

## Review Report

of the doctoral thesis entitled:

**„Implementation of Remote Sensing and GIS in hydrogeological investigations of Makhtaral irrigated lands in the Turkestan region“,**

submitted by Zhuldyzbek Onglassynov to obtain the academic degree of PhD in the field of hydrogeology and engineering geology.

The evaluation was carried out on the basis of the present doctoral thesis in Russian.

### **Background and actuality of the research**

Zh. Onglassynov was a PhD student in the BMBF project "Resource Management in the Saline and Dry Irrigation Areas of Central Asia for Adaptation to Climate Change (BioWat)", funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) of the Federal Republic of Germany (grant number 01DK17035, duration 2017-2019). This international project was led by me and coordinated by Dr. Ahmad Hamidov (both from ZALF e.V., Müncheberg). The aim of the project was to examine whether saline drainage water from irrigated agriculture in arid/semi-arid regions in Central Asia can be made usable for agricultural purposes by methods of phytoremediation. Our research questions included: what potential quantities of water are available for reuse, what technical-technological and economic requirements have to be met by in-situ water treatment, what possibilities exist for utilising the aquatic biomass and what infrastructural, institutional and socio-economic conditions would have to be created for this.

Eventually, the project should contribute to sustainable resource management through water retention and improvement of water quality in irrigated agriculture, especially in saline areas, and water reuse in combination with bio-saline land use.

The project part, worked by Zh. Onglassynov, was dedicated to the GIS and model-based analysis of the potential regional drainage water under different land management practices and irrigation technologies, as well as under different climatic and land use conditions.

Within the BioWat project, a yield calculation based on the NDVI index (Normalized Difference Vegetation Index) was carried out for the Maktaaral study area. With the help of ArcGIS and Geomatica 2016, the database of the irrigation area was created as vector polygons of the irrigated fields. The required remote sensing data were obtained using <https://earthexplorer.usgs.gov> and Google Earth Engine. These were based on the medium-resolution datasets from the Sentinel-2 and Landsat-7 and 8 satellites, and were correlated with yield data from 2013-2018.

Thus, in the first two years of the doctoral period, mainly methodological and field work was carried out and initial results on the application of remote sensing were achieved. In the further course of the PhD, in cooperation with the supervising institutions, the U.M. Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology, Faculty of Petroleum and Natural Gas Geology of the K.I. Saptayev Kazakh National

University of Research and Technology, Almaty, the work was further conceptualised and continued.

They included various indices to identify salinity and moisture conditions, the derivation of regression equations to describe the relationship between spectral channels and index of salinity.

For water balancing, identification of potentially reusable water resources from drainage waters, and derivation of scenarios and strategies for reducing salinisation due to excessive groundwater levels with the known consequences of a rise in the salt front driven by capillary rise of groundwater and processes of evapotranspiration, a hydrogeological 3-D model was created for the study region and mathematical modelling was carried out.

Thus, it can be assessed that the objective of the doctorate was fulfilled.

The results have national and international relevance. As described in detail by the PhD student in the "Introduction" chapter, the application of remote sensing methods in combination with GIS and mathematical models, e.g. for estimating the consequences of climate change as well as for adapting technical solutions for sustainable water management, is of national importance for the Republic of Kazakhstan. Furthermore, it is also important for salinated areas in Central Asia as well as for arid/semiarid locations worldwide. In Germany, too, there is an increasing need to reuse treated wastewater due to growing water shortages.

### **Essential contents**

In an extensive Chapter 1, the author introduces the methods of remote sensing and their application for hydrogeological and hydromeliorative questions, as well as the state of the art literature. It becomes clear that there is a considerable need for research, especially for the drought-prone areas of Central Asia.

Chapter 2 describes the study area in detail. Chapter 3 covers the work and results of the sub-project worked by Zh. Onglassynov in the BioWat project.

In Chapter 4, regression analyses on spectral channels of LandSat-8 as well as Sentinel-2 are derived and indices for yield, salinisation and water dynamics are derived.

In Chapter 5, mathematical modelling of the water balance using the groundwater flow model MODFLOW is carried out on the basis of a hydrogeological 3-D area model for the study area. The author concludes that about 14% of the irrigation standard is available from drainage waters, which could be reused as secondary water sources. Different scenarios of the function of drainage systems (vertical drainage in combination with horizontal drainage) are shown. Especially for further work on the optimisation of irrigation and drainage regimes and the reduction of salinisation in the affected areas, the inclusion of models that provide more precise statements on water balancing, including the unsaturated soil zone, e.g. data on evaporation, transpiration and groundwater recharge, is useful.

Based on the current dissertation entitled "Application of GIS technologies and remote sensing data in hydrogeological investigations using the example of the

Maktaaral irrigation complex in the Turkestan Region", it is clear from the presented research results that only a combined approach of hydrogeology, hydrology, water management and land use is promising to address problems related to sustainable use of land and water resources.

#### **Contribution of the author**

The author has developed a methodology for studying water balance in irrigated agriculture that suffer from drought and salinity stress. It is important to emphasise that the combination of existing tools of remote sensing, GIS and modelling with extensive practically-collected data can lead to qualitatively trustworthy statements. This includes, above all, the derivation of correlations between geoinformation, agricultural yields, salinisation and water balance.

I would like to emphasise in a positive note that Zh. Onglassynov, based on the objective of the BioWat project, was very motivated and independently-worked the methodological approach in cooperation with the Kazakh project partner, independently familiarised himself with the methods and application possibilities of remote sensing, organised the challenging task of data acquisition, both terrestrial and satellite, in cooperation with the relevant stakeholders in the field.

#### **Remarks and suggestions**

In principle, there are no remarks on the content of the thesis.

Extensive primary and secondary data collection was carried out during the course of the work. However, this database was only partially documented in the work. This makes it difficult to understand some results. It would be very helpful if more information were available on this, possibly as appendices.

The submitted thesis is very detailed in its scope. Editorial revision is recommended. I will inform the author separately of any suggestions and proposals for corrections.

I wish the candidate success in his further professional career, in the continuation of the scientific work as well as apply the gained knowledge in practice to achieve sustainable water and land use.

Dr. agr. Dagmar Balla

*Dagmar Balla*

Müncheberg, Germany

16 June 2023

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts-  
forschung (ZALF) e.V.  
Forschungsplattform  
Datenanalyse & Simulation  
Eberswalder Straße 84  
15374 Müncheberg  
Tel.: (033432) 82-300 Fax: (033432) 82-301

## ОТЗЫВ

на диссертационную работу докторанта PhD Онласынова Жұлдызбека Әліханұлы на тему: «Применение ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли при гидрогеологических исследованиях на примере Мактааральского массива орошения Туркестанской области», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности: 6D075500 – «Гидрогеология и инженерная геология»

*Предыстория и актуальность исследования.* Ж. Онласынов был аспирантом проекта «Управление ресурсами в засоленных и засушливых орошаемых районах Центральной Азии для адаптации к изменению климата (BioWat)», финансируемого Федеральным министерством образования и исследований (BMBWF) Федеративной Республики Германии. (грант № 01DK17035, срок 2017-2019 гг.). Этот международный проект возглавляла доктор Дагмар Балла, а координировал доктор Ахмад Хамидов (оба из ZALF., Мюнхеберг, Германия). Целью проекта была оценка возможности использования соленых дренажных вод орошаемого земледелия в засушливых/полузасушливых регионах Центральной Азии для сельскохозяйственных целей с помощью методов фиторемедиации. Наши исследовательские вопросы включали: какие потенциальные количества воды доступны для повторного использования, какие технико-технологические и экономические требования должны быть выполнены при очистке воды на месте, какие существуют возможности для использования водной биомассы и какие инфраструктурные, институциональные и социально-экономические условия для этого должны быть созданы.

В конечном итоге проект должен способствовать устойчивому управлению ресурсами за счет экономии воды и улучшения качества воды в орошаемом земледелии, особенно в засоленных районах, а также повторного использования воды в сочетании с использованием засоленных земель.

Проектная часть, над которой работал Ж. Онласынов, была посвящена ГИС и модельному анализу потенциальных региональных дренажных вод при различных практиках землеустройства и технологий орошения, а также в различных климатических и землеустроительных условиях.

В рамках проекта BioWat был проведен расчет урожайности на основе индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для исследуемого участка Мактаарал. С помощью ArcGIS и Geomatica 2016 создана база данных площади орошения в виде векторных полигонов орошаемых полей. Необходимые данные дистанционного зондирования были получены с использованием <https://earthexplorer.usgs.gov> и Google Earth Engine. Они были основаны на наборах данных среднего разрешения со спутников Sentinel-2 и Landsat-7 и 8 и сопоставлены с данными урожайности за 2013–2018 годы.

Таким образом, в первые два года докторантуры в основном проводились методические и полевые работы и были достигнуты первые результаты по применению дистанционного зондирования. В дальнейшем ходе докторантуры, в сотрудничестве с курирующими учреждениями, ИГГ им. У.М. Ахмедсафина и кафедрой Гидрогеологии, инженерной и

нефтегазовой геологии КазНИТУ им. К.И. Саптаева, г. Алматы, работа получила дальнейшее осмысление и продолжение.

Продолжение работы включает в себя различные индексы для определения условий засоления и влажности, вывод уравнений регрессии для описания связи между спектральными каналами и индексом засоления.

Для расчета водного баланса, выявления потенциально пригодных для повторного использования водных ресурсов из дренажных вод и разработки сценариев и стратегий снижения засоления из-за избыточного уровня грунтовых вод с известными последствиями подъема солевого фронта, вызванного капиллярным подъемом грунтовых вод и процессами эвапотранспирации, создана гидрогеологическая 3-D модель исследуемого региона и проведено математическое моделирование.

Результаты имеют национальное и международное значение. Как подробно описано докторантом в главе «Введение», применение методов дистанционного зондирования в сочетании с ГИС и математическими моделями, т.е. для оценки последствий изменения климата, а также для адаптации технических решений для устойчивого управления водными ресурсами, имеет общегосударственное значение для Республики Казахстан. Кроме того, это также важно для засоленных территорий в Центральной Азии, а также для засушливых/полузасушливых мест по всему миру. В Германии также возрастает потребность в повторном использовании очищенных сточных вод из-за растущей нехватки воды.

**Основная часть.** В обширной главе 1 автор знакомит с методами дистанционного зондирования и их применением в гидрогеологических и гидромелиоративных вопросах, а также с современным литературным состоянием. Становится ясно, что существует значительная потребность в исследованиях, особенно для засушливых районов Центральной Азии.

В главе 2 подробно описывается область исследования. Глава 3 охватывает работу и результаты подпроекта Ж. Ондасынова в проекте BioWat.

В Главе 4 проводится регрессионный анализ спектральных каналов LandSat-8, Sentinel-2, а также выводятся индексы урожайности, засоления и динамики воды.

В Главе 5 проводится математическое моделирование водного баланса с использованием модели потока подземных вод MODFLOW на основе гидрогеологической трехмерной модели района исследования. Автор приходит к выводу, что около 14 % оросительной нормы приходится на дренажные воды, которые могут быть повторно использованы в качестве вторичных источников воды. Показаны различные сценарии функционирования дренажных систем (вертикальный дренаж в сочетании с горизонтальным дренажем). Для дальнейшей работы по оптимизации режимов ирригации и дренаж, снижению засоления на пострадавших территориях, дающих более точные показания водного баланса, в том числе зоны ненасыщенных почв, т.е. данные об испарении, транспирации и пополнении запасов подземных вод.

На основании текущей диссертации на тему «Применение ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли в гидрогеологических исследованиях на примере Мактааральского массива в

Туркестанской области» из представленных результатов исследований видно, что только комбинированный подход гидрогеологии, гидрологии, управление

водными ресурсами и землепользованием обещает решить проблемы, связанные с устойчивым использованием земельных и водных ресурсов. Таким образом, можно считать, что цель исследования была достигнута.

**Вклад автора.** Автором разработана методика изучения водного баланса в орошаемой земледелии, страдающей от засушливого и солевого стресса. Важно подчеркнуть, что сочетание существующих инструментов дистанционного зондирования, ГИС и моделирования с обширными практически собранными данными может привести к качественно достоверным утверждениям. Это включает, прежде всего, вывод корреляций между геоинформацией, урожайностью сельскохозяйственных культур, засолением и водным балансом.

В положительную сторону хочу отметить, что Ж. Онласынов, исходя из цели проекта BioWat, был очень мотивирован и самостоятельно разработал методологический подход в сотрудничестве с Казахстанским партнером по проекту, самостоятельно ознакомился с методами и возможностями применения дистанционного зондирования, организовал сложную задачу сбора данных, как наземные, так и спутниковые, в сотрудничестве с соответствующими заинтересованными сторонами в этой области.

**Замечания и предложения.** Замечаний по содержанию диссертации в принципе нет. В ходе работы был проведен обширный сбор первичных и вторичных данных. Однако эта база данных была лишь частично задокументирована в работе. Это затрудняет понимание некоторых результатов. Было бы очень полезно, если бы по этому вопросу была доступна дополнительная информация, возможно, в виде приложений.

Представленная диссертация очень детализирована по своему объему. Рекомендуются редакционная доработка. О любых пожеланиях и предложениях по исправлениям я сообщу автору отдельно.

Желаю кандидату успехов в дальнейшей профессиональной деятельности, в продолжении научной работы, а также применения полученных знаний на практике для достижения устойчивого водопользования и землепользования.

**Зарубежный научный консультант  
Доктор наук**

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

*Настоящий перевод с английского языка на русский язык выполнен  
Иманкуловой Динарой Маликовной  
Переводческое агентство "Number One Translations"  
Адрес: город Шымкент, ул. Еримбетов 304Г  
Тел: +7 (725) 2367201; +7 771 8847711  
Дата: 07 ноября 2023 года*

Дагмар Балла



город Шымкент, Республика Казахстан,  
седьмого числа, ноябрь месяца, две тысячи двадцать третьего года,  
Я, Тасболатова Айнур Әжімұханқызы, нотариус города Шымкент  
Республики Казахстан, действующая на основании государственной лицензии  
№22019058, выданной Министерством юстиции Республики Казахстан от  
13.10.2022 года, свидетельствую подлинность подписи известного мне переводчика  
Иманкуловой Динары Маликовны. Личность ее установлена, дееспособность  
проверена.

Зарегистрировано в реестре за №3036


Взыскано: согласно ст.30 п.2 и ст.30-1 Закона РК «О нотариате» тенге



Нотариус:  А.Ә.Тасболатова



Нотариус

"" парақта

Немірленді, бауланды

на "" листах

Пронумеровано, пронумеровано



ET08073149401221519521186074B

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия