

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности: 6D075500 – «Гидрогеология и инженерная геология»

ОҢЛАСЫНОВА ЖҰЛДЫЗБЕКА ӘЛІХАНҰЛЫ

Применение ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли при гидрогеологических исследованиях на примере Мактааральского массива орошения Туркестанской области

Актуальность исследования. В послании Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана от 2 сентября 2019 г. говорится о необходимости поэтапного увеличения количества орошаемых земель до 3 млн гектар к 2030 году. Это позволит обеспечить рост объема сельхозпродукции в 4,5 раза. Процесс реализации данного послания Главы государства должен сопровождаться качественным мониторингом и оценкой мелиоративного состояния орошаемых земель. Также в 15 статье Закона Республики Казахстан о государственном регулировании развития агропромышленного комплекса и сельских территорий № 66 от 8 июля 2005 года (с поправками и дополнениями от 24.11.2021) говорится, что информационно-маркетинговое обеспечение агропромышленного комплекса осуществляется посредством обеспечения данными агрометеорологического и космического мониторинга.

Помимо этого, в Постановлении Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2021 года № 960 «Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021 – 2030 годы» особое внимание уделяется внедрению методов дистанционного зондирования.

Сложившиеся ситуация на ирригационных системах и деградированность орошаемых почв предопределяют необходимость разработки режима работы вертикального и горизонтального дренажа и технологии регулирования мелиоративного режима орошаемых земель.

Данные ДЗЗ широко используют и в гидрогеолого-мелиоративных и геолого-гидрогеологических исследованиях. Организация работ по изучению поверхности Земли, основанных на сочетании дистанционных методов с проведением наземных наблюдений на ключевых участках, позволяет увеличить информативность исследований.

Для проведения комплексных исследований по данной теме выбран Мактааральский массив Туркестанской области как основной хлопкосеющей регион Южного Казахстана, имеющий более чем полувековой мелиоративный опыт освоения земель, с достаточно высокой на сегодняшний день сложившейся культурой ведения орошаемого земледелия. Возделывание хлопчатника имеет важную роль как в экономике Мактааральского района, так и в экономике страны. Доля хлопкового волокна при экспорте

сельскохозяйственных культур составляет 3,8%, однако экспорт хлопчатника превышает импорт на 21,5%.

Основной целью работы является изучение региональных особенностей гидрогеологических и гидромелиоративных условий Мактааральского массива орошения с применением ГИС-технологий и данных ДЗЗ, оценка потенциала использования воды из СВД для орошения земель с применением математического моделирования.

Способ достижения цели основывается на комплексном использовании современных методов ДЗЗ, наземных маршрутных исследований, ГИС и методик математического моделирования гидрогеологических условий

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие основные задачи:

- 1) изучить гидрологические, геолого-геофизические, гидрогеологические условия территории исследований на основе сбора, анализа и систематизации ранее проведенных исследований для уточнения условий распространения и региональных закономерностей формирования, движения и разгрузки грунтовых и подземных вод Мактааральского массива орошения;
- 2) провести наземные маршрутные исследования для оценки водохозяйственной обстановки территории исследования, уточнения химического состава подземных вод на основе лабораторных исследований;
- 3) выявить участки с благоприятными и критическими мелиоративными условиями на основе анализа спектральных индексов изображения с применением ГИС-технологий;
- 4) выявить уравнение прогнозной модели засоленности почв с помощью регрессионного анализа спектральных индексов и каналов мультиспектральных космоснимков среднего разрешения Landsat-8 и Sentinel-2 и использовать для дальнейшего картирования засоленности почв орошаемых земель Мактааральского массива;
- 5) оценить потенциал вторичного использования воды из СВД для орошения и сценарии влияния водозабора из СВД на режим грунтовых вод на основе математической модели;

6) рассчитать водный баланс на основе математической модели.
Объектом исследований являются орошаемые земли Мактааральского массива Туркестанской области.

Предмет исследований – региональные особенности гидрогеологических и гидромелиоративных условий, водный баланс, химический состав подземных и дренажных вод, засоленность орошаемых земель Мактааральского массива.

Методика исследований. Зависимость урожайности от гидрогеологических условий на орошаемых площадях Мактааральского массива, выполнялась методом сбора и оцифровки мониторинговых данных и дальнейшим сопоставлением с данными ДЗЗ. Уравнение прогноза засоленности почв получена в результате регрессионного анализа статистических данных солевой съемки и спектральных индексов и каналов

LandSat-8 и Sentinel-2. Эффективность работы скважин вертикального дренажа (СВД) в существующем режиме, в режиме согласно техрегламенту и проектному режиму оценена с помощью математического моделирования гидрогеологических условий Мактааральского массива орошения.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) применение данных ДЗЗ с проведением анализа спектральных вегетационных индексов, индексов засоления и водных индексов, позволяет оценить влияние засоленности почв, уровня и минерализации грунтовых вод на урожайность хлопка сырья на участках с благоприятными и критическими мелиоративными условиями.

2) применение данных ДЗЗ с проведением регрессионного анализа спектральных каналов, индексов засоления и данных солевой съемки, позволяет выявить уравнение прогностной модели засоленности почв с помощью которой можно картировать засоленность почв орошаемых земель Мактааральского массива с точностью до 83%.

3) математическая модель гидрогеологических условий орошаемых земель позволяет прогнозировать гидрогеологические условия в разных сценариях режима скважин вертикального дренажа. Модель показывает неэффективность существующего режима СВД и позволяет подобрать необходимый режим для улучшения мелиоративной обстановки, и в последующем повысить урожайность хлопка сырья на территории исследования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– предложен новый комплексный подход, включающий в себя методы ДЗЗ, ГИС-технологий и математического моделирования, в изучении влияния гидрогеологических условий орошаемых массивов на урожайность сельскохозяйственных культур;

– выявлено уравнение прогностной модели засоленности почв методом регрессионного анализа спектральных каналов, индексов засоления и данных солевой съемки, позволяющее картировать засоленность почв на участках неохваченных наземными мониторинговыми работами по солевой съемке;

– на основе математического моделирования, предложен и обоснован сценарий режима работы СВД, при котором в течение года сохраняются благоприятные гидрогеологические условия, что позитивно отражается на урожайности.

Практическая значимость работы заключается в использовании результатов исследований, методики анализа и дешифрирования данных ДЗЗ с созданием сценариев и применением математической модели для рационального использования водных ресурсов на орошение и повышения урожайности хлопка сырья на Мактааральском массиве орошения.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертации; обработке, анализе и дешифрировании долговременного ряда данных ДЗЗ; в проведении наземных маршрутных работ; создании математической модели; построении тематических карт с использованием современных ГИС-технологий; обобщении и интерпретации полученных

результатов исследований; формулировании выводов и основных положений, выносимых на защиту; написании научных статей по теме диссертации.

Публикация и апробация работы. Результаты исследований широко обсуждались и апробировались на международных и республиканских научных форумах, семинарах, опубликованы в 6 статьях, в том числе 2 статьи в республиканских специализированных изданиях, рекомендованных комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК; 2 статьи в международном журнале, входящем в базу данных Scopus (NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences); 2 статьи опубликованы в материалах международных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованных источников. Объем работы составляет 159 страниц текста, 54 рисунка, 18 таблиц, список использованных источников из 110 наименований.

Глава 1. Методы дистанционного зондирования Земли и их применение в гидрогеологических и гидромелиоративных исследованиях.

Материалы дистанционных съемок стали представлять значительную роль при геологическом картографировании, гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследованиях. Организация работ по изучению поверхности Земли, основанная на сочетании аэрокосмических методов с проведением наземных наблюдений на ключевых участках, позволяет увеличить информативность исследований.

Методы ДЗЗ чаще используются в паре с ГИС-системами, комплексное использование которых дает возможность применять метод взвешенного наложения, что в свою очередь выявляет потенциальные участки с наличием подземных вод.

Методы ДЗЗ в орошаемом земледелии в основном используются для точной классификации карт выращиваемых культур, анализа урожайности, прогноза урожайности, выявления фактов заболачивания и засоления земель также выявления водного стресса растительности. Для решения указанных задач используются спектральные вегетационные индексы, водные индексы и индексы засоления.

Применение метода многомерной регрессии дают возможность картировать засоленность почв с высокой точностью.

Многочисленными исследованиями установлено, что вертикальный дренаж является эффективным средством мелиораций орошаемых земель. Применение его позволяет сократить потери орошаемой площади, экономить водные ресурсы, создает благоприятные условия для сельскохозяйственных работ, способствует интенсивному ведению хозяйства и является необходимым мероприятием в условиях оплывания откосов открытой дренажной сети.

Глава 2. Общие сведения о районе работ. Орошаемые земли Мактааральского массива расположены в Туркестанской области на левобережье р. Сырдарьи в Казахстанской части Голодностепского массива.

Естественные водотоки на территории района работ представлены рекой Сырдарья. Сырдарья, одна из крупнейших рек Средней Азии образуется слиянием рек Нарын и Кара-Дарья. Протекает на северо-востоке за восточной границей Мактааральского района. Общая длина реки 2137 км. Максимальная скорость течения реки 1,65 м/с., в среднем 0,9-1,2 м/с. Глубина реки 3,7-6,0 м. Ширина русла от 160 до 300 м (гидропост Кок-Булак).

Рассматриваемый массив располагается на территории Голодностепской депрессии приуроченной к юго-восточной части Сырдарьинской синеклизы, геологическое строение, геоструктурные и тектонические особенности которой достаточно хорошо изучены и освещены во многих отчетах по данной территории, касающихся геологического строения, а также в изданной литературе монографического плана.

Тектоника района работ отличается нахождением в пределах Ташкентской Голодностепской впадины, ограниченной на севере Мансуратинской антиклиналью, на западе – южным продолжением Джаусумкум-Бельской антиклинальной зоной, на юге – Туркестанской и Нуратинской антиклиналями и на востоке Кураминской, Кызылнура-Акташской и Угам-Каржантаусской мегаантиклиналями.

Геоморфология исследуемого района простое. По генетическим признакам здесь выделяется аккумулятивный тип рельефа.

Вся площадь описываемой территории занята формами аккумулятивного рельефа и представлена тремя комплексами речных террас (низкие, средние и высокие).

В гидрогеологическом отношении, описываемый район расположен в юго-восточной части Сырдарьинского сложного бассейна пластовых напорных и безнапорных подземных вод, на территории Голодностепской депрессии входящей в состав Приташкентского бассейна.

Искусственная сеть оросительных каналов, покрывающих всю Голодную степь, способствует пополнению запасов подземных вод первых от поверхности водоносных горизонтов, обусловленному фильтрационными потерями.

Глава 3. Проект ВЮВАТ и спектральные индексы на участках с благоприятными и критическими условиями.

Классификация спутниковых изображений территории орошаемых массивов по выращиваемым культурам при помощи спектрального анализа является хорошо применимым методом.

Мелиоративная ситуация в Голодностепском массиве орошения неутешительная. Область с повышенным уровнем грунтовых вод наблюдается в центральной и юго-восточной части в то время, как минерализация грунтовых вод повышена на центральной и северо-западной частях. Скважины вертикального дренажа не оказывают существенного влияния на мелиоративное состояние орошаемого массива.

Спектральные вегетационные индексы SAVI и NDVI являются более информативными, чем остальные индексы (MSAVI2, GEMI, ARVI, IPVI,

MTVI, TDVI) в критических и благоприятных мелиоративных условиях Голодностепского массива орошения.

Вегетационные индексы хлопковых полей в пределах участков с благоприятными мелиоративными условиями выше, чем значения вегетационных индексов хлопковых полей в пределах участков с критическими мелиоративными условиями. Разница в значениях вегетационных индексов позволяет рассуждать о том, что на участках с благоприятными мелиоративными условиями урожайность хлопка-сырца превышает урожайность хлопка в участках с критическими мелиоративными условиями минимум на 10% или на 2,6 ц/га.

Амплитуда изменения в течение года у водного индекса NDWI больше, чем у MNDWI, тем самым имеет больше информативности. На участках с благоприятными условиями значения водных индексов NDWI и MNDWI значительно меньше, чем на участках с критическими мелиоративными условиями (на 15-25%).

Индекс засоления NDSI в критических и благоприятных мелиоративных условиях Голодностепского массива орошения не имеет линейную зависимость с полевыми данными солевой съемки почв. Однако значения NDSI хлопковых полей с благоприятными условиями значительно ниже (на 18%), чем в участках с критическими условиями. Отсутствие высокой корреляции NDSI с полевыми данными солевой съемки почв можно объяснить множеством факторов, влияющих на спектральные характеристики поверхности (разное время возделывания земель, разное время орошения, разные сельскохозяйственные культуры и т.д.).

Глава 4. Регрессионный анализ спектральных индексов и каналов мультиспектральных космоснимков среднего разрешения для картирования засоления почв орошаемых земель Мактааральского массива.

Индексы засоления по-отдельности или различные композиты каналов мультиспектральных снимков низкоэффективны для картирования засоления почв на орошаемых массивах. Регрессионный анализ, позволяющий находить взаимосвязь между зависимой переменной (данные солевой съемки) и независимыми переменными (спектральные каналы и индексы засоления LandSat-8 и Sentinel-2) показал хорошую эффективность при картировании засоленности почв Мактааральского массива орошения. Максимальный точный прогноз получен на основе космоснимка LandSat-8 LC08_L1TP_154032_20210425_20210501_01_T1 от 25.04.2021 года и показал коэффициент корреляции $r^2 = 0,83$. Выделенное уравнение:

$$PMZP = 3,49 - 19,16 * band1 + 13,33 * band2 - 0,36 * band3 + 33,72 * band4 + 2,48 * band5 - 5,25 * band6 - 0,49 * band7 - 3,83 * band8 - 141,4 * band9 + 4,69 * NDSI + 4,44 * SII4 + 3,55 * SII10 - 14,01 * SI9 + 38,5 * SI4 - 11,78 * SI2 - 40,6 * SII$$

Данный показатель выше на 10% чем максимальный коэффициент корреляции $r^2 = 0,73$ полученный по снимкам Sentinel-2 (L1C_T42TVL_A021653_20210429T061639 от 29.04.2021г).

По состоянию на 25.04.2021г орошаемые земли Жетысайского района имеют следующие степени засоления:

- Незасоленные – 10% или 10105 га
- Слабая степень – 35% или 35390 га
- Средняя степень – 40% или 40598 га
- Сильно засоленные – 14% или 14213 га
- Солончаки – 0,1% или 1,5 га

Степень засоления Мактааральского района имеет следующий вид:

- Незасоленные – 7,5% или 5895 га
- Слабая степень – 24,8% или 19374 га
- Средняя степень – 54% или 42720 га
- Сильно засоленные – 13% или 10202 га
- Солончаки – 0,01% или 0,2 га.

Площади участков с неблагоприятными условиями (с сильно засоленными почвами и солончакми) Мактааральского массива орошения с 2013г по 2021г имеют относительно стабильный тренд с долей 17-25% от общей площади районов.

Глава 5. Математическая модель гидрогеологических условий орошаемых земель Мактааральского массива.

Задачей моделирования являлась оценка эффективности существующей системы СВД Мактааральского массива, воспроизведение предложенного технологическим регламентом режима его работы в период промывки, вегетационный и межвегетационный периоды, а также установление оптимальных параметров и схем ирригации.

- Определены элементы водного баланса Мактааральского массива орошения.
- Выделены зоны, наиболее подверженная засолению.
- Решены прогнозные задачи для трех сценариев работы системы вертикального дренажа.
- Подтверждена неэффективность существующей системы и системы, соответствующей технологическому регламенту.
- Выбрана эффективная система работы вертикального дренажа.
- Для получения более точных прогнозов изменения гидрогеологических условий в результате работы системы вертикального дренажа рекомендуется создание моделей-врезок критических участков на основе созданной региональной модели.
- Потенциал вторичного использования воды из СВД на субиригацию оценивается на 14% от поливной нормы или 73 млн. м³ дополнительного источника воды для орошения 147102 га полей.

Докторант



Ж.Э. Онцасынов

Научный консультант, к.т.н.



Л.В. Шагарова

Заведующий кафедрой ГиИНГ



Е.С. Әуелхан