



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

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ, БИОЛОГИИ И ХИМИИ

Возможности использования смартфонов в проектной деятельности
по химии

Выпускная квалификационная работа по направлению
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность программы бакалавриата
«Биология. Химия»
Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:
93,97 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«15» 05 2026 г.

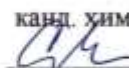
И.о. зав. кафедрой географии, биологии и
химии

(наименование кафедры)

 Малаев А.В.

Выполнил:
Студент группы ОФ-523/068-5-1
Кузнецов Павел Алексеевич



Научный руководитель:
профессор, д-р биол. наук,
канд. хим. наук,
 Левина Сима Гершиевна

Челябинск

2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМАРТФОНОВ В ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	8
1.1. Проектная деятельность в естественно-научном образовании .	8
1.2. Цифровизация образования и потенциал мобильных технологий в обучении	12
1.3. Смартфон как универсальный инструмент для исследований.	19
Выводы по первой главе	24
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СМАРТФОНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ИЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.	26
2.1. Обзор и классификация мобильных приложений для исследований.....	26
2.2. Использование встроенных и внешних сенсоров смартфона для сбора количественных данных	29
2.3. Обработка, анализ и визуализация экспериментальных данных в проектной деятельности.....	32
Выводы по второй главе	38
ГЛАВА 3. ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СМАРТФОНА В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ХИМИИ	40
3.1. Модель и алгоритмы организации учебных проектов химико- экологической направленности мобильными инструментами	40
3.2 Динамика академической мотивации обучающихся	48

3.3 Сформированность экспериментальных навыков и компетентности использования смартфона	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	58
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Применяемые алгоритмы в работе.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Используемая анкета для исследования умения использования смартфона и академической мотивации обучающихся.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Пример задачи для диагностики сформированности экспериментальных умений.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Анкета для оценки освоения химико экспериментальных умений работы с приборами, используя возможности смартфона	70

ВВЕДЕНИЕ

В контексте реализации «Стратегии научно-технологического развития РФ», обновленных ФГОС и ФОП перед школой стоит задача формирования у обучающихся не только предметных знаний, но и функциональной грамотности, в частности естественно-научной [3; 35].

Элементы химии окружающей среды, изучаемые в школе в соответствии с ФОП, предоставляют уникальную возможность связать теоретические знания с решением практических, социально-значимых проблем, таких как оценка качества воды или почвы в определенной местности [5; 29]. Однако, традиционное проведение соответствующих практикумов часто ограничено недостатком дорогостоящего оборудования и реагентов, что не позволяет использовать возможности школьных проектов в полном объеме и снижает исследовательскую активность обучающихся [44; 47].

Параллельно с этим, современная образовательная реальность характеризуется двумя ключевыми тенденциями: активной цифровизацией образования и повсеместной распространенностью смартфонов среди школьников. Зачастую эти устройства воспринимаются как источник отвлечения внимания, однако их дидактический потенциал, особенно в рамках проектной и исследовательской деятельности, остается недооцененным. Таким образом, возникает педагогическая потребность в превращении личного устройства ученика из «игрушки» в инструмент познания, позволяющий проводить доступные, мобильные и наглядные междисциплинарные эксперименты в рамках внеурочной деятельности. Данное исследование актуально для поиска эффективных путей интеграции технологий «цифровой реальности» в школьный образовательный процесс для повышения мотивации и развития исследовательских и компетенций обучающихся при выполнении школьных проектов [7; 8; 12].

В контексте естественно-научного образования и прикладных экологических исследований возникает противоречие между высокой стоимостью, стационарностью традиционного аналитического оборудования и потребностью в быстрых, мобильных и доступных методах анализа, особенно в условиях полевых исследований, а также школьных или вузовских лабораторий с ограниченными ресурсами [45; 48].

Современный смартфон, представляющий собой комплекс высокотехнологичных устройств (спектрофотометр на основе камеры, датчики освещенности, GPS-модуль), в сочетании со специализированным программным обеспечением, обладает значительным, но не до конца реализованным потенциалом для использования в качестве портативной измерительной и аналитической станции [18; 46].

Гипотеза исследования: использование смартфона в проектной деятельности при изучении объектов окружающей среды позволит упростить и повысить мобильность химического анализа, а также повысит эффективность усвоения учебного материала и сформированность проектно-исследовательских умений у обучающихся.

Цель работы: использование современных мобильных инструментов в образовательном процессе для повышения учебной мотивации и освоения специальных химико-экспериментальных навыков по изучению объектов окружающей среды.

Задачи исследования:

1. Изучить информационные ресурсы об использовании мобильных инструментов в образовательной практике.
2. Разработать алгоритмы использования смартфона на разных этапах выполнения исследовательского проекта по изучению объектов окружающей среды.
3. Провести педагогический эксперимент по использованию смартфона при выполнении проектов химико-экологической

направленности и оценить динамику учебной мотивации и освоения экспериментальных навыков при использовании мобильных инструментов.

Объект исследования: проектная деятельность обучающихся в области естественно-научных дисциплин (на примере изучения объектов окружающей среды).

Предмет исследования: методика использования смартфона как инструмента для сбора, обработки и анализа данных в проектной деятельности при изучении объектов окружающей среды.

База исследования: исследование проводилось на базе «МБОУ СОШ №121 г. Челябинска», в нем приняли участие 14 обучающихся 9 и 10 класса химико-биологической направленности.

Методы, используемые для решения поставленных задач и проверки выдвинутой гипотезы:

- 1) теоретические: анализ педагогической, методической и химической литературы; анализ мобильных приложений;
- 2) эмпирические: наблюдение, беседа;
- 3) педагогический эксперимент.

База исследования: МБОУ «СОШ № 121 г. Челябинска».

Этапы работы. Первичный, заключающийся в подборе и анализе научной, педагогической и методической литературы по проблеме интеграции мобильных технологий в естественно–научное образование, изучении нормативно-правовой базы использования цифровых устройств в школе, а также в систематизации программных и аппаратных возможностей смартфона для проведения химико-экологического мониторинга.

Основной, на котором была разработана и апробирована трёхэтапная организационно-методическая модель проектной деятельности, организован педагогический эксперимент на базе МБОУ «СОШ №121 г. Челябинска», реализован цикл учебных проектов с использованием мобильных приложений и отечественных цифровых платформ, осуществлён количественный и качественный анализ динамики

академической мотивации, компетентности использования смартфона и сформированности экспериментальных умений.

Заключительный, на котором были систематизированы результаты педагогического эксперимента, проведена оценка педагогической эффективности разработанной методики, сформулированы выводы, подтверждающие гипотезу исследования, и определены перспективы дальнейшего внедрения мобильных инструментов в практику естественно–научного образования.

Апробация результатов: проводилась через публикацию статей и участия на конференциях различного уровня:

1. XII Международная научно-практическая конференция «Морские исследования и образование (MARESEDU-2023)» г. Москва, 23-28 октября 2023 г.;

2. Сборник VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Тьюторское сопровождение в системе общего, дополнительного и профессионального образования» г. Челябинск 15-25 февраля 2024 г.;;

3. Международный конкурс научных, методических, творческих работ «Знание. Инновации, Приоритеты» 20 июня 2024 г. г. Киров;

4. III Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы Биологии. Химии, Географии и Технологии»» 20 ноября 2024г. секция 3. Химия окружающей среды (Экологическая химия);

5. Сборник XIII Всероссийской научно-методической конференции, посвященной памяти доктора педагогических наук, профессора кафедры физики и методики обучения физике РУМБЕШТА ЕЛЕНЫ АНАТОЛЬЕВНЫ г. Томск, 31 октября 2025 г.;

6. IV Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы Биологии. Химии, Географии и Технологии»» 19 ноября 2025г. секция 3. Химия окружающей среды (Экологическая химия).

7. Университетский конкурс ЮУрГГПУ «Педагогический дебют – 2026». Февраль – Май 2026 г.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМАРТФОНОВ В ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1.1. Проектная деятельность в естественно-научном образовании

В контексте реализации Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) и Федеральных образовательных программ (ФОП) проектная деятельность перестала быть факультативным элементом и превратилась в обязательный компонент современного образовательного процесса, выступая эффективным инструментом формирования универсальных учебных действий (УУД). В рамках естественно–научного образования, и, в частности, курса химии, проектная деятельность представляет собой педагогическую технологию, ориентированную не на простое усвоение готовых знаний, а на самостоятельное приобретение и применение этих знаний учащимися для решения практических, личностно–значимых и социально-актуальных проблем [9; 29; 30].

Сущность и дидактические цели проектной деятельности в естественно-научном образовании заключаются в следующем:

1. Формирование целостной научной картины мира: проекты естественно-научной направленности позволяют интегрировать знания из различных дисциплин – химии, биологии, экологии, географии, физики, что способствует преодолению предметной разобщенности [11].

2. Развитие исследовательских компетенций: обучающиеся осваивают полный цикл научного исследования: от постановки проблемы и формулирования гипотезы до проведения эксперимента, анализа данных, формулирования выводов и представления результатов [36].

3. Реализация практико-ориентированного характера обучения: естественно-научные проекты часто направлены на решение конкретных экологических задач (например, оценка качества воды в местном водоеме,

анализ почвы на пришкольном участке, мониторинг атмосферного воздуха), что усиливает мотивацию и демонстрирует обучающимся реальную значимость научных знаний [5; 35].

4. Формирование критического мышления и навыков работы с информацией: В процессе работы над проектом школьники учатся критически оценивать достоверность источников, отбирать и систематизировать информацию, отличать научные факты от мнений [46; 26].

Важно отметить, что в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (статья 28, пункт 2) образовательные организации несут ответственность за жизнь и здоровье учащихся, а также за создание безопасных условий обучения. На основании этого федерального закона были разработаны и введены в действие Санитарные правила СП 2.4.3648-20, которые прямо запрещают использование мобильных средств связи в учебных целях во время занятий [25; 30].

Однако, этот запрет не отменяет значительного образовательного потенциала смартфонов, который может быть реализован в иных форматах. Согласно тому же Федеральному закону № 273-ФЗ (статья 2), образование подразделяется на урочную и внеурочную деятельность. Именно внеурочная деятельность, а также проектная и исследовательская работа (которая часто выходит за рамки стандартного урока) являются правомерной и перспективной сферой для применения смартфонов в образовательных целях [15; 39].

В этом контексте смартфон трансформируется из средства развлечения в мощный инструмент для познания, позволяя реализовать требования ФГОС к формированию цифровой грамотности обучающихся. В данном контексте смартфон может выступать в качестве:

– инструмента для сбора данных – использование камеры для фиксации экспериментов, микрофона для записи шума, датчиков для измерения освещенности;

– портативной лаборатории – применение специализированных приложений и адаптеров для проведения химических анализов и измерений;

– средства обработки и визуализации информации – использование программ для построения графиков, обработки изображений, создания отчетов и презентаций.

– платформы для коммуникации и коллаборации – организация совместной работы над проектом в мессенджерах и облачных сервисах.

Таким образом, существующие ограничения не отрицают дидактической ценности смартфонов, а лишь задают четкие и целесообразные рамки для их применения, перенося акцент с использования на уроке на использование для обучения в рамках проектной деятельности, что позволяет раскрыть их потенциал максимально эффективно и безопасно [1; 10; 18; 35].

Классификация проектов в естественно-научном образовании может быть проведена по различным основаниям:

1. По доминирующему методу или деятельности:

– исследовательские проекты – наиболее полно соответствуют духу научного познания. Имеют четкую структуру, приближенную к стандартной структуре научного исследования (актуальность, проблема, гипотеза, цели, задачи, эксперимент, анализ, выводы). Пример: «Сравнительный анализ жесткости воды из разных источников микрорайона с использованием колориметрического метода и камеры смартфона» [18; 40];

– практико-ориентированные (прикладные) проекты – нацелены на решение конкретной практической задачи. Результатом часто является продукт: рекомендации, карта, инструкция, созданный прибор. Пример: «Разработка и апробация методики экспресс-оценки кислотности почвы на пришкольной территории с помощью смартфона и индикаторных бумаг» [5; 36].

– информационные проекты – направлены на сбор и анализ информации по какой-либо проблеме с последующей презентацией.

Пример: «Создание интерактивной карты экологических проблем родного города с геотегами и фотоматериалами, сделанными на смартфон» [12; 16].

– творческие проекты – предполагают свободную форму представления результатов (видеоролик, стенгазета, экологическая акция).

Пример: «Создание и распространение в социальных сетях образовательного видеоролика о методах оценки качества воды в походных условиях с использованием подручных средств и смартфона» [13; 25].

2. По предметно-содержательной области:

– монопроекты (в рамках одного предмета, например, химии);

– метапредметные проекты (интегрируют химию, экологию, биологию, географию).

3. По продолжительности:

– краткосрочные (1–2 урока),

– среднесрочные (неделя, месяц),

– долгосрочные (четверть, полугодие, учебный год).

Структура проектной деятельности, независимо от ее типа, традиционно включает следующие этапы: подготовительный (мотивация, выбор темы, планирование); исследовательский (сбор информации, проведение экспериментов, анализ данных); заключительный (оформление результатов, презентация, рефлексия).

Использование смартфонов является наиболее релевантным и эффективным на исследовательском этапе, который часто проходит во внеурочное время – на экскурсии, в полевых условиях или дома [9; 21; 30].

Таким образом, проектная деятельность выступает системообразующим компонентом современного естественно-научного образования, создавая условия для формирования у школьников не только глубоких предметных знаний, но и комплекса метапредметных умений и личностных качеств, необходимых для дальнейшей жизни и профессиональной деятельности в современном мире. Внеурочная проектная деятельность, в свою очередь, является легитимной и педагогически обоснованной средой

для интеграции цифровых инструментов, таких как смартфон, позволяя превратить их из потенциального источника отвлечения в эффективный инструмент для учебно-исследовательской работы [14; 15].

1.2. Цифровизация образования и потенциал мобильных технологий в обучении

Цифровая грамотность – набор знаний и умений, которые необходимы для безопасного и эффективного использования цифровых технологий. Способность адаптироваться к меняющимся формам цифровой грамотности является ключевым навыком в современную эпоху. Она предполагает создание и использование учебных материалов, выходящих за рамки письменного и устного слова, и как таковая ссылается на литературу по мультимодальной педагогике [1; 4; 13].

Мультимодальные подходы направлены на рассмотрение общения, включающего язык как один из множества вариантов, наряду с действиями могут и визуальными образами, все из которых взаимодействовать для передачи представления о понимании студентами. Таким образом, способность демонстрировать различные представления и объекты химии средствами, отличными от письменной формы, вероятно, даст значительное преимущество студентам, желающим выразить свое понимание помимо использования текста. Например, процесс создания видео может вызвать активность, сотрудничество, контекстуальные и творческие характеристики, которые приводят к повышению мотивации и положительных эмоций. Видеосъемка может принести пользу студентам как на лабораторных, так и на лекциях, повышая их чувство самоэффективности, обеспечивая более глубокое и осмысленное обучение и развивая навыки презентации [10; 18; 24].

В последние десятилетия наблюдается стремительное развитие цифровых технологий, оказывающих всё более значительное влияние на различные сферы научных исследований, включая экологическую химию.

Использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), мобильных устройств, сенсоров и специализированного программного обеспечения позволило значительно расширить возможности экологического мониторинга, повысить его точность, оперативность и доступность [14; 20; 44].

Одним из ключевых направлений цифровизации в области химии окружающей среды является переход от традиционного лабораторного анализа к мобильным и полевым методам, обеспечивающим быстрый сбор, обработку и передачу данных. Это особенно актуально при работе в труднодоступных регионах, при проведении экспресс-оценки состояния объектов или при необходимости оперативного реагирования на техногенные аварии и экологические катастрофы [47; 49].

Традиционные методы анализа требуют сложного оборудования, обученного персонала и значительного времени на проведение измерений и обработку данных. Современные цифровые решения позволяют автоматизировать значительную часть этих процессов. Например, фотометрические и спектрофотометрические измерения, ранее выполнявшиеся исключительно на стационарных приборах, сегодня могут осуществляться с помощью миниатюрных сенсоров, подключаемых к смартфонам или планшетам. Такие устройства, как мобильные спектрометры, pH-метры с Bluetooth-интерфейсом, газоанализаторы и фотометры, позволяют выполнять качественный и количественный анализ в полевых условиях [16; 18; 45].

Кроме того, цифровые платформы позволяют интегрировать результаты химического анализа с данными о местоположении (через GPS), температуре, влажности и других параметрах, что способствует комплексной оценке состояния окружающей среды. Мобильные приложения автоматически формируют отчёты, строят графики, сравнивают данные с нормативами и могут сразу же передавать их в облачные хранилища для дальнейшей обработки и визуализации [15; 35].

Если же говорить о роли смартфона при выполнении анализов по химии, то необходимо понимать, что смартфон – это универсальное устройство, сочетающее в себе возможности вычислительного устройства, камеры высокого разрешения, геолокационного модуля, набора сенсоров и канала передачи данных. Благодаря этому он становится мощным инструментом для выполнения целого ряда аналитических задач. Современные смартфоны могут выполнять следующие функции в экологических исследованиях:

1. Съёмка и последующая цифровая обработка изображений пробы, в том числе с использованием фотометрии для определения концентрации вещества по цвету раствора [45; 46];

2. Работа с приложениями для анализа данных, в том числе спектральных, фотометрических и других [47; 48];

3. Использование внешних датчиков (через USB, Bluetooth или Wi-Fi), например, для измерения pH, концентрации CO₂, уровня освещённости, температуры [18];

4. Построение карт загрязнени, включая построение маршрутов и автоматическое занесение данных в геоинформационные системы (ГИС) [33];

5. Автоматизация обработки данных – математическая статистика, сравнение с нормативами, построение трендов и прогнозов [12].

Также стоит отметить появление экологических лабораторий на базе смартфона, когда к мобильному устройству подключаются миниатюрные кюветы, линзы, источники света и сенсоры, образуя портативный аналитический комплекс. Такие решения особенно актуальны для образовательных целей, а также для массового привлечения граждан к мониторингу окружающей среды [22; 49].

Ещё одним значимым аспектом внедрения цифровых технологий в экологические исследования является открытость и доступность информации. Благодаря интернет-платформам, данным спутникового мониторинга,

погодным и экологическим API, исследователи и граждане получают доступ к актуальной информации о состоянии окружающей среды [10].

Разработка мобильных приложений, синхронизированных с такими платформами, позволяет не только получать данные, но и дополнять их – загружать собственные результаты измерений, фотофиксацию и описание ситуации на месте [14; 35].

В ряде стран существуют государственные и международные системы мониторинга, например Copernicus (EC), AirVisual, EcoZond и другие, которые интегрируются с мобильными устройствами и становятся частью глобальной экологической сети. Это делает возможным оперативный сбор и анализ экологической информации в масштабах целых регионов и даже планеты [8; 33].

Однако несмотря на очевидные преимущества, внедрение цифровых технологий в химию окружающей среды сталкивается с рядом вызовов. Среди них можно выделить: необходимость верификации получаемых данных; ограниченная точность недорогих датчиков; зависимость от технических характеристик смартфонов и стабильности программного обеспечения; потребность в обучении пользователей работе с цифровыми инструментами.

Тем не менее, преимущества в виде доступности, скорости, удобства и масштабируемости делают цифровые технологии незаменимыми в современном экологическом мониторинге. Внедрение таких подходов способствует формированию новой парадигмы в химии окружающей среды – более гибкой, оперативной и ориентированной на результат [20; 46; 49].

Развитие цифровых технологий и массовое распространение мобильных устройств радикально трансформировали многие аспекты научных исследований, включая область химического мониторинга окружающей среды. Смартфон, будучи многофункциональным, компактным и технически оснащённым устройством, постепенно занимает

устойчивое место в системе инструментальных методов экологического контроля. Современные модели смартфонов включают в себя целый ряд технических компонентов, которые могут быть эффективно использованы при сборе, анализе и передаче информации о состоянии окружающей среды [18; 46; 48].

Прежде всего, к числу таких компонентов относятся высокоточные камеры, позволяющие осуществлять фото- и видеосъёмку объектов исследования. Эти функции находят применение при визуальной фиксации результатов химических реакций, наблюдении изменений цвета индикаторов, фиксации параметров окружающей среды и документировании проведения экспериментов. В сочетании с алгоритмами обработки изображений, реализуемыми через специальные мобильные приложения, камера смартфона может выполнять роль простейшего колориметра – устройства, позволяющего определять концентрацию веществ по изменению окраски [16; 44].

Наряду с камерой, важным элементом смартфона для экологических исследований является GPS-модуль, обеспечивающий точную геолокацию сбора данных. Геопривязка результатов анализа позволяет формировать цифровые карты загрязнённости и проводить пространственно-временной анализ изменений состояния окружающей среды. Это особенно актуально при проведении долговременного мониторинга или участия в краудсорсинговых проектах, где большое количество пользователей фиксирует данные в различных точках местности [5; 8].

Кроме встроенных компонентов, функциональные возможности смартфона могут быть существенно расширены за счёт подключения внешних датчиков и сенсоров через интерфейсы Bluetooth или USB. В настоящее время существует широкий ассортимент портативных сенсорных модулей, совместимых со смартфонами и предназначенных для измерения таких параметров, как уровень pH, концентрация углекислого газа, наличие тяжелых металлов, температура, влажность воздуха и другие. Эти

устройства, как правило, сопровождаются специализированными мобильными приложениями, которые позволяют не только регистрировать данные, но и обрабатывать их в режиме реального времени, строить графики, экспортировать результаты и даже делиться ими с другими участниками исследования [12; 18; 47].

Одним из ключевых преимуществ использования смартфонов в химическом мониторинге является возможность оперативной обработки данных и интеграции с облачными хранилищами. Благодаря этому пользователи могут в режиме реального времени передавать собранную информацию в централизованные базы данных, а также получать доступ к аналитическим инструментам, расположенным на удалённых серверах. Это упрощает совместную работу между исследовательскими группами, облегчает управление полевыми исследованиями [14; 35].

Следует также отметить высокую доступность и экономическую эффективность применения смартфонов. По сравнению с традиционным лабораторным оборудованием, мобильные устройства позволяют значительно снизить затраты на проведение мониторинга, особенно в условиях ограниченного финансирования, например в образовательных учреждениях или при реализации общественных экологических проектов. Благодаря этому смартфоны становятся особенно актуальными в развивающихся странах, в сельских и труднодоступных районах, где отсутствует возможность развёртывания стационарных лабораторий [6; 24].

Таким образом, смартфон представляет собой универсальный инструмент, сочетающий в себе функции сбора, визуализации, обработки и передачи экологических данных. Его использование в химическом мониторинге окружающей среды открывает новые горизонты в плане доступности и эффективности исследований, способствует вовлечению широкой аудитории в научную деятельность и ускоряет получение актуальной информации о состоянии природных объектов. В совокупности

эти факторы позволяют рассматривать мобильные технологии как важное направление развития современной экологической аналитики [12; 13].

Также можно использовать анимации как метод представления, например, понимания моделей трех состояний вещества: твердого, жидкого и газообразного. Анимация позволяет визуализировать движения частиц и, следовательно, лучше понять динамику состояний вещества [11].

Всё вышеперечисленное стимулирует обучающихся проявлять инициативу при создании видео и анимаций, ведь они совершенствуют навыки отбора и структурирования содержания и последовательности его изложения, учитывая текст и изображения, которые необходимо включить для создания своего повествования. Дополнительная ценность таких цифровых технологий по сравнению с письменным словом в химическом образовании заключается в том, что они расширяют возможности мультимодального подхода, такого как включение моделей или лабораторных методов [10; 16].

Если же рассматривать основные плюсы мобильного обучения, наряду с типичными проблемами, которые для него характерны, то можно отметить следующие преимущества:

1. Возможность применять в обучении новейшие технологии.
2. Возможность использовать в обучении легкие, компактные, портативные устройства.
3. Мобильное обучение хорошо подходит для самых разных типов учебной деятельности, а также для применения в рамках смешанного обучения; с помощью мобильных технологий можно обеспечивать качественную поддержку для обучения в любом формате.
4. Мобильное обучение позволяет значительно снизить расходы на образование.
5. Позволяет создать интересный, увлекательный и удобный учебный опыт.

С другой стороны, с мобильным обучением связан и целый ряд проблем и сложностей, а именно проблемы с доступом к интернету; небольшой объем памяти, доступной на мобильных устройствах; проблемы информационной безопасности; слишком быстрое развитие мобильных технологий и необходимость постоянных обновлений.

Проблема отсутствия соответствующих мобильных приложений по предмету [4; 6; 7; 12].

1.3. Смартфон как универсальный инструмент для исследований.

Современный этап развития системы образования характеризуется глубокой интеграцией цифровых технологий во все компоненты образовательного процесса. Эта системная трансформация, известная как цифровизация образования, является закономерным ответом на вызовы глобальной технологической революции и нашла свое отражение в ключевых стратегических документах Российской Федерации. Национальный проект «Цифровая образовательная среда» и государственная программа «Стратегия цифровой трансформации отраслей экономики, социальной и предпринимательской сфер» определяют цифровизацию как один из ключевых приоритетов развития российского образования [4; 30; 29].

Важно подчеркнуть, что цифровая трансформация образования предполагает не просто оснащение школ компьютерами и интерактивными досками, а коренное изменение образовательной парадигмы. Речь идет о переходе от репродуктивной модели обучения к созданию гибкой, персонализированной образовательной экосистемы, способной подготовить учащихся к жизни в условиях цифрового общества. Этот переход предполагает:

– формирование цифровой грамотности как базового навыка современного человека;

- развитие гибких компетенций, таких как критическое мышление, креативность, коммуникация и кооперация;
- создание адаптивных образовательных траекторий, учитывающих индивидуальные потребности и возможности каждого учащегося;
- формирование открытого образовательного пространства, стирающего временные и пространственные барьеры [19; 30].

В контексте общей цифровизации особый интерес представляет направление мобильного обучения – обучения с использованием портативных электронных устройств, прежде всего смартфонов и планшетов. Согласно исследованиям Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), проникновение смартфонов среди российских подростков достигает 90-95 %, что делает их самым доступным цифровым устройством [1; 35].

Теоретические основы мобильного обучения базируются на принципах конструктивизма и коннективизма, где знания не передаются в готовом виде, а конструируются учащимся в процессе активной деятельности и взаимодействия с различными информационными ресурсами и другими участниками образовательного процесса [11]. Мобильные технологии идеально соответствуют этой парадигме, обеспечивая:

- непрерывность обучения – возможность учиться в любом месте и в любое время;
- контекстность – привязку учебного содержания к реальной жизненной ситуации;
- интерактивность – активное взаимодействие с контентом и другими участниками;
- персонализацию – адаптацию содержания и темпа обучения под индивидуальные потребности [9].

Несмотря на существующие законодательные ограничения на использование мобильных средств связи непосредственно на уроках,

дидактический потенциал смартфонов для организации внеурочной, проектной и самостоятельной работы учащихся остается значительным и требует научно–методического осмысления [33; 34].

В контексте естественно-научного образования, и особенно химии окружающей среды, потенциал мобильных технологий раскрывается многогранно и может быть систематизирован по нескольким ключевым направлениям:

1. Смартфон как мультимедийная и интерактивная обучающая платформа;

Современные смартфоны позволяют работать с разноформатным образовательным контентом, что значительно расширяет возможности традиционного обучения [10; 16]:

- виртуальные и дополненные реальности – приложения типа «Elements 4D» или «Google Expeditions» позволяют визуализировать молекулярные структуры и химические процессы, которые невозможно наблюдать в условиях школьной лаборатории [21; 33];

- интерактивные симуляции – приложения-симуляторы химических реакций и лабораторий (например, «Lab4U») позволяют проводить виртуальные эксперименты с опасными или дефицитными реактивами;

- образовательные подкасты и видеоуроки – предоставляют возможности для теоретического изучения материала из дома, а время в классе посвящается практическому применению знаний.

2. Смартфон как портативная научная лаборатория.

Наиболее значимым для естественно-научной проектной деятельности является использование смартфона как комплекса измерительных инструментов. Современные устройства оснащены множеством датчиков, которые могут быть эффективно использованы в учебных исследованиях:

- оптические измерения – камера смартфона может служить основой для спектрофотометрии и колориметрии. С помощью специализированных

приложений (например, «Colorimetric Analysis», «SpectroPhone») можно количественно определять концентрацию веществ в растворе по интенсивности окраски. Это открывает возможности для выполнения проектов по определению нитратов и фосфатов в природных водах, оценки мутности водоемов, анализа пищевых продуктов [45];

- акустические измерения – встроенный микрофон с соответствующим программным обеспечением («Decibel X», «Sound Meter») превращает смартфон в шумомер, что актуально для экологических проектов по оценке уровня шумового загрязнения городской среды;

- геопозиционирование – GPS-приемник позволяет осуществлять точную географическую привязку данных полевых исследований, создавая основу для экологического картографирования;

- измерения освещенности – датчик освещенности может быть использован для изучения фотохимических процессов, оценки экологического состояния водоемов по прозрачности воды, исследования инсоляции городских территорий.

3. Смартфон как инструмент организации совместной деятельности.

Мобильные технологии кардинальным образом преобразуют организацию проектной работы:

- облачные сервисы («Я.диск», «Я.документы») позволяют организовать эффективное взаимодействие участников проектной группы на всех этапах работы – от совместного планирования до оформления результатов;

- специализированные платформы для исследовательской деятельности (например, iNaturalist для биологических наблюдений) позволяют учащимся участвовать в глобальных научных проектах;

- коммуникационные приложения обеспечивают непрерывность консультационной поддержки со стороны педагога в ходе выполнения проектов.

4. Смартфон как инструмент рефлексии и оценки.

Мобильные технологии предоставляют уникальные возможности для организации формирующего оценивания:

– приложения для создания цифрового портфолио («Цифровое Портфолио.РФ», «Яндекс.Заметки») позволяют учащимся документировать этапы своей проектной работы и проводить саморефлексию;

– системы мгновенного опроса («Я.форма») дают возможность педагогу оперативно оценивать понимание материала и вносить коррективы в учебный процесс;

– возможности аудио- и видеозаписи позволяют фиксировать ход эксперимента и проводить его последующий детальный анализ [14; 26].

Однако, несмотря на значительный потенциал, использование мобильных технологий в образовании сопряжено с определенными рисками, которые необходимо учитывать:

1. Дидактические риски – подмена учебных целей технологическими средствами, фрагментация знаний, снижение роли живого общения.

2. Психолого-педагогические риски – цифровое переутомление, снижение концентрации внимания, кибербуллинг.

3. Технические ограничения – разный уровень оснащенности учащихся, нестабильность соединения, быстрое устаревание технологий.

4. Нормативно-правовые ограничения – действующие санитарные нормы и правила, регламентирующие использование электронных устройств в образовательном процессе.

Таким образом, потенциал мобильных технологий в естественно-научном образовании заключается в их способности трансформировать учебный процесс, делая его более гибким, персонализированным, практико-ориентированным и соответствующим цифровой реальности, в которой живут современные школьники. Особую ценность смартфоны представляют для организации проектной и исследовательской деятельности во

внеурочное время, где они могут быть использованы как универсальный инструмент для сбора, обработки и представления данных [10].

Задача современного педагога заключается в грамотном и педагогически целесообразном использовании этого потенциала, минимизации связанных с ним рисков и интеграции мобильных технологий в образовательное пространство как эффективного средства достижения новых образовательных результатов, предусмотренных ФГОС. Последующее исследование будет направлено на разработку конкретных методик такого использования в контексте проектной деятельности при изучении объектов окружающей среды [19].

Выводы по первой главе

Проектная деятельность в естественно-научном образовании выступает системообразующим компонентом современного учебного процесса, обеспечивающим формирование универсальных учебных действий и переход от репродуктивного усвоения знаний к самостоятельному решению практико-ориентированных задач. Нормативно-правовой анализ (ФЗ № 273-ФЗ, ФЗ № 618-ФЗ, СанПиН 2.4.3648-20) подтверждает, что использование мобильных средств связи в образовательных целях правомерно и педагогически обосновано исключительно в рамках внеурочной и проектной деятельности, что создаёт безопасную среду для их дидактической адаптации.

Теоретический анализ цифровой трансформации образования выявил, что мобильное обучение базируется на принципах конструктивизма и мультимодальной педагогики, обеспечивая непрерывность, контекстность и персонализацию образовательных траекторий. Интеграция мобильных технологий компенсирует ограничения традиционного лабораторного оборудования, расширяя возможности полевого, дистанционного и исследовательского обучения, при этом требует учёта дидактических, технических и нормативных рисков.

Дидактический потенциал смартфона в естественно-научной проектной деятельности многогранен и систематизируется по ключевым направлениям: функция портативной измерительной лаборатории (оптические, акустические, геопозиционные измерения), платформа для коммуникации и совместной работы, инструмент формирующего оценивания и цифровой рефлексии. При грамотном методическом сопровождении смартфон трансформируется из потенциального источника отвлечения в полноценный инструмент научного познания, соответствующий требованиям ФГОС к формированию естественно-научной и цифровой грамотности.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СМАРТФОНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ИЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

2.1. Обзор и классификация мобильных приложений для исследований

Развитие цифровых технологий и широкое распространение мобильных устройств открывают новые возможности в организации и проведении практических исследований. Смартфоны, благодаря своей универсальности, функциональности и компактности, могут стать не только средством фиксации экспериментальных данных, но и инструментом для непосредственного проведения измерений результатов [18].

Таким образом при помощи смартфона можно проводить следующие анализы:

1. Колориметрический метод основан на измерении интенсивности светового потока, прошедшего через окрашенный раствор. В колориметрии используют разнообразные химические и физические процессы, которые сопровождаются изменением цвета. Измеряя светопоглощение такого окрашенного раствора и сравнивая полученную окраску с раствором известной концентрации, определяют содержание исследуемого вещества [3].

Если через стеклянный сосуд, заполненный раствором пропустить пучок света, то за счёт различных процессов отражения и поглощения света на границе стекло-раствор, окрашенным веществом или за счёт рассеивания света взвешенными частицами, присутствующими в растворе, происходит ослабление интенсивности пучка света. Эту разницу измеряют на основе закона Бугера-Ламберта-Бера по формуле (1) [45; 46]:

$$A = \epsilon LC \quad (1)$$

где A – оптическая плотность

L – толщина раствора, через который проходит падающий свет;

C – молярная концентрация;

ε – молярный коэффициент поглощения ($\text{моль}^{-1} \text{см}^{-1}$) для данной длины волны.

Для проведения химического эксперимента необходимо соблюдать стандартные условия:

- сосуд с исследуемым раствором используется чистый и бесцветный;
- обеспечить достаточное освещение, используя встроенный в смартфон фонарик;
- измерения проводятся, размещая сосуд с раствором на фоне белого листа;
- смартфон располагают в вертикальном положении и нацеливают на центр сосуда [20].

Сосуды с растворами устанавливают перед излучателем, и фиксируют изображения с помощью камеры телефона. Для сведения к минимуму систематические ошибки, вызванные небольшими отклонениями в толщине слоя раствора, следует использовать стандартное расстояние между камерой телефона и сосудом с раствором. Ключевым элементом для получения надежных данных является анализ всех растворов; включая неизвестные, на одном изображении [30; 44].

Величины абсорбции получают из изображений, измеряя в начале значения RGB (цветовая модель, описывающая способ кодирования цветов с помощью трех основных цветов: R – красный, G – зелёный, B – синий) образцов, используя программы ImageJ, AdobePhotoshop, либо ImageColorPicker. Выбираются либо одиночные пиксели, либо средние значения RGB для нескольких пикселей, т.е. выбирается либо одиночный фрагмент изображения, либо несколько фрагментов, значения которых суммируются и делятся на выбранное количество. Пиксель – минимальный и неделимый элемент, из которого состоит изображение на экране монитора [30].

ImageJ представляет собой программу обработки и анализа изображений с открытым исходным кодом, то есть доступная для

просмотра, а также для изучения и изменения. В программе ImageJ для определения каждого значения используется прямоугольник, покрывающий большую часть однородного цвета в каждой кювете (размером примерно 0,9 см на 2,0 см). Далее применяют дополнение к программе под названием RGBMeasure, которое определяет средние значения R, G и B для пикселей, содержащихся в прямоугольнике [44].

2. Фотометрический метод – совокупность методов молекулярно-абсорбционного спектрального анализа, основанных на избирательном поглощении электромагнитного излучения в видимой, ИК и УФ областях молекулами определяемого компонента. Концентрацию определяемого компонента устанавливают по закону Бугера-Ламберта-Бера [49].

В модели RGB все цвета получаются путём смешения трёх базовых (красного, зелёного и синего) цветов в различных пропорциях. Доля каждого базового цвета в итоговом может восприниматься, как координата в соответствующем трёхмерном пространстве, поэтому данную модель часто называют цветовым кубом. HSV основана на модели RGB, но у неё другая система координат: каждый цвет в этой модели получается путем добавления к основному спектру черной или белой краски. При этом тон – это собственно цвет и есть, насыщенность – процент добавленной к цвету белой краски, а яркость – процент добавленной чёрной краски. Описание цветов в этой модели не соответствует цветам, воспринимаемым человеческим глазом. Эта модель используется в графических редакторах при настройке палитры цвета. На практике цветовую модель RGB применяют для концентрированных растворов, у которых явно заметен переход окраски. Приложения, использующие цветовое пространство HSV применимы к растворам с низкой концентрацией в них определяемого вещества [17; 44; 48].

Для измерения интенсивности окраски растворов и для дальнейшего анализа значений, можно использовать фотокамеры смартфонов. При работе с данным приложением соблюдают стандартные условия. Отличие

данного приложения заключается в том, что в нем используется другая цветовая модель. Вместо RGB, цвет измеряют с помощью цветовой модели HSV (H – оттенок, S– насыщенность, V– значение цвета) и сообщают значение H затем повторяют все этапы с каждым раствором. По полученным значениям H, которые зависят от массы растворенного вещества, строится график, включающий в себя как растворы с известной концентрацией, так и растворы с неизвестной концентрацией [17; 47].

2.2. Использование встроенных и внешних сенсоров смартфона для сбора количественных данных

Современные смартфоны, как было отмечено ранее, оснащённые высокочувствительными камерами, датчиками и возможностью подключения внешних сенсоров, становятся всё более востребованными в проведении химических исследований, особенно в условиях полевых работ и образовательной деятельности. Их универсальность позволяет использовать мобильные устройства не только для сбора и хранения данных, но и для проведения полноценного химического анализа окружающей среды [17; 24].

Наиболее значимым встроенным сенсором для химии окружающей среды является камера смартфона. В сочетании с колориметрическими реакциями она позволяет проводить количественный анализ концентрации различных веществ по изменению окраски раствора. Принцип основан на законе Бугера-Ламберта-Бера: оптическая плотность раствора пропорциональна концентрации поглощающего вещества. Для школьных проектов это может применяться, например, при определении pH воды или почвенной вытяжки с использованием универсального индикатора, а также при определении нитратов и фосфатов в природных водах. Анализ цвета осуществляется либо через RGB-модель (для концентрированных растворов), либо через HSV (для разбавленных). Для обработки снимков могут использоваться как специализированные приложения, так и

бесплатные инструменты: например, приложение Color Grab (доступно в RuStore), а также ПО ImageJ (с открытым исходным кодом), которое позволяет получать усреднённые RGB/HSV – значения с заданных участков изображения [21; 33; 44].

В рамках настоящего исследования был проведён эксперимент по фотоколориметрическому определению нитратов в воде с использованием камеры смартфон. Полученные данные продемонстрировали хорошую корреляцию с результатами, полученными на лабораторном фотоколориметре: коэффициент детерминации составил $R^2 = 0.96$, а погрешность измерений не превысила 8 % при концентрациях выше 5 мг/л [17]. Это подтверждает, что даже при использовании встроенного сенсора возможно получать количественные результаты, пригодные для учебно-исследовательских целей [1; 49].

Помимо камеры, в проектной деятельности по экологической химии могут применяться и другие встроенные сенсоры: микрофон – для измерения уровня шумового загрязнения с помощью приложения Sound Meter; GPS-модуль – для геопривязки точек отбора проб воды, почвы или воздуха; датчик освещённости – для оценки прозрачности воды или интенсивности светового потока при изучении фотохимических процессов. Следует отметить, что точность измерений с помощью встроенных сенсоров ограничена. Однако для учебно-исследовательских целей, где важнее понимание принципов анализа и развитие навыков проектной деятельности, эти данные представляют значительную ценность [20].

Для повышения точности и расширения диапазона измерений целесообразно использовать внешние сенсоры, подключаемые к смартфону или планшету через Bluetooth или USB. В условиях российской школы особое значение приобретают отечественные решения, соответствующие требованиям ФГОС и доступные в рамках государственных образовательных программ. Ключевыми игроками на этом рынке являются компании Relab и Releon, разрабатывающие цифровые лаборатории,

совместимые с Android-устройствами. Их оборудование включает рН-метры, датчики электропроводности, ионоселективные датчики (для определения ионов нитратов, аммония, хлоридов и др.), а также датчики растворённого кислорода и температуры. Управление датчиками осуществляется через бесплатные русскоязычные приложения, такие как Relab Lite, доступное в RuStore. Приложение позволяет в реальном времени отображать данные, строить графики, экспортировать результаты и проводить математическую обработку – что полностью соответствует требованиям к формированию метапредметных умений в рамках ФГОС [17; 33].

Важно учитывать, что Федеральный закон № 618-ФЗ от 19.12.2023 запрещает использование личных смартфонов учащихся в течение учебных занятий [31]. Однако этот запрет не распространяется на проектную и исследовательскую деятельность вне урока (например, в рамках внеурочной деятельности, научных кружков или полевых практик). Поэтому в методике применения смартфонов рекомендуется придерживаться следующих стратегий: использование школьного оборудования (цифровые лаборатории Relab/Releon); проведение полевых измерений во внеурочное время; применение смартфона как устройства обработки и анализа, а не сбора данных. Также следует отдавать предпочтение российским и открытым платформам, так как доступ к Google Play и некоторым зарубежным сервисам для российских пользователей ограничен. В частности, рекомендуется использовать RuStore для установки образовательных приложений, Яндекс.Диск и Яндекс.Документы для совместной работы и хранения данных, а также открытые инструменты (ImageJ, MIT App Inventor) для самостоятельной разработки простых аналитических решений [6; 25; 39].

Таким образом, смартфон, дополненный как встроенными, так и внешними (в т.ч. отечественными) сенсорами, может выступать в роли доступной портативной лаборатории для количественного экологического мониторинга. Проведённый в ходе исследования эксперимент [12]

подтверждает, что даже с использованием встроенной камеры можно достичь достаточной для учебных целей точности при определении таких загрязнителей, как нитраты. При грамотной методической организации и учёте российских правовых и технических реалий его использование в проектной деятельности старшеклассников по химии окружающей среды способствует формированию навыков проведения количественного эксперимента, умений работать с цифровыми измерительными приборами, компетенций в области обработки и визуализации данных, а также понимания современных методов экологического контроля. Это делает смартфон не просто гаджетом, а полноценным инструментом научного познания, соответствующим духу ФГОС и задачам формирования естественно-научной и экологической грамотности [17; 44; 45].

2.3. Обработка, анализ и визуализация экспериментальных данных в проектной деятельности

Современный этап развития естественно-научного образования характеризуется не только сбором эмпирических данных, но и их последующей интерпретацией, что является неотъемлемой частью научного метода. В контексте проектной деятельности по химии окружающей среды этап обработки, анализа и визуализации экспериментальных данных приобретает особую значимость, поскольку именно на этом этапе обучающиеся переходят от фиксации наблюдений к формулированию обоснованных выводов. Использование мобильных устройств, в частности смартфонов, позволяет не только упростить этот процесс, но и сделать его более наглядным, интерактивным и доступным даже в условиях ограниченных ресурсов школьной лаборатории [7].

Как отмечалось в предыдущих разделах, смартфон может выступать в роли портативной лаборатории, используя встроенные и внешние сенсоры для сбора количественных данных. Однако сам по себе факт наличия числовых значений (RGB-координаты, pH, концентрация ионов и т.д.) не

обеспечивает понимания сути происходящих процессов. Для того чтобы данные превратились в знания, необходимо выполнить их систематизацию, математическую обработку и наглядное представление. Именно в этом заключается дидактическая ценность этапа обработки данных: он развивает у учащихся аналитическое мышление, умение работать с информацией, строить логические связи и аргументировать выводы, что полностью соответствует требованиям ФГОС к формированию метапредметных результатов [16; 33].

Практические инструменты для обработки данных в российских условиях: при выборе инструментов для обработки данных особое внимание уделяется их доступности. Следует отдавать предпочтение открытым платформам, которые не требуют подписок или доступа к заблокированным сервисам [12].

Одним из наиболее надёжных и педагогически оправданных инструментов является программа ImageJ – свободное программное обеспечение с открытым исходным кодом, которое активно используется по всему миру. Программа позволяет анализировать цифровые изображения, полученные с помощью камеры смартфона. В рамках проектной деятельности обучающиеся могут использовать ImageJ для определения средних значений RGB (Red, Green, Blue) или HSV (Hue, Saturation, Value) на заданных участках изображения – например, на фото кювет с окрашенными растворами [16].

В ходе собственного исследования, проведённого на базе МБОУ «СОШ №121 г. Челябинска», именно этот инструмент был применён для обработки фотографий, сделанных в ходе фотокolorиметрического определения. Анализ проводился путём выделения прямоугольной области в центре кюветы (толщина слоя 2 см), охватывающей однородную по цвету зону. С помощью плагина RGB Measure рассчитывались средние значения по 50-100 пикселям, что позволяло минимизировать влияние случайных шумов и неравномерности освещения. Для повышения точности все пробы

(включая стандартные и неизвестные) фотографировались на одном кадре на фоне белого листа при фиксированном расстоянии от камеры и использовании встроенного фонарика в качестве источника света.

После получения числовых значений RGB/HSV данные переносятся в табличный редактор для дальнейшего анализа. В условиях российской школы наиболее доступным и функциональным решением является Яндекс.Таблицы – облачный сервис, входящий в экосистему «Яндекс», полностью локализованный и не требующий международных платёжных инструментов. В Яндекс.Таблицах обучающиеся строят градуировочную кривую – зависимость интенсивности цвета (например, канала R или значения H) от известной концентрации стандартных растворов. Программа автоматически рассчитывает линейную аппроксимацию методом наименьших квадратов и определяет коэффициент детерминации (R^2), который показывает, насколько хорошо экспериментальные точки ложатся на прямую. После построения кривой обучающиеся подставляют RGB/HSV – значения неизвестных проб и с помощью формулы линейной регрессии рассчитывают их концентрацию. Таким образом, смартфон в связке с бесплатным ПО превращается в полноценный аналитический инструмент, позволяющий выполнить все этапы количественного анализа [12; 21].

Для оперативной работы в полевых условиях могут использоваться мобильные приложения из RuStore – официального российского магазина приложений. Среди них выделяются:

1. Color Grab – позволяет мгновенно определить RGB/HSV-код любого цвета на экране смартфона, просто нажав на нужную область изображения.

2. HSV Color Picker – специализированное приложение для анализа оттенка, особенно полезное при работе с разбавленными растворами, где изменения цвета едва заметны.

3. Relab Lite – официальное приложение отечественного производителя цифровых лабораторий, которое автоматически строит

графики, фиксирует экстремумы и позволяет экспортировать данные в CSV-формат для дальнейшей обработки [20, 24].

Методы анализа данных в проектах по химии в зависимости от цели проекта, обучающиеся могут применять различные методы анализа:

1. Количественный анализ – основан на построении градуировочной зависимости и расчёте концентрации неизвестных проб. Пример: определение нитратов в воде реки Миасс, фосфатов в почве пришкольного участка, жёсткости воды из разных источников.

2. Сравнительный анализ – предполагает сопоставление данных, полученных разными методами или в разных условиях. Такой подход позволяет учащимся осознать важность калибровки, понять относительную природу измерений и развить научную критичность.

3. Пространственный и временной анализ – особенно актуален при долгосрочном мониторинге. Обучающиеся могут использовать GPS-метки, сделанные смартфоном при отборе проб, и наносить результаты на карту через Яндекс.Карты. Например, проект «Карта нитратного загрязнения в Ленинском районе г. Челябинска» включал пробы из 10 точек, каждая из которых была геопривязана и визуализирована с помощью цветовой шкалы.

Визуализация результатов – это не просто оформление, а важнейший этап научной коммуникации. Обучающиеся обучаются представлять данные в наиболее убедительной и понятной форме, что развивает коммуникативные УУД и готовит их к защите проектов на конференциях [5; 29; 36].

Наиболее распространённые формы визуализации в школьных проектах:

1. Столбчатые и линейные графики – для отображения концентраций, сравнения проб, построения временных рядов.

2. Фотосравнения – наглядно демонстрируют визуальные различия между пробами (например, окраска раствора в пробе из реки и водопроводной воды).

3. Инфографика – создаётся с помощью сервисов Canva (доступна в РФ) или Яндекс.Презентации, объединяет данные, фотографии, карты и выводы в едином композиционном решении.

4. Цифровое портфолио – через сервисы, такие как ЦифровоеПортфолио.РФ или Яндекс.Заметки, обучающиеся документируют все этапы проекта, включая первоначальную гипотезу, план, сырые данные, обработанные результаты и рефлексию.

Педагогическая ценность этапа обработки и визуализации заключается в том, что он: способствует формированию научной культуры (понимание, что данные без анализа – это просто набор чисел); развивает цифровую грамотность (работа с ПО, облачными сервисами, форматами данных); повышает мотивацию (обучающиеся видят «продукт» своего труда – график, карту, презентацию); готовит к ОГЭ и ЕГЭ, где задания на анализ таблиц, графиков и диаграмм являются обязательными.

Несмотря на преимущества, использование мобильных устройств для обработки данных имеет определённые ограничения:

1. Зависимость от качества камеры и освещённости.
2. Необходимость калибровки для каждого устройства.
3. Ограничения в функционале бесплатных приложений.

Однако эти ограничения не являются непреодолимыми. Во-первых, единый протокол проведения эксперимента (один смартфон, фиксированное освещение, один кадр для всех проб) минимизирует погрешности. Во-вторых, сравнение с контрольными методами (например, с лабораторным фотоколориметром) позволяет оценить точность. В-третьих, обучение учащихся основам обработки.

Количественная обработка экспериментальных данных в предложенной методике базируется на построении градуировочного графика, алгоритм которого включает подготовку серии стандартных растворов с точно известной концентрацией, их одновременную фотофиксацию в стандартизированных условиях и последующее

извлечение значений аналитического сигнала (интенсивности цвета в модели RGB или HSV) с помощью программ анализа изображений. Полученные массивы данных наносятся на координатную плоскость, где по оси абсцисс откладывается концентрация, а по оси ординат – значение цветового канала, после чего методом наименьших квадратов выводится уравнение линейной регрессии, описываемое законом Бугера-Ламберта-Бера и позволяющее математически рассчитать концентрацию вещества в неизвестных пробах. Для статистической оценки достоверности полученной математической модели используется коэффициент детерминации (R^2), демонстрирующий степень близости экспериментальных точек к линии тренда: значения, стремящиеся к единице, подтверждают высокую воспроизводимость метода и корректность выбранной линейной аппроксимации. Итоговая надежность методики оценивается через величину погрешности измерений, которая отражает суммарное отклонение результатов мобильной фотоколориметрии от эталонных лабораторных значений и складывается из влияния случайных факторов (шум матрицы камеры, микро-флуктуации освещения) и систематических ограничений цифрового сенсора превращает потенциальные недостатки в обучающие моменты [17; 20; 45].

Таким образом, смартфон в сочетании с доступным программным обеспечением позволяет организовать полный цикл обработки и визуализации экспериментальных данных в рамках проектной деятельности по химии окружающей среды. Этот этап не только завершает исследовательский процесс, но и играет ключевую роль в формировании у старшеклассников исследовательских компетенций, критического мышления и цифровой грамотности. Проведённый в ходе исследования эксперимент по определению нитратов в воде подтверждает, что даже с использованием встроенной камеры смартфона можно достичь достаточной для учебных целей точности при условии соблюдения методических рекомендаций по обработке и визуализации данных. Это делает мобильные

технологии не просто вспомогательным инструментом, а полноценной составляющей современного естественно-научного образования [12; 47].

Выводы по второй главе

Методологическую основу использования смартфона в химико-экологическом мониторинге составляют колориметрический и фотометрический методы анализа, базирующиеся на законе Бугера-Ламберта-Бера. Применение цветовых моделей RGB (для концентрированных растворов) и HSV (для разбавленных растворов) в сочетании с программным обеспечением открытого доступа (ImageJ, ColorGrab) позволяет перевести визуальные изменения окраски в количественные показатели оптической плотности при соблюдении стандартизированных условий фиксации изображений.

Аппаратно-программные возможности современных смартфонов обеспечивают полноценный цикл сбора экспериментальных данных. Встроенные сенсоры (камера высокого разрешения, микрофон, GPS-модуль, датчик освещённости) в связке с внешними цифровыми лабораториями отечественного производства (Relab, Releon), подключаемыми по Bluetooth или USB, формируют доступную портативную измерительную станцию. Проведённый сравнительный анализ подтвердил высокую корреляцию мобильного фотоколориметрического метода с лабораторным фотоколориметром ($R^2 = 0,96$, погрешность измерений не превышает 8 % при концентрациях выше 5 мг/л), что доказывает достаточную точность полученных данных для учебно-исследовательских целей.

Этап обработки, анализа и визуализации экспериментальных данных является ключевым для формирования метапредметных умений и цифровой исследовательской культуры. Использование отечественных и открытых платформ (Яндекс.Таблицы, RuStore) позволяет строить градуировочные зависимости, проводить количественный, сравнительный и

пространственный анализ, а также создавать наглядные цифровые продукты. Подобная архитектура минимизирует технические ограничения, развивает аналитическое мышление и превращает смартфон в полноценный аналитический инструмент, методическая организация работы с которым полностью соответствует современным требованиям естественно-научного образования.

ГЛАВА 3. ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СМАРТФОНА В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ХИМИИ

На основании теоретического анализа потенциала мобильных технологий и анализа аппаратно-программных возможностей смартфона в настоящей главе представлена организационно-методическая модель проектной деятельности и результаты её экспериментальной апробации. Опытно-экспериментальная работа была реализована на базе МБОУ «СОШ №121 г. Челябинска» и включала три последовательных этапа, направленных на поэтапное формирование исследовательских компетенций обучающихся.

3.1. Модель и алгоритмы организации учебных проектов химико-экологической направленности мобильными инструментами

Реализация потенциала мобильных технологий в естественно-научном образовании сталкивается с рядом нормативно-правовых ограничений. В соответствии с Федеральным законом от 19.12.2023 № 618-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», использование обучающимися мобильных средств связи в образовательных организациях во время занятий запрещено [25]. Данная мера направлена на минимизацию отвлекающих факторов и сохранение концентрации внимания учащихся на учебном материале.

Однако запрет на использование смартфонов непосредственно на уроках не исключает их применения в иных форматах образовательной деятельности. Согласно Федеральному закону от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», образование подразделяется на урочную и внеурочную деятельность [26]. Проектная и исследовательская работа, реализуемая в рамках внеурочного времени, научных кружков, профильных смен и факультативов, является доступной средой для

интеграции цифровых инструментов. Именно поэтому в рамках данного исследования была разработана организационно-методическая модель, предполагающая использование смартфона исключительно в рамках проектной деятельности во внеурочное время. Это позволяет соблюсти требования законодательства и одновременно раскрыть дидактический потенциал мобильных устройств как портативных измерительных лабораторий [10; 14].

Для апробации разработанной модели и оценки её эффективности был организован педагогический эксперимент, реализованный на базе МБОУ «СОШ № 121 г. Челябинска» (табл. 1). В эксперименте приняли участие обучающиеся 9 и 10 профильных классов (химико-биологическая направленность). Исследование носило внутригрупповой характер и было разделено на три последовательных этапа, обеспечивающих преемственность формирования навыков: от освоения классических методов анализа к их цифровой адаптации и самостоятельному проектированию.

Таблица 1 – Этапы педагогического эксперимента

Этап	Диагностический инструмент
1 этап (01.02.25 – 25.03.25) Освоение химико-экспериментальных умений работы с приборами	– первичное исследование уровня академической мотивации; – первичное исследование сформированности экспериментальных навыков; – первичное исследование освоения химико-экспериментальных умений работы с приборами
2 этап (01.06.25 – 25.06.25) Разработка портативных приборов и изучение методов использования смартфона	– исследование динамики способности использования смартфона, как инструмента исследования; – промежуточное исследование освоения химико-экспериментальных умений работы с приборами
3 этап (01.09.25–15.03.26) Сопровождение исследовательских проектов обучающихся 10 профильного класса	– исследование уровня академической мотивации; – исследование сформированности экспериментальных навыков; – исследование освоения химико-экспериментальных умений работы с приборами

Первый этап реализовывался в рамках курса внеурочной деятельности «Экологика» и программы дополнительного образования «Юный биолог-исследователь». Ключевой задачей этапа являлось формирование фундаментом экспериментальных умений без использования цифровых инструментов. Обучающиеся осваивали классические физико-химические методы анализа объектов окружающей среды: титриметрию, фотоколориметрию, экстракцию, гравиметрию и хроматографию [7; 9].

Такой подход обусловлен методической необходимостью: понимание физико-химических основ методов и навыки работы с традиционным лабораторным оборудованием (посуда, весы, реактивы) являются основой для последующего использования цифровых инструментов. Без этого фундамента использование смартфона могло бы свестись к формальному нажатию кнопок в приложении без понимания сути протекающих процессов. На данном этапе смартфон выполнял вспомогательные функции: фиксация хода эксперимента, ведение электронного журнала. По итогам этапа была проведена входная диагностика уровня академической мотивации и сформированности экспериментальных навыков.

Второй этап был реализован в рамках профильной смены летнего лагеря. Содержательным ядром этапа стала трансляция личного опыта участия в прибрежной экспедиции на научно-исследовательском судне «Академик Сергей Вавилов» (Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, маршрут Калининград – Санкт-Петербург).

В ходе обсуждения специфики полевой работы, где отсутствует стационарное лабораторное оснащение, у обучающихся возник запрос на использование смартфона как портативного аналитического прибора. Обучающиеся переходили к моделированию измерительных систем: например, адаптации камеры смартфона для фотоколориметрии (фиксация окраски раствора и расчёт концентрации по закону Бугера-Ламберта-Бера через приложение Color Grab) [33; 44].

Поскольку данная школа специализируется на экологическом мониторинге, отработка таких приёмов позволила обучающимся работать в формате реальных исследований. На этом этапе проводилась промежуточная диагностика компетентности использования смартфона, фиксирующая переход от восприятия устройства как развлекательного гаджета к инструменту исследования.

Третий этап представлял собой фазу самостоятельной исследовательской деятельности и реализовывался через сопровождение индивидуальных проектов обучающихся 10 профильного класса. Работа велась по персональным маршрутным листам, где все сроки и задачи были согласованы со школьниками.

Экспериментальная часть проектов опиралась на комбинацию освоенных методик и мобильных инструментов. Особый акцент был сделан на интеграции искусственного интеллекта: учащимся были предложены алгоритмы использования отечественных ИИ-сервисов (YandexGPT, Kandinsky) для поиска научной литературы и визуализации экспериментальных схем. Это позволило оптимизировать подготовительный этап и повысить качество оформления результатов. На данном этапе была проведена итоговая диагностика уровня академической мотивации, сформированности экспериментальных навыков и химико-экспериментальных умений работы с приборами [4; 8].

Подобная поэтапная организация обеспечила преемственность от освоения классических методик к цифровой исследовательской практике. Каждый этап сопровождается диагностическим срезом, что позволило отслеживать динамику формирования экспериментальных умений и академической мотивации в чистом виде, исключая влияние сторонних факторов [29].

Формирование тематики учебно-исследовательских проектов в рамках разработанной модели осуществлялось в соответствии с

требованиями ФГОС среднего общего образования к индивидуализации образовательных траекторий [17].

Отбор тем не был случайным, а опирался на три взаимосвязанных критерия, обеспечивающих баланс между мотивацией учащегося, методической реализуемостью и научной ценностью работы:

1. Учёт индивидуальных интересов обучающихся.
2. Возможность интеграции смартфона в экспериментальный цикл.
3. Обеспечение научной новизны и практической значимости результатов.

Первостепенным основанием для отбора темы выступали личные интересы и склонности обучающихся. На первом этапе (февраль 2025 г.) проводилось анкетирование и профориентационное собеседование, выявившее преобладающие векторы научного поиска: биохимия растительных систем, функциональное питание, почвоведение и нанохимия. Учёт личного опыта подростка обеспечивал высокую внутреннюю мотивацию, что в дальнейшем подтвердилось ростом показателя внутренней академической мотивации на 35 %. Каждый участник проекта самостоятельно формулировал проблему, исходя из личных наблюдений, чтения научно-популярной литературы или участия в профильных кружках, что гарантировало эмоциональную и интеллектуальную вовлечённость на всех этапах исследования [11; 13].

Выбор конкретной тематики проекта регламентировался поэтапным алгоритмом согласования, учитывающим баланс между академической сложностью, доступностью методической базы и возможностями смартфона. На этапе формулирования гипотезы педагог выступал в роли научного консультанта, помогая учащимся сузить исследовательский фокус до проверяемого уровня. Важным условием являлась возможность интеграции смартфона в экспериментальный цикл: либо для фиксации параметров (камера, датчики освещённости, GPS-модуль), либо для обработки данных (построение графиков, анализ изображений,

моделирование в ИИ-средах), либо для полевых измерений в связке с внешними датчиками. Подобная структура отбора исключала темы, требующие исключительно стационарного дорогостоящего оборудования без возможности цифровой адаптации, и направляла учащихся в зону ближайшего развития [11; 25].

Научная новизна и практическая значимость проектов оценивались по степени их релевантности актуальным экологическим и биохимическим проблемам. В рамках подготовки к муниципальному конкурсу «Интеллектуалы XXI века» были представлены работы, обладающие выраженным прикладным направлением [8]. Так, исследования, посвящённые антиоксидантной защите растений при токсическом и абиотическом стрессе, напрямую коррелируют с задачами адаптации флоры к изменению климата и урбанизации. Проект по регуляции ферментативного потенциала почвы пришкольного агроландшафта носил явно практико-ориентированный характер, предлагая научно обоснованные схемы применения удобрений для локальной экосистемы. Работы в области наноконтейнеров и структурной стабилизации пищевых систем демонстрировали выход на уровень биофизической химии и наноинженерии, что соответствует приоритетам Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [11].

Конкретный тематический состав индивидуальных проектов учащихся 10 профильного класса включал следующие направления:

1. «Обратные мицеллы как наноконтейнеры для биокатализа: ферментативный гидролиз льняного масла в неполярных средах».
2. «Структурная стабилизация белково-углеводных кисломолочных систем мальтодекстрином для функционального спортивного питания».
3. «Антиоксидантная защита и состояние фотосинтетического аппарата роголистника при токсическом стрессе».

4. «Антиоксидантная защита комнатных растений при абиотическом стрессе: сравнительный анализ реакций толстянки и сансевиерии на засуху и избыточный полив».

5. «Регуляция ферментативного потенциала почвы пришкольного агроландшафта минеральными, органическими и микробиологическими удобрениями».

В каждой из этих тем смартфон применялся как инструмент сбора полевых данных, фиксации динамики биологических процессов (в т.ч. через RGB/HSV-анализ изменений окраски тканей), геопривязки точек отбора проб и визуализации результатов в облачных сервисах [9; 29].

Сбалансированный отбор, основанный на синтезе личного интереса, методической реализуемости и научно-практической ценности, обеспечил высокий уровень сформированности исследовательских компетенций и позволил всем участникам успешно выступить на региональных и всероссийских конкурсах исследовательских работ.

Реализация выбранных тем сопровождалась использованием стандартизированных алгоритмов работы с цифровыми инструментами, что обеспечивало воспроизводимость методики и единство требований к оформлению результатов. Ключевым элементом методической поддержки стало внедрение алгоритмов использования искусственного интеллекта и специализированных мобильных приложений на различных этапах проекта [10; 15; 16].

Алгоритм поиска и анализа научной литературы базировался на использовании отечественных цифровых платформ. Учащимся предлагалась следующая последовательность действий:

1. Поиск статей в научных электронных библиотеках (КиберЛенинка, eLibrary) с фильтрацией по году издания (последние 5 лет) и наличию рецензирования.

2. Анализ текстов статей с использованием нейросети YandexGPT по заранее подготовленному промпту: «Выдели методы исследования, основные результаты и выводы для школьного проекта».

3. Систематизация источников в Яндекс.Таблицах с автоматическим формированием библиографического описания по ГОСТ Р 7.0.100-2018.

Данный алгоритм позволил сократить время на подготовительный этап с 10-15 час. до 3-5 час. при одновременном увеличении количества проработанных источников с 5-10 до 15-20 (Приложение 1).

Алгоритм визуализации экспериментальных схем реализовывался через генеративные нейросети (Kandinsky 3.0). Обучающиеся формулировали текстовый запрос с описанием установки (например, «Научная схема эксперимента: 4 варианта опыта с почвой, показать пробирки с образцами, цвета от светлого к тёмному»), генерировали изображение и дорабатывали его в графических редакторах (Supra.ru) для нанесения подписей. Это обеспечило высокий уровень наглядности презентационных материалов без необходимости профессиональных навыков рисования.

Алгоритм экспериментального сбора данных варьировал в зависимости от темы, но базовый протокол цифровой колориметрии был общим для всех работ, связанных с анализом окраски растворов или тканей:

1. Подготовка серии образцов (контроль + опытные варианты) в одинаковой посуде.

2. Фиксация камеры смартфона на штативе для обеспечения стабильного расстояния до объекта.

3. Создание единого светового фона (белый лист, источник света).

4. Снятие показателей цвета в приложении Color Grab (режим LAB или HSV).

5. Внесение данных в облачную таблицу для автоматического расчёта концентраций или интенсивности окраски.

Такой подход минимизировал ошибку визуальной оценки и позволил получить количественные данные, сопоставимые с результатами лабораторного оборудования (погрешность $\leq 8\%$ при концентрациях выше 5 мг/л) [1].

Важным аспектом реализации алгоритмов являлось соблюдение принципов информационной безопасности. Все используемые сервисы (Яндекс.Диск, Яндекс.Таблицы, YandexGPT) являются российскими платформами, что гарантирует хранение персональных данных на территории РФ в соответствии с 152-ФЗ. Доступ к проектам осуществлялся через защищённые аккаунты учащихся, а финальные работы перед публикацией проходили проверку научным руководителем [6; 35].

Таким образом, тематика учебных проектов была сформирована на основе сочетания личных интересов учащихся и возможностей цифрового инструментария, а их реализация поддерживалась системой стандартизированных алгоритмов. Это позволило трансформировать смартфон из средства развлечения в полноценный инструмент научного познания, обеспечивающий высокую точность измерений, качественную визуализацию данных и соблюдение современных требований к научной этике и информационной безопасности [10].

3.2 Динамика академической мотивации обучающихся

Оценка педагогической эффективности разработанной модели осуществлялась по комплексу критериев, ключевым из которых являлась динамика академической мотивации обучающихся. Выбор данного показателя обусловлен тем, что устойчивая внутренняя мотивация выступает необходимым условием для успешной реализации долгосрочной исследовательской деятельности, особенно в рамках внеурочного времени, где уровень внешнего контроля со стороны педагога снижен [9; 43].

Диагностика уровня академической мотивации проводилась трёхкратно в соответствии с этапами педагогического эксперимента:

- констатирующий срез (февраль 2025 г.) – фиксация исходного уровня мотивации до начала системной работы со смартфоном;
- промежуточный срез (июнь 2025 г.) – оценка изменений после реализации практико-полевого этапа (летняя профильная смена);
- контрольный срез (март 2026 г.) – итоговая диагностика после завершения индивидуальных проектов.

Исследование носило внутригрупповой характер с диагностикой показателей «до» и «после» реализации модели, что обусловлено спецификой проектной деятельности во внеурочном пространстве и отсутствием возможности формирования контрольной группы в условиях одной параллели. Этические аспекты исследования были соблюдены: участие обучающихся носило добровольный характер, родители (законные представители) были проинформированы о целях и задачах эксперимента, данные обрабатывались в обезличенном виде [1; 14].

Для диагностики применялся комплекс методик, адаптированный к задачам естественно-научного образования. Уровень академической мотивации изучался с помощью методики Т. О. Гордеевой, О. А. Сычевой, Е. Н. Осина, позволяющей дифференцировать внутреннюю мотивацию (интерес к содержанию деятельности), внешнюю мотивацию (ориентация на оценку, поощрение) и мотивацию к использованию цифровых инструментов. На рисунке 1 показана динамика изменения уровня мотивации до педагогического эксперимента и после него.

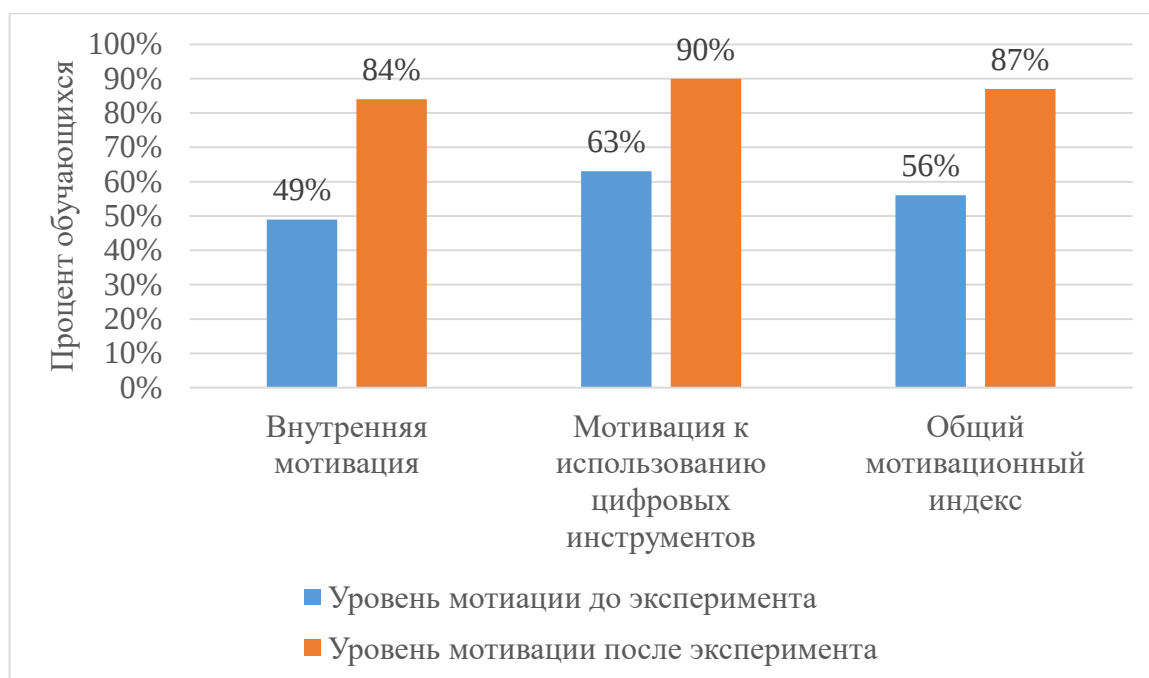


Рисунок 1 – Результаты исследования динамики академической мотивации школьников

По итогам исследований уровень академической мотивации по методике Т. О. Гордеевой, О. А. Сычева, Е. Н. Осина наблюдается рост внутренней мотивации на 35 %, мотивация к использованию цифровых инструментов на 27 % и прирост общего мотивационного индекса на 31 %.

3.3 Сформированность экспериментальных навыков и компетентности использования смартфона

Оценка педагогической эффективности разработанной модели осуществлялась по комплексу взаимосвязанных критериев, ключевыми из которых являлись динамика компетентности использования смартфона в исследовательских целях и уровень сформированности экспериментальных навыков обучающихся. Выбор данных показателей обусловлен тем, что именно они отражают способность обучающихся трансформировать теоретические знания в практические действия, что является центральным требованием ФГОС среднего общего образования к метапредметным результатам естественно-научного цикла [4; 8; 12].

На третьем этапе (сентябрь 2025 г. – март 2026 г.) обучающиеся выполняли индивидуальные проекты с интеграцией алгоритмов искусственного интеллекта для поиска литературы и моделирования эксперимента. Сформированность экспериментальных умений оценивалась на основе авторской задачи (Приложение 2), требующей мысленного планирования многоступенчатого эксперимента по разделению смеси веществ, с последующим расчётом коэффициента полноты сформированности экспериментальных умений (по методике А. В. Усовой) [34] по формуле (2):

$$P = \frac{\sum x_i}{N_{x0}}; \quad (2)$$

где: P – коэффициент полноты сформированности умений;

$\sum x_i$ – число операций, усвоенных обучающимися;

N_{x0} – число операций составляющих данное умение.

На рисунке 2 показана динамика изменения динамики сформированности экспериментальных умений у обучающихся

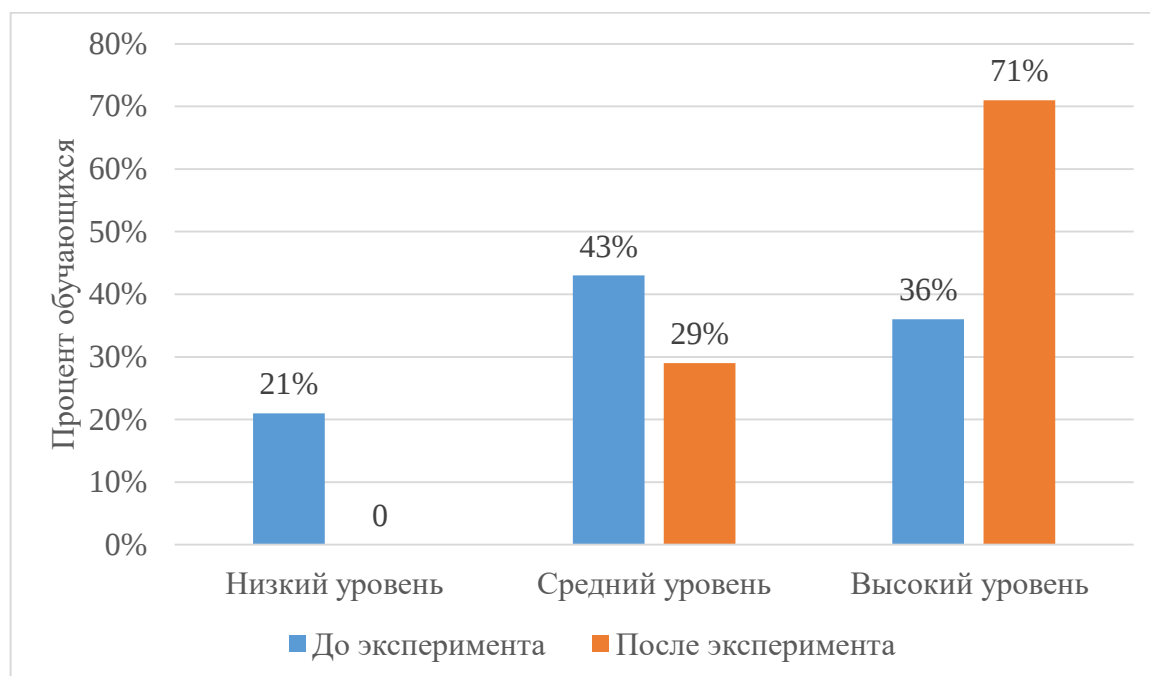


Рисунок 2 – Результаты диагностики динамики сформированности экспериментальных умений

Результаты диагностики сформированности экспериментальных умений показали рост доли обучающихся с высоким уровнем компетенций

с 36 % до 71 %, при одновременном снижении доли низкого уровня с 21 % до 0 %.

Компетентность использования смартфона определялась посредством авторской анкеты, включающей четыре блока: оценка возможностей смартфона для исследований, знание методов подключения внешних датчиков, понимание принципов цифровой колориметрии, готовность применять мобильное устройство в полевых условиях (Приложение 3). На рисунке 3 показана динамика изменения результатов исследования компетентности использования смартфона как исследовательского инструмента.

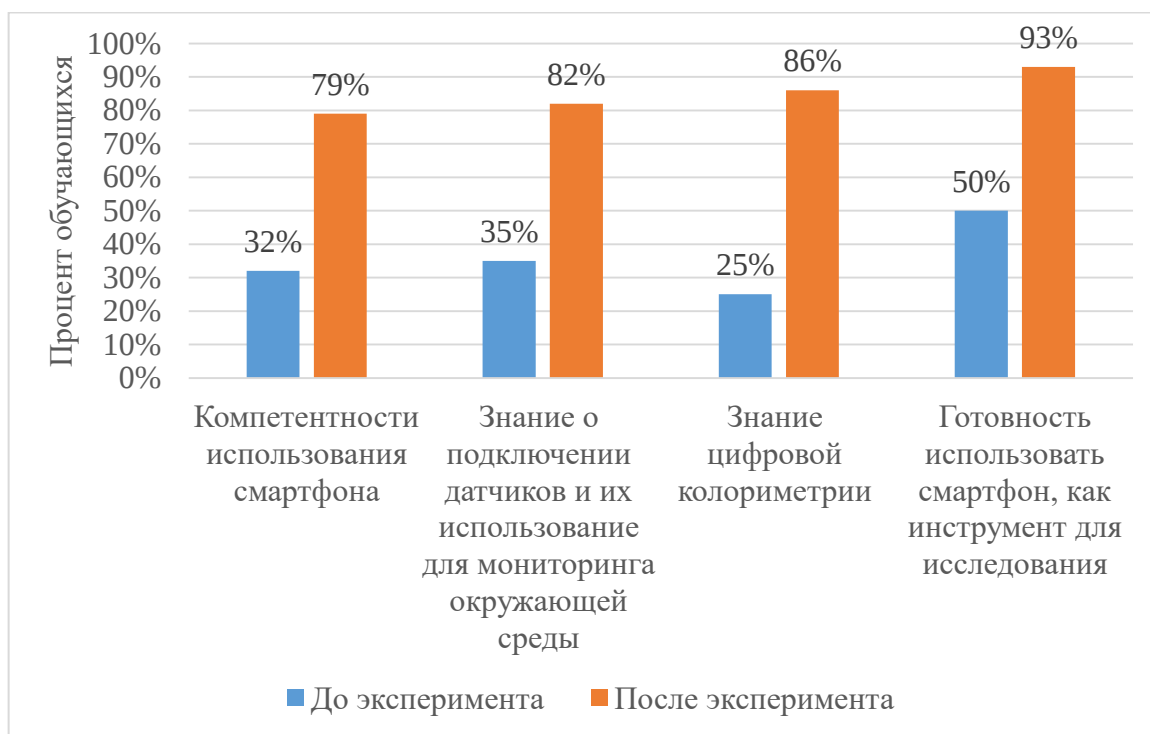


Рисунок 3 – Результаты исследования компетентности использования смартфона как исследовательского инструмента

Компетентность использования смартфона как исследовательского инструмента увеличилась с 32 % до 79 %, что свидетельствует о переходе большинства участников от восприятия смартфона как развлекательного устройства к осознанному применению его в качестве портативной лаборатории.

Обработка данных осуществлялась методами описательной статистики: рассчитывались процентные распределения по уровням сформированности показателей, определялась динамика средних значений.

Оценка освоения химико-экспериментальных умений работы с приборами проводилась посредством авторской анкеты, включающей 11 вопросов, направленных на выявление отношения обучающихся к экспериментальной деятельности, оценки развития лабораторных навыков, интерпретации данных, осознанности выполнения работы и формирования ответственности за результат (Приложение 4). Анкетирование проводилось трёхкратно: на начальном этапе после освоения классических методик и по завершении работы. Результаты исследования представлены на рисунке 4.

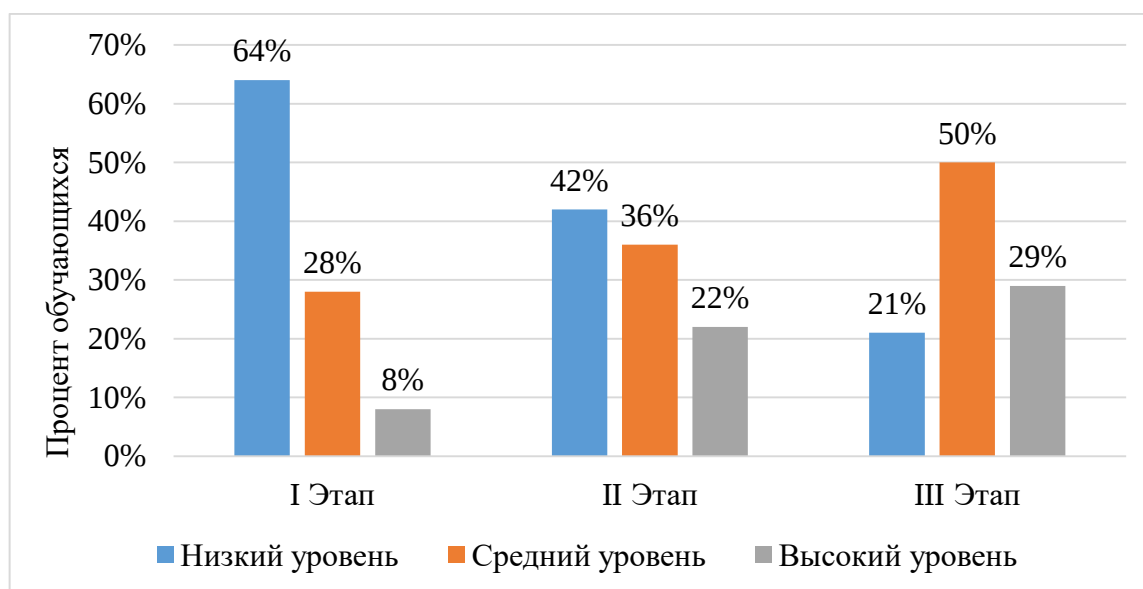


Рисунок 4 – Результаты исследования освоения химико-экспериментальных умений работы с приборами

Анализ полученных данных свидетельствует о выраженной положительной динамике по всем диагностируемым параметрам. Наибольший прирост положительных оценок зафиксирован по вопросам, связанным с развитием лабораторных навыков (вопрос 2), осознанностью и интересом к эксперименту (вопрос 7), а также формированием ответственности за собственное обучение (вопрос 10) (Приложение 4).

Особую значимость представляют результаты, демонстрирующие развитие исследовательского мышления обучающиеся отметили, что

эксперимент помог им развить навыки интерпретации данных (вопрос 1), а также подтвердили важность владения данными экспериментальными навыками для достижения поставленных целей (Приложение 4).

Средняя оценка показала снижение доли обучающихся с низким уровнем сформированности умений с 64 % до 21 %, при одновременном росте высокого уровня с 8 % до 29 %. Такая динамика подтверждает, что поэтапная работа – от освоения классических методов к цифровой адаптации с использованием смартфона обеспечивает не только формирование технических навыков работы с оборудованием, но и развитие исследовательской культуры, критического мышления и осознанной мотивации к научно-экспериментальной деятельности.

Качественный анализ проектных работ, выполненных учащимися, также свидетельствует о положительной динамике. Из 14 реализованных работ 8 проектов были оценены как имеющие повышенный уровень сформированности метапредметных результатов, 6 проектов – средний уровень. Все работы были выдвинуты для участия в муниципальных и региональных конкурсах исследовательских проектов («Интеллектуалы XXI века», «Естественно!»), где заняли призовые места. Тематика проектов охватывала актуальные направления химии [3; 5].

Полученные данные позволяют констатировать, что интеграция смартфона в проектную деятельность по изучению объектов окружающей среды способствует не только повышению учебной мотивации и освоению экспериментальных навыков, но и формированию цифровой исследовательской культуры [13]. Поэтапная работа – от освоения классических методов к цифровой адаптации и самостоятельному проектированию – обеспечивает преемственность развития компетенций и минимизирует риски, связанные с использованием мобильных устройств в образовательных целях. Положительная динамика по всем диагностируемым параметрам подтверждает гипотезу исследования и обосновывает целесообразность использования разработанной методики в практике естественно-научного образования [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была достигнута поставленная цель: разработана, теоретически обоснована и экспериментально апробирована модель интеграции смартфона в проектную деятельность при изучении объектов окружающей среды. Гипотеза исследования нашла своё полное подтверждение: использование мобильных технологий при грамотном методическом сопровождении действительно позволяет упростить и повысить мобильность химического анализа, сохраняя допустимую для учебных целей точность измерений, а также способствует значительному росту учебной мотивации и формированию экспериментальных компетенций обучающихся.

Теоретический анализ нормативно-правовой базы и психолого-педагогической и методической литературы позволил определить возможные рамки применения мобильных устройств в школе так как запрет на использование смартфонов на уроках не распространяется на внеурочную проектную и исследовательскую деятельность, что создаёт оптимальную среду для их дидактической адаптации. Анализ возможностей современных смартфонов продемонстрировал их потенциал в качестве портативных измерительных станций: встроенные камеры, датчики освещённости и возможность подключения внешних сенсоров в связке с отечественным программным обеспечением обеспечивают полноценный цикл сбора, обработки и визуализации экспериментальных данных. Проверка мобильного фотоколориметрического метода показала высокую корреляцию с результатами лабораторного оборудования ($R^2 = 0,96$, погрешность $\leq 8 \%$ при концентрациях выше 5 мг/л), что подтверждает методическую целесообразность его использования в школьной практике.

Опытно-экспериментальная работа, реализованная на базе МБОУ «СОШ № 121 г. Челябинска», включала реализацию поэтапной организационно-методической модели, обеспечивающей преемственность

от освоения классических химико-аналитических навыков к их цифровой адаптации и самостоятельному проектированию. Интеграция алгоритмов работы с российскими ИИ-сервисами (YandexGPT, Kandinsky 3.0) и облачными платформами оптимизировала подготовительный этап, повысила качество визуализации результатов и гарантировала соблюдение требований информационной безопасности (152-ФЗ). Все участники эксперимента успешно реализовали индивидуальные исследовательские проекты, которые были отмечены призовыми местами на муниципальных и региональных конкурсах научно-исследовательских работ.

На основании проведенного теоретического анализа и эмпирической проверки сформулированы следующие **выводы**:

1. В ходе изучения информационных ресурсов было систематизировано более 20 мобильных приложений для смартфона по пяти направлениям, что позволило доказать доступность и дидактическую ценность российских цифровых ресурсов как инструментов, дополняющих/заменяющих дорогостоящее лабораторное оборудование;

2. Пошаговое использование алгоритмов на всех этапах исследовательского проекта обеспечивали воспроизводимость методики и формирование у обучающихся навыков цифровой исследовательской деятельности, а также способствовали повышению академической мотивации школьников на 31 %;

3. Педагогический эксперимент подтвердил положительную динамику: способность использования смартфона в исследовательском проектировании выросла на 49 %, а результаты анкетирования по сформированности химико-экспериментальных умений показали рост числа учащихся с высоким уровнем до 29%, что доказывает эффективность интеграции мобильных инструментов в проектную деятельность по изучению объектов окружающей среды.

Практическая значимость исследования заключается во внедрении в школьную образовательную практику методики поэтапной проектной

деятельности, сопровождаемой подробными протоколами цифровой колориметрии, алгоритмами работы с мобильными датчиками и примерами маршрутных листов. Разработанные материалы могут быть использованы учителями химии, биологии и экологии при организации внеурочной деятельности, работе научных кружков и подготовке учащихся к научно–практическим конференциям. Перспективами дальнейшей работы над данной темой является:

1. Написание методических разработок для педагогов химии и биологии.
2. Программирование приложений для расчёта коэффициентов сорбции.
3. Разработка 3D-моделей оборудования для печати на 3D-принтере.

Таким образом, смартфон трансформировался из потенциального отвлекающего фактора в полноценный инструмент научного познания, отвечающий современным требованиям ФГОС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авдеева С. М. Об оценке цифровой грамотности: методология, концептуальная модель и инструмент измерения. Вопросы образования / С. М. Авдеева, К. В. Тарасова // Educational Studies Moscow. – 2010. – № 2. – С. 8–32.
2. Арюкова Е. А. Роль цифровых образовательных ресурсов при обучении химии / Е. А. Арюкова, А. А. Наумова // Проблемы современного педагогического образования. – 2022. – С. 19–23.
3. Асанова Л. И. Естественнонаучная грамотность: пособие по развитию функциональной грамотности старшеклассников / Л. И. Асанова, И. Е. Барсуков. – г. Москва: Академия Минпросвещения России, 2021. – 84 с. – ISBN 978-5-8429-1395-4.
4. Асмолов А. Г. Российская школа и новые информационные технологии: взгляд в следующее десятилетие / А. Г. Асмолов, А. Л. Семенов, А. Ю. Уваров. – Москва : Федеральный институт развития образования, 2018. – 72 с. – ISBN 978-5-904731-03-8.
5. Ачкинадзе О. С. Методика организации школьных проектов химико-экологической региональной направленности / О. С. Ачкинадзе, О. В. Белякова // Организация территории: статика, динамика, управление. – Павлодар : [б. и.], 2021. – С. 19–25.
6. Барей Н. С. Информационная безопасность детей в виртуальном пространстве. Кибербуллинг как стигматизационный фактор / Н. С. Барей, В. А. Мальцева // Теория и практика общественного развития. – 2020. – № 1 (143). – С. 102–106.
7. Беспалько В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения / В. П. Беспалько. – Москва : Высшая школа, 1995. – 243 с.
8. Буданцев Д. В. Цифровизация в сфере образования: обзор российских научных публикаций / Д. В. Буданцев // Молодой ученый. – 2020. – № 27 (317). – С. 120-127. – URL: <https://moluch.ru/archive/317/72477> (дата обращения: 09.02.2026).

9. Власенко В. А. Взаимосвязь компонентов информационно-образовательной среды школы / В. А. Власенко, Е. В. Якушина // Народное образование. – 2012. – №5. – С. 124–128.
10. Волков Б. С. Психология развития человека / Б. С. Волков, Н. В. Волкова. – Москва : Академический Проект, 2004. – 224 с.
11. Воронкова, О. Б. Информационные технологии в образовании: интерактивные методы / О. Б. Воронкова. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2010. – 315 с.– ISBN 978-5-222-16618-5.
12. Выготский Л. С. Проблемы возрастной периодизации детского развития. Собрание сочинений : в 6 т. Т. 4 : Детская психология / Л. С. Выготский; под ред. Д. Б. Эльконина. – Москва : Педагогика, 1984. . – С. 244–268.
13. Гафурова Н. В. Информатизация образования как педагогическая проблема / Н. В. Гафурова. // Современные проблемы науки и образования : Сетевое научное издание. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6199> (дата обращения: 10.02.2026)
14. Горбунова Л. М. Повышение квалификации учителей в области информационно-коммуникационных технологий / Л. М. Горбунова, В. Ф. Семичева // Начальная школа плюс до и после. – 2021. – № 9. – С. 19–24.
15. Городенская А.С. Самостоятельная работа по химии в информационной среде на уроке и дома / А. С. Городенская // Химия в школе. – 2021. – № 3. – С. 24–27.
16. Жанбурбаева А. М. Структура учебно–исследовательской деятельности / А. М. Жанбурбаева // Мир науки, культуры, образования. – 2020. – №. 4 (83). – С. 234–236.
17. Зашивалова, Е. Ю. Методика компьютерного обучения химии в основной школе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Зашивалова Елена Юрьевна ; науч. рук. М. С. Пак ; РГПУ им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург, 2000. – 167 с.

18. Использование мобильных приложений для фотоколориметрии в школьных исследованиях / В. В. Меньшиков, Н. М. Лисун, М. Ж. Симонова, А. А. Сутягин // Химия в школе. – 2018. – № 6. – С. 43–46.

19. Коптелова Е. Н. Использование цифровых технологий в процессе обучения химии / Е. Н. Коптелова, В. А. Москвичева, А. А. Осипова // Наука в жизни человека. – 2023. – С. 91–99.

20. Лапп Е. А. Учебно–проектная деятельность студентов в условиях учебно-научно-методического комплекса /Е. А. Лапп, С. Г. Ярикова // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2009. – № 6. – С. 99–103.

21. Левина С. Г. Лабораторные работы по почвоведению : учебное пособие / С. Г. Левина, И. Н. Лиходумова, А. И. Агапов ; Министерство просвещения Российской Федерации, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. – Челябинск : Изд-во ЮУрГГПУ, 2024. – 141 с. – ISBN 978-5-907790-97-1.

22. Микова Т. Е. Возможности и последствия применения смартфонов в обучающей деятельности / Т. Е. Микова // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2019. – Т. 11. – № 3. – С. 53–61.

23. Мухина В. С. Возрастная психология: феноменология развития, детство, отрочество : учеб. пособие / В. С. Мухина. – Москва : Академия – 1997. – 456 с.

24. Назарова Л. П. Исследовательская компетентность как основной компонент профессионализма учителя / Л. П. Назарова, В. Г. Сотник // Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. – 2008. – № 2. – С. 69–78.

25. О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» : Федеральный закон от 19.12.2023 № 618 – ФЗ // Консультант-плюс : [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_464808/ (дата обращения 18.03.2026).

26. Об образовании в Российской Федерации : Федеральный закон от 29.12.2012 N 273 – ФЗ (ред. от 13.07.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 24.07.2015) // Консультант-плюс : [сайт]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения 18.03.2026).

27. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования : Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 (зарегистрирован 05.07.2021. № 64101) // ЕДИНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ : [сайт]. - URL: <https://edsoo.ru/normativnye-dokumenty/> (дата обращения: 18.02.2026).

28. Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования : Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 370 (зарегистрирован 12.07.2023) // ЕДИНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ : [сайт]. - URL: <https://edsoo.ru/normativnye-dokumenty/> (дата обращения 27.02.2026).

29. Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования : Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 (зарегистрирован 12.07.2023. № 74228) // ЕДИНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ : [сайт]. - URL: <https://edsoo.ru/normativnyedokumenty/> (дата обращения: 15.03.2026).

30. Пахомова Н. Ю. Метод учебного проекта в образовательном учреждении: пособие для учителей и студентов педагогических вузов / Н. Ю. Пахомова – 3-е изд. – Москва : АРКТИ, 2005. – 112 с.

31. СанПиН 2.4.3648–20 «Санитарно–эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» : санитарно-эпидемиологические правила и нормы : утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28. // ГАРАНТ : [сайт]. – URL: <https://base.garant.ru/75093644/> (дата обращения 06.03.2026).

32. Солдатова Г. У. Цифровая компетентность подростков и родителей. Результаты всероссийского исследования / Г. У. Солдатова, Т. А. Нестик, Е. И. Рассказова, Е. Ю. Зотова. – Москва: Фонд Развития Интернет, 2013. – 144 с.

33. Степанова М. В. Учебно-исследовательская деятельность школьников в профильном обучении: учеб-метод. пособие для учителей / М. В. Степанова, А. П. Тряпицына. – Санкт-Петербург : КАРО, 2006. – 93 с.

34. Усова А. В. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики / А. В. Усова, А. А. Бобров – Москва : Просвещение, 1988. – 112 с.

35. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования от 17.05.2012 №413 (ред. от 27.12.2023) // ГАРАНТ : [сайт]. – URL: <https://base.garant.ru/70188902/> (дата обращения: 17.12.2025).

36. Чечель И. Д. Управление исследовательской деятельностью педагога и учащегося в современной школе / И. Д. Чечель, М. А. Ушакова. – Москва : Сентябрь, 1998. – 144 с.

37. Шашенкова Е. А. Исследовательская деятельность : словарь / Е. А. Шашенкова; под ред. И. Д. Чечель. – Москва : Перспектива, 2010. – 88 с.

38. Штейнберг В. Э. Технология проектирования образовательных систем и процессов. / В. Э Штейнберг // Школьные технологии. – 2000. – №2. – С. 3–24.

39. Щугорева М. С. Научные основы организации исследовательской деятельности школьников / М. С. Щугорева, М. Ю. Романкина // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 111. – URL: elibrary.ru (дата обращения: 17.10.2025).

40. Chen G. H. Detection of mercury (II) ions using colorimetric gold nanoparticles on paper-based analytical devices / G. H. Chen, W. Y. Chen, Y. C. Yen // Analytical Chemistry. – 2021. – №86. – P. 6843–6849.

41. Cate D. M. Recent Developments in Paper-Based Microfluidic Devices / D. M. Cate, J. A. Adkins, J. Mettakoonpitak et al. // *Analytical Chemistry*. – 2019. – №87. – P. 19–41.
42. Alliot J. L'ordinateur nouveau est annonce Lemonde de l'Education / J. Alliot – 1991. – № 182. – P. 52–55.
43. Campos A. R. Quantifying Gold Nanoparticle Concentration in a Dietary Supplement Using Smartphone Colorimetry and Google Applications / A. R. Campos, C. M. Knutson, T. R. Knutson et al. // *Chemical Education*. – 2019. – №93. – P. 318–321.
44. Chang B.-Y. Smartphone-based Chemistry Instrumentation: Digitization of Colorimetric Measurements / B.-Y. Chang // *Bull. Korean Chem. Soc.* – 2012. – Vol. 33, No. 2. – P. 549–552.
45. Fross K. Student zone as a new dimension of learning space; Case study in Polish conditions (Conference Paper). *Advances in Intelligent Systems and Computing Volume* / K. Fross, D. Winnicka-Jasłowska, A. Sempruch. – 2018. – Vol. 600. – P. 77–83.
46. How Deep Is Your Blue? – Coloured Chemistry with Smartphones / D. Bengtsson, L. Jónás [and other] // *Smartphones in Science Teaching*. 2014. – P. 20–24.
47. Nahkleh M. B. Are Our Students Conceptual Thinkers or Algorithmic Problem Solvers? / M. B. Nahkleh // *J. Chem. Educ.* – 1993. – Vol. 70, No. 1. – P. 52–55.
48. Nechitaylova E. Cognitive modeling as a basis for the organization of blended learning in secondary school / E. Nechitaylova // *Cognitive Modelling: Proceeding of the Forth International Forum on Cognitive Modeling*. – Rostov-on-Don : Science and Studies Foundation, 2016. – P. 367–374.
49. Orna M. V. A Half-Century of Chemistry Education / M. V. Orna // *ACS Symposium Series in book: Sputnik to Smartphones 1208*; American Chemical Society: Washington, DC, 2015. – Chapter 8. – P. 1–24.

50. Rautenstrauch H. Experimentelle Untersuchung und Nachbau einer Farbwechselbadekugel unter Verwendung eines Smartphone-Photometers / H. Rautenstrauch // CHEMKON. – 2020. – Vol. 27, № 8. – P. 388–397.

51. Zhao Y. Use of smartphones in optical experimentation / Y. Zhao, Y. S. Phang. – Bellingham, Washington, USA : SPIE Press, 2022. – 161 p. – ISBN 978-1-5106-5497-6.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Применяемые алгоритмы в работе

Алгоритм «Поиск литературы через российские ИИ инструменты»

1. Открыть Киберленинку.
2. Ввести поисковый запрос.
3. Отфильтровать результаты.
4. Сохранить Статьи.
5. Использовать YandexGPT для анализа:

– ввести промт: «Проанализируй эту статью «о (написать о чём статья)»»;

– выделить: 1) методы исследования, 2) основные результаты, 3) выводы для школьного проекта. Текст статьи: (вставить фрагмент);

6. Создать библиографию:

– построить таблицу в сервисе «Яндекс.таблицы»;

– экспорт в формате для списка литературы.

Алгоритм «Генерация схемы эксперимента через Kandinsky»:

1. Открыть KANDINSKY 3.0.
2. Ввести промт на русском языке.

2.1. Научная схема эксперимента: 4 варианта опыта с почвой (контроль, гуминат, универсальное удобрение, эффективные микроорганизмы). Показать пробирки с образцами, цвета от светлого к тёмному. Добавить подписи: уреазы, инвертазы, каталазы. Стил: образовательная иллюстрация для школьного проекта. Фон: белый, цвета: зелёный, синий, оранжевый. Формат: горизонтальный для презентации.

3. Сгенерировать изображение.
4. Обработать в Supa.ru.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Пример задачи для диагностики сформированности экспериментальных умений

Условия задачи.

Сточные воды содержат: взвешенные частицы глины и песка; капли машинного масла; растворённые ионы тяжёлых металлов (Pb^{2+} , Cd^{2+}); органические красители.

Задания:

1. Составьте схему многоступенчатой очистки воды.
2. Для каждого этапа укажите метод: отстаивание, фильтрация, коагуляция, адсорбция, ионный обмен, экстракция и т.д. Обоснуйте выбор методов.
3. Предложите, как используя возможности смартфона, можно определить наличие ионов тяжелых металлов в сточных водах.
4. Предложите способы утилизации или переработки полученных отходов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Используемая анкета для исследования умения использования смартфона и академической мотивации обучающихся

Фамилия, имя: _____

Класс: _____ Дата проведения: _____

Инструкция: Пожалуйста, внимательно прочитайте каждый вопрос. Выберите один вариант ответа, который максимально соответствует вашему мнению. Все ответы анонимны и будут использованы только в обобщённом виде для исследовательского проекта.

ЧАСТЬ 1. УМЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМАРТФОНА

1. Для чего в быту, при самостоятельной подготовке и в научных целях может быть использован смартфон?

- только для общения, игр и социальных сетей;
- для поиска информации и фотофиксации, но без научной ценности;
- для учёбы: справочники, калькуляторы, образовательные приложения при домашней работе;
- для полноценной научной работы: анализ данных, виртуальные эксперименты, подключение внешних датчиков в рамках проектов;
- затрудняюсь ответить.

2. Как можно определить pH раствора, используя возможности смартфона во время внеурочной исследовательской работы?

- никак – смартфон не предназначен для химических измерений;
- только сфотографировать индикатор и сравнить цвет «на глаз»;
- использовать приложение, которое анализирует цвет индикатора по цифровой шкале;
- подключить внешний pH-сенсор к смартфону для точного цифрового измерения;
- затрудняюсь ответить.

3. Как использовать смартфон для мониторинга окружающей среды в рамках проектной или исследовательской деятельности?

- только для фотографирования природных объектов и загрязнений;

- для записи наблюдений в электронные таблицы и отправки отчёта руководителю проекта;

- для подключения портативных датчиков (качество воздуха, воды, шум) и анализа данных в специализированных приложениях;

- для участия в гражданских научных проектах: фиксация экологических проблем, передача данных в открытые базы, создание интерактивных карт;

- затрудняюсь ответить;

4. Что такое цифровая колориметрия в химическом анализе с использованием смартфона?

- это способ украсить фото химического опыта фильтрами;

- это метод, при котором камера смартфона фиксирует изменение цвета раствора, а приложение рассчитывает концентрацию вещества по интенсивности окраски;

- это игра, где нужно угадать цвет вещества по таблице Менделеева;

- это функция автоматической настройки яркости экрана при работе с химическими формулами;

- затрудняюсь ответить;

5. Какие возможности смартфона наиболее полезны при самостоятельном изучении сложного материала по химии?

- 3D-модели молекул и кристаллических решёток в дополненной реальности;

- виртуальные лабораторные работы и симуляции опасных опытов;

- мгновенный доступ к справочникам и таблицам через QR-коды на учебных материалах;

- интерактивные тесты с обратной связью для самопроверки знаний;

- затрудняюсь ответить.

6. Готовы ли вы использовать смартфон как инструмент для выполнения проектных заданий по химии во внеурочное время?

- да, и уже применяю приложения для учёбы;

- да, готов(а) попробовать при поддержке руководителя проекта/учителя;
- скорее нет – предпочитаю учебник и тетрадь;
- нет, не доверяю мобильным приложениям как источнику знаний;
- затрудняюсь ответить.

ЧАСТЬ 2. АКАДЕМИЧЕСКАЯ МОТИВАЦИЯ

Для диагностики академической мотивации обучающимся предлагалось заполнить анкету (рис. 3.1), используя 5 балльную шкалу

Инструкция: Используя шкалу от 1 до 5, укажите ответ, который максимально соответствует тому, что вы думаете о причинах вашей вовлечённости в учебную деятельность.

1 — совсем не соответствует | 2 — скорее не соответствует | 3 — нечто среднее | 4 — скорее соответствует | 5 — вполне соответствует

Утверждение	1	2	3	4	5
1. Мне интересно учиться и узнавать новое					
2. Учёба доставляет мне удовольствие, я люблю решать трудные задачи					
3. Я хочу доказать самому(ой) себе, что я способен(на) успешно учиться					
4. Мне нравится изучать новый материал на занятиях					
5. После использования мобильных приложений мой интерес к предмету вырос					
6. Я чувствую удовлетворение, когда использую современные инструменты для учёбы					

Рисунок 3.1 – Анкета для оценки академической мотивации обучающихся

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Анкета для оценки освоения химико-экспериментальных умений работы с приборами, используя возможности смартфона

Динамика освоения химико-экспериментальных умений оценивалась с помощью авторской анкеты, состоящей из 11 вопросов (рис. 4.1).

Содержание вопроса	Шкала оценки				
	-2	-1	0	1	2
1. Эксперимент помог мне развить навыки интерпретации данных?					
2. Эксперимент с использованием смартфона помог мне развить свои лабораторные навыки?					
3. В методичке представлена достаточная справочная информация?					
4. Методика эксперимента была четко прописана в рекомендации к лабораторному занятию?					
5. Учитель обеспечивал эффективный контроль и руководство лабораторным экспериментом со смартфоном?					
6. Времени вполне достаточно для выполнения эксперимента в полном объеме?					
7. Эксперимент был для меня осознанным и интересным?					
8. В ходе работы я получил дополнительные знания и навыки, касающиеся работы со спектрофотометром и колориметром, с использованием смартфона, что было положительным опытом обучения?					
9. Владение данными экспериментальными навыками важно для анализа объектов окружающей среды?					
10. Выполнение эксперимента создавало условия для повышения ответственности за собственное обучение?					
11. Практические задания помогли мне научиться самостоятельно планировать и проводить химические эксперимент в рамках исследовательского проекта, используя возможности современных смартфонов?					

Рисунок 4.1 – Анкета для оценки освоения химико-экспериментальных умений работы с приборами, используя возможности смартфона