



Рисунок 2 – Объем изъятия воды из природных источников на душу населения, м<sup>3</sup>

Данный факт можно объяснить ростом в указанный период (с 2017 г.) объемов использования воды на нужды сельского хозяйства (в 1,05 раза), рыбоводства (в 1,11-1,39 раза), промышленности (в 1,08-1,2 раза). Однако, на территории области отмечается также рост использования воды и на хозяйственно-питьевые нужды (в 1,03-1,06 раза), несмотря на снижение численности населения.

**Заключение.** Для территории Гомельской области за последние 20 лет, в целом, характерно снижение объемов изъятия воды как из поверхностных, так и из подземных источников. В общих объемах добычи возрастает доля подземных вод. Начиная с 2017 г. отмечается тенденция к росту изъятия объемов природных вод в расчете на одного жителя на общем фоне снижения численности населения области. В этот же период возросли объемы использования воды на нужды сельского хозяйства, рыбоводства, промышленности и хозяйственно-питьевого водоснабжения.

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: статистический справочник. – Минск, 2021. – 203 с.
2. Гомельская область в цифрах, 2021: статистический справочник. – Минск, 2021. – 84 с.
3. Государственный водный кадастр. Информационная система. Раздел «Статотчетность водопользователей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://178.172.161.32:8081/watstat/data/>. – Дата доступа: 10.09.2021.

## ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ С ЦЕЛЬЮ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СТАДИЙ РОСТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**Казак А.В.,**

студентка 3-го курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь  
 Научный руководитель – **Торбенко А.Б.,** старший преподаватель

Ключевые слова. Вегетационный индекс, мультиспектральная камера, мониторинг, сельскохозяйственная культура, БПЛА (беспилотный летательный аппарат).

Keywords. Vegetation index, multispectral camera, monitoring, agriculture, UAV (unmanned aircraft).

В настоящее время важным аспектом развития сельского хозяйства является внедрение методов ДЗЗ и беспилотных летательных аппаратов в процессы мониторинга и обработки сельскохозяйственных территорий. В рамках развития технологий точного земледелия возникает необходимость точно определять состояние посевов на каждом

конкретном участке и отслеживать их развитие на всех стадиях роста с целью использования в ходе агротехнических мероприятий алгоритмов дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений. Основой получения такой информации являются разнообразные вегетационные индексы, которые вычисляются исходя из данных, полученных во время спутниковой и аэрофотосъемки территорий мультиспектральными камерами. Целью настоящего исследования было определение перечня индексов, необходимых для выполнения анализа состояния посевов на всех стадиях развития растений

**Материал и методы.** Дроны с мультиспектральными камерами имеют особое значение для мониторинга посевов, так как на основе снимков беспилотников можно получать полную картину развития растения на каждой стадии роста вне зависимости от погодных условий, в то время как периодичность получения спутниковой информации может быть нарушена в связи с высокой облачностью. Мультиспектральная камера способна проводить съемку в нескольких каналах: красный край, в котором наиболее заметен хлорофилл; ближний инфракрасный, обладающий тем же свойством; зеленый отвечает за визуализацию вегетативной активности растений и процесса старения, что важно при созревании; красный используется для анализа состояния почв и визуализирует рукотворные объекты; синий отображает водные объекты, позволяет изучать дно водоемов; видимое излучение для съемки стандартных RGB-фотографий. Все эти характеристики важны при вычислении вегетационных индексов.

Летом 2021 года на землях хозяйств ООО «Сущево-Агро» и КУСХП «Экспериментальная база «Тулово» по заказу ООО «Интеллектуальные системы земледелия» стартовала экспериментальная программа по беспилотному мультиспектральному мониторингу с использованием комплекса Phantom4Multispectral. Объектом исследований избраны сельскохозяйственные угодья, отведенные под посевы озимых рапса, сурепицы и зерновых общей площадью 470 га. К настоящему моменту съемки проводились на стадии предшественника, предпосевной обработки и всходов. Материалы обрабатывались с использованием программного обеспечения DJI и геоинформационной платформы QGIS. Обработка включает в себя сшивку исходных файлов, построение карты высот, построение карт индексов NDVI, NDRE, GNDVI, LCI, OSAVI в наиболее высоком из доступных разрешений. Выходное разрешение данных аэрофотосъемки варьирует от 5 до 15 см/пикс в зависимости от степени перекрытия снимков в разных участках карты.

**Результаты и их обсуждение.** Нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) указывает относительный объем биомассы зеленых растений, состояние их здоровья и развития. На снимках можно без труда определить пораженные участки, что позволяет незамедлительно начать мероприятия по устранению проблем.

Программное обеспечение, работающее с дроном P4\_Multispectral, также вычисляет и визуализирует другие индексы:

GNDVI (зеленый нормализованный относительный индекс растительности) – использует зеленый канал вместо красного, с его помощью определяется фотосинтетическая активность и уровень влаги, также он позволяет находить растения других видов (сорняки).

LCI (индекс цвета почвы) – направлен на оценку плодородности почвенного покрова.

NDRE (нормализованный разностный индекс красного края) – оценивает активность фотосинтеза, тем самым определяя концентрацию азота в листьях старых и пораженных посевов.

OSAVI (индекс растительности с оптимизированным учетом почвы) – исследования молодой разреженной растительности с учетом влияния почвы.

Отслеживание этих индексов важно на каждой стадии роста сельхозкультур. При подготовке к посевной кампании составляются карты LCI, что позволяет, учитывая характеристики состояния почвенного покрова дифференцировать предпосевное внесение удобрений. На ранних и средних стадиях роста на основе расчета NDVI, GNDVI и OSAVI анализируют степень развития посевов, уровень полива, обнаруживают

пораженные участки на ранних стадиях. При подготовке к сбору урожая с использованием сопряженного анализа индексов NDVI и NDRE возможно определение оптимальных дат уборки урожая, что позволяет избежать потерь при перезревании сельскохозяйственных культур.

**Заключение.** Вычисление вегетационных индексов играет важнейшую роль в определении состояния почв, процессов развития и общей тенденции роста сельскохозяйственных культур. Внедрение беспилотных технологий и вегетационных индексов – большой шаг в развитии сельского хозяйства, повышении качества и объемов продукции. Отслеживание состояния посевов позволяет выстроить четкую систему мониторинга посевов и создать современную схему работы с растениями.

## ОПЫТ УЧАСТИЯ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОНКУРСАХ ПО ТЕМЕ «ЛЕГОЧНЫЕ ПРЕСНОВОДНЫЕ МОЛЛЮСКИ КАК МОДЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗМЫ ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ»

**Кацнельсон Е.И., Фомичёва Н.С.,**

преподаватели кафедры химии и естественнонаучного образования  
ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

Научные руководители – **О.М. Балаева-Тихомирова**, канд. биол. наук, доцент;

**Толкачёва Т.А.**, канд. биол. наук, доцент

Ключевые слова. Опыт участия, форум, проект.

Keywords. Experience of participation, project.

Работа посвящена обоснованию использования чистой лабораторной культуры двух видов легочных пресноводных моллюсков (прудовик обыкновенный и катушка роговая) как модельных организмов для биотестирования.

Цель работы: обосновать возможность использования легочных пресноводных моллюсков для биотестирования.

**Материал и методы.** Объектами исследования являлись два вида пресноводных моллюска *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis*.

В настоящее время прудовик обыкновенный уже признан модельным организмом для исследования действия водорастворимых химических агентов в ЕЭС в 2010 году. В Республике Беларусь прудовик обыкновенный используется в экологических исследованиях и для оценки состояния окружающей среды. *Lymnaea stagnalis* удовлетворяет современным этическим представлениям и нормам, ограничивающим область применения высших животных в экспериментальных исследованиях. *Planorbarius corneus* в мировой практике используется меньше, чем *Lymnaea stagnalis* в связи тем, что данный вид обитает в пресных водоёмах Европы и Центральной Азии. Но *Pl. corneus* является близкородственным видом с *L. stagnalis*, и согласно стандартам GMP исследования должны проводиться на двух видах организмов для получения достоверных результатов. Поэтому есть основание использовать одновременно два вида моллюсков – прудовика обыкновенного и катушку роговую в качестве модельных тест-организмов при биотестировании.

**Результаты и их обсуждение.** Использование лабораторной культуры моллюсков является экономически более выгодно по сравнению с позвоночными лабораторными животными, так как уменьшается более чем в 10 раз экономические затраты на содержание тест-объектов.

Проведены исследования, доказывающие экономическую выгоду использования пресноводных легочных моллюсков для экологических и фармакологических исследований. Результаты исследований опубликованы. Планируется начать внедрение лабораторной культуры моллюсков вместо позвоночных животных.

На моллюсках проведены испытания влияния факторов физической природы (высокие и низкие температуры, радиация) и химической природы (растворы солей тяжелых