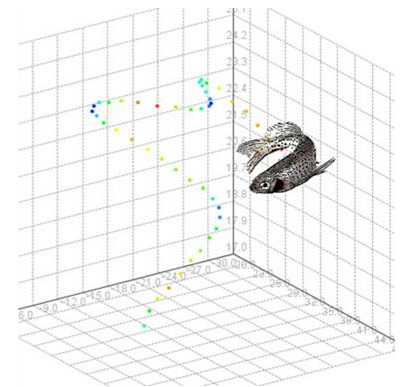
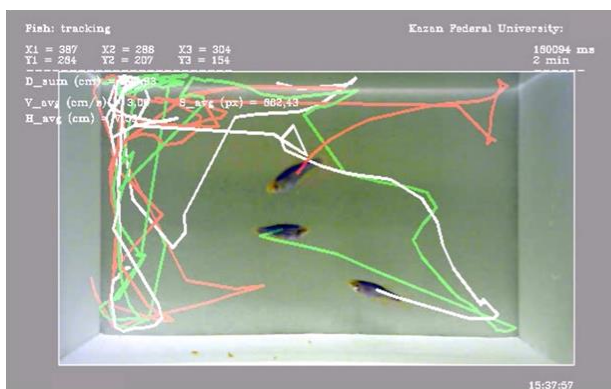
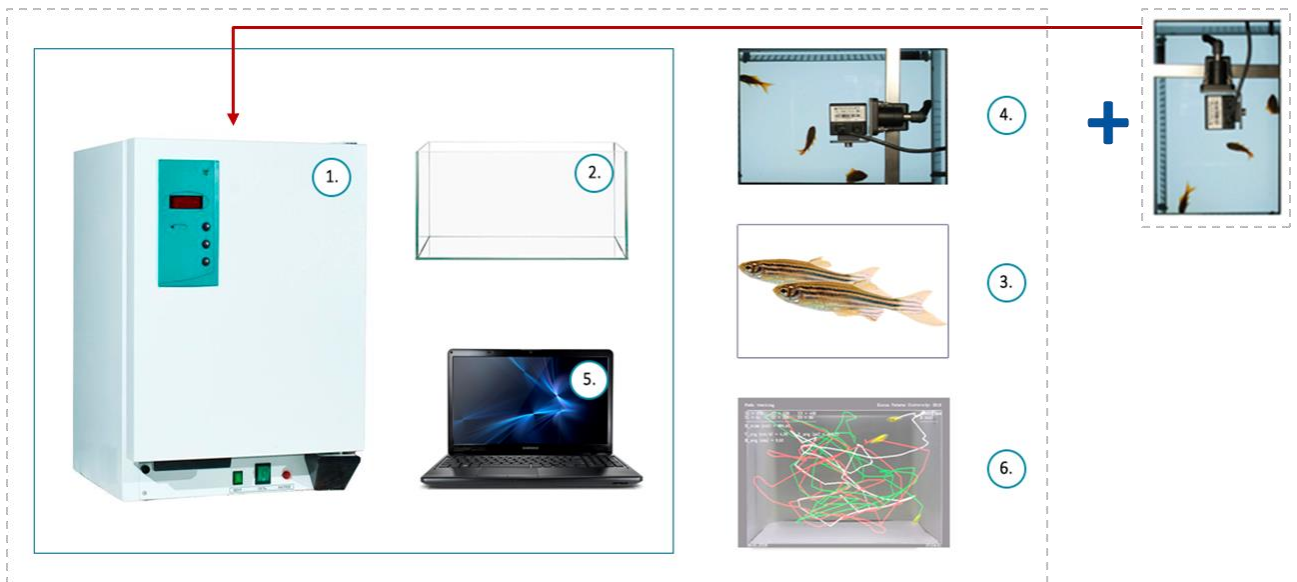


Рисунок 3.5 – Модификация «TrackTox-Fish» для наблюдения за рыбами в трехмерном пространстве

Для слияния отдельных двумерных координатных систем в единую трехмерную структуру предлагается объединение по оси «X» с совмещением по временной шкале. В случае пропусков наблюдений, осуществлять совмещение по ближайшим временным точкам.

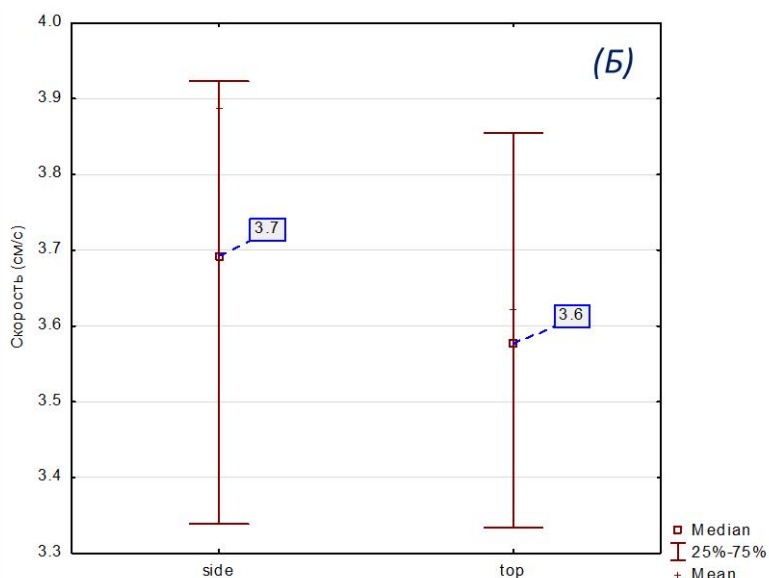
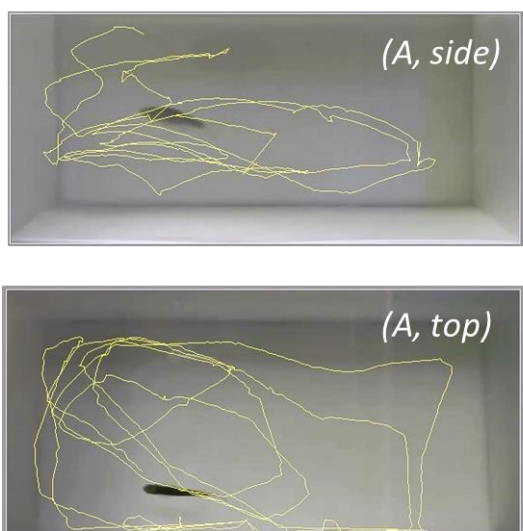


Рисунок 3.6 – Визуализация плавательной активности *Danio rerio* (А) и параметры плавательной активности (средняя скорость \pm ошибка среднего) при регистрации сбоку (side) и сверху (top) у одной и той же рыбы за одно и то же время

Разработанная система по наблюдению за плавательной активностью рыб в трехмерном пространстве не имеет аналогов в России.

Возможные области применения: производственный экологический контроль, экологический мониторинг, оценка экологического риска, контроль качества воды на водозаборах и очистных сооружениях, контроль качества воды в рыбоводных хозяйствах, токсикологические исследования объектов окружающей среды, оценка безопасности веществ и материалов, научные исследования, образовательная деятельность.

ВЫВОДЫ

1. Технология компьютерного зрения хорошо подходит для описания параметров плавательной активности рыб данио-рерио. Плавание рыб в аквариуме характеризовалось однородностью и однотипностью движений. Глубина плавания находилась в пределах 2,7-5,2 см от дна. Скорость плавания рыб находилась в диапазоне 1,8-2,3 см/с, не сильно различаясь между вариантами наблюдений. Отмечен характерный стайный вариант поведения рыб: во время плавания данио преимущественно держатся группой.

2. Выполнена модификация системы наблюдения «TrackTox-Fish» для трёхмерного анализа поведения рыб путем размещения дополнительной камеры слежения в верхней части аквариума. Она позволяет фиксировать трехмерные координаты объектов и учитывать более сложные конфигурации поведения данио-рерио. Скорости плавания рыб при наблюдении сверху и сбоку практически не различались, и составляли 3,6 и 3,7 см/с соответственно.

Таким образом, наша гипотеза о том, что технология компьютерного зрения подходит для описания поведенческих характеристик *Danio rerio* как в двухмерном, так и в трехмерном пространстве, нашла свое подтверждение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 33774-2016. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Острая токсичность для эмбрионов рыбы. – М.: Стандартиформ, 2016. – 25 с.
2. Никитин О.В., Гребенщикова Д.Д., Белов А.О., Насырова Э.И., Латыпова В.З. Система биоэлектронной регистрации качества воды на основе поведенческих характеристик рыб // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Материалы XVI Всерос. научно-практической конф. с межд. участием. – Киров: ВятГУ, 2018. – С. 87-92.
3. Никитин О.В., Латыпова В.З. Определение токсичности водной среды по поведенческой активности *Daphnia magna* при помощи системы компьютерного зрения «TrackTox» // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы V Всероссийской конференции по водной экотоксикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, с приглашением специалистов из стран ближнего зарубежья; Современные методы исследования состояния поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки: материалы школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов. (Борок, 28 октября – 1 ноября 2014 г.). В двух томах. Том 2. – Ярославль: Филигрань, 2014. – С. 100-105.
4. Системы и технологии раннего биологического оповещения общей токсичности воды / ООО НИЦ «Экоконтур» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ecosontour.ru/produkcija_2, 2012.
5. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – С. 733-749.
6. Холодкевич С.В., Шаров А.Н., Кузнецова Т.В. Перспективы и проблемы использования биоэлектронных систем в мониторинге состояния экологической безопасности акваторий финского залива // Региональная экология. – 2015. – № 1 (36). – С. 66-76.
7. Bae M., Park Y. Biological early warning system on the response of aquatic organisms to disturbances: a review // Science of Total Environment. – 2014. – Vol. 466-467. – P. 635-649.
8. Baillieul M., Scheunders P. On-line determination of the velocity of simultaneously moving organisms by image analysis for the detection of sublethal toxicity // Water Research. – 1998. – 32(4). – P. 1027-1034.
9. Daphnia toximeter / DaphTox II – Biomonitoring using Daphnia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bbe-moldaenke.de/toxicity/daphniatoximeter>, 2013.
10. ISO 15088:2007. Water quality — Determination of the acute toxicity of waste water to zebrafish eggs (*Danio rerio*). – ISO, 2007.

11. Jeon J., Kim J.H., Lee B.C., Kim S.D. Development of a new biomonitoring method to detect the abnormal activity of *Daphnia magna* using automated Grid Counter device // *Science of The Total Environment*. – 2008. – Vol. 389. – P. 545-556.
12. Kalueff A.V. Illustrated zebrafish neurobehavioral glossary // *The rights and wrongs of zebrafish: Behavioral phenotyping of zebrafish*. – Switzerland: Springer, 2017. – P. 291-317 P.
13. Kokkali V., van Delft W. Overview of commercially available bioassays for assessing chemical toxicity in aqueous samples // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2014. – Vol.61. – P. 133-155.
14. Nikitin O. Aqueous medium toxicity assessment by *Daphnia magna* swimming activity change // *Advances in Environmental Biology*. – 2014. – Vol. 8(13). – P. 74-78.
15. Rennekamp A.J., Peterson R.T. 15 years of zebrafish chemical screening // *Current Opinion in Chemical Biology*. – Vol. 24. – 2015. – P. 58-70.
16. The Fish Toximeter. Continuous video analysis of fish behaviour for toxicity detection. – Schwentinental: bbe moldaenke, 2017. – 2 p.
17. Xu J., Liu Y., Cui S., Miao X. Behavioral responses of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute fluctuations in dissolved oxygen levels as monitored by computer vision // *Aquacultural Engineering*. – 2006. – Vol. 35(3). – P. 207-217.

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.Структура

Автор работы	Тарасова Эмилия
Подразделение	ИнЭП
Тип работы	Не указано
Название работы	Тарасова Эмилия - 9 класс, 2020 (PT)
Название файла	Тарасова Эмилия - 9 класс, 2020 (PT-2).docx
Процент заимствования	5.73 %
Процент цитирования	12.85 %
Процент оригинальности	81.42 %
Дата проверки	23:40:58 10 января 2020г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по Wiley (RuEn); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Модуль поиска Интернет; Модуль поиска "КПФУ"; Коллекция Медицина; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска
Работу проверил	Никитин Олег Владимирович ФИО проверяющего
Дата подписи	<input type="text"/> <input type="text"/> Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.